

Évaluation de systèmes atténuant les vibrations

Delphine JACQUELINE – CER
JF SEMBLAT - IFSTTAR

Introduction

- **Opération 11M071 (ROR : JF. Semblat et R. Flahaut),**
- **Étude de différents dispositifs réduisant les vibrations sur une structure de référence (RCSU),**
- **3 dispositifs réduisant les vibrations : chargement statique, paroi bétonnée, tranchée de 1, 2, 3 m,**

Réglementation

NORMES EXISTANTES

Normalisation importante, mais traitant essentiellement des vibrations permanentes (sources industrielles, transport, ...) et exclue les chantiers de BTP → pb sur chantier car aucun seuil.

NF ISO 2631 (1997 et 2003)

NF ISO 8569 (1996)

Norme ISO 4866 (1990)

Fascicule 94-447-2

EN 90-020

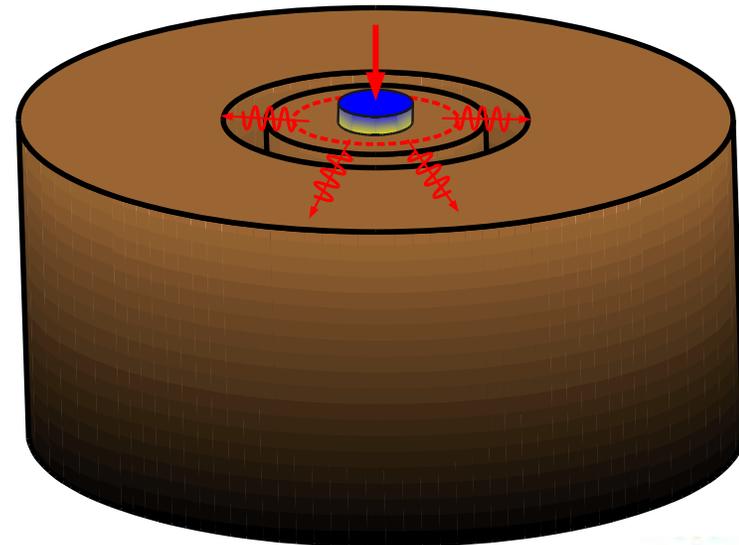
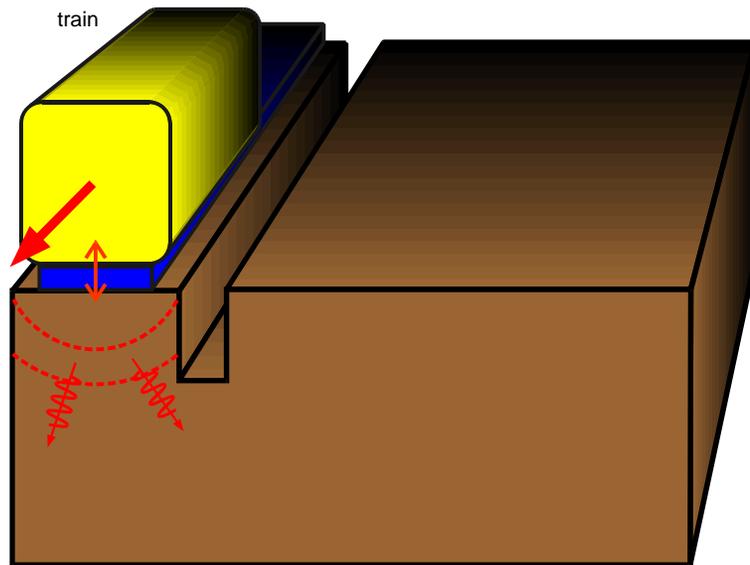
CIRCULAIRE DU 23 / 07 / 86

- Relative aux installations classées (excluant les chantiers) concernant les vibrations mécaniques
- Seul texte utilisé pour les chantiers → pb n'est pas une réglementation
- Spécifie des vitesses limites en fonction de la fréquence, ceci pour différents types de bâtiments et pour des vibrations continues ou impulsionnelles
- La SNCF a rédigé la procédure IN 1226, SCETAUROUTE utilise une rédaction spécifique des CCTP initiée par le CETE Méditerranée

Modélisation

Limitation de la propagation des ondes créées par la vibration de machines, véhicules...etc...

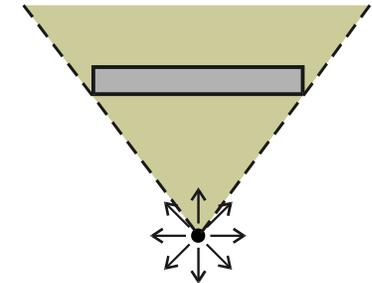
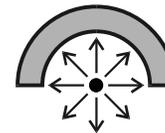
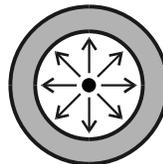
Isolation passive, active : fondations absorbantes, écrans...



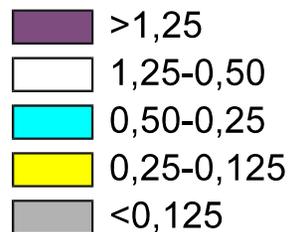
Modélisation

Limitation de la propagation des ondes créées par la vibration de machines tournantes...etc...

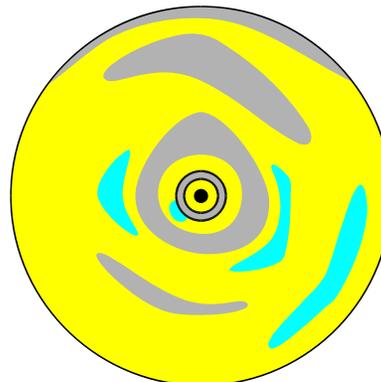
Expériences de Richart Woods et Hall (1970)



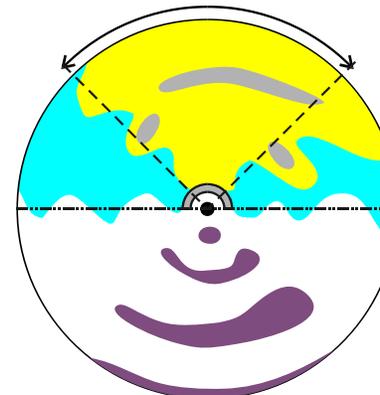
facteur de réduction d'amplitude mesuré en surface



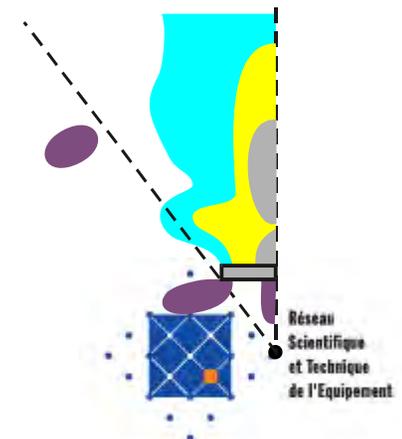
tranchée circulaire



tranchée semi-circulaire

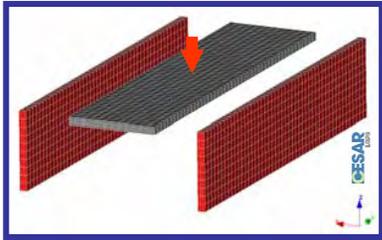


tranchée rectiligne

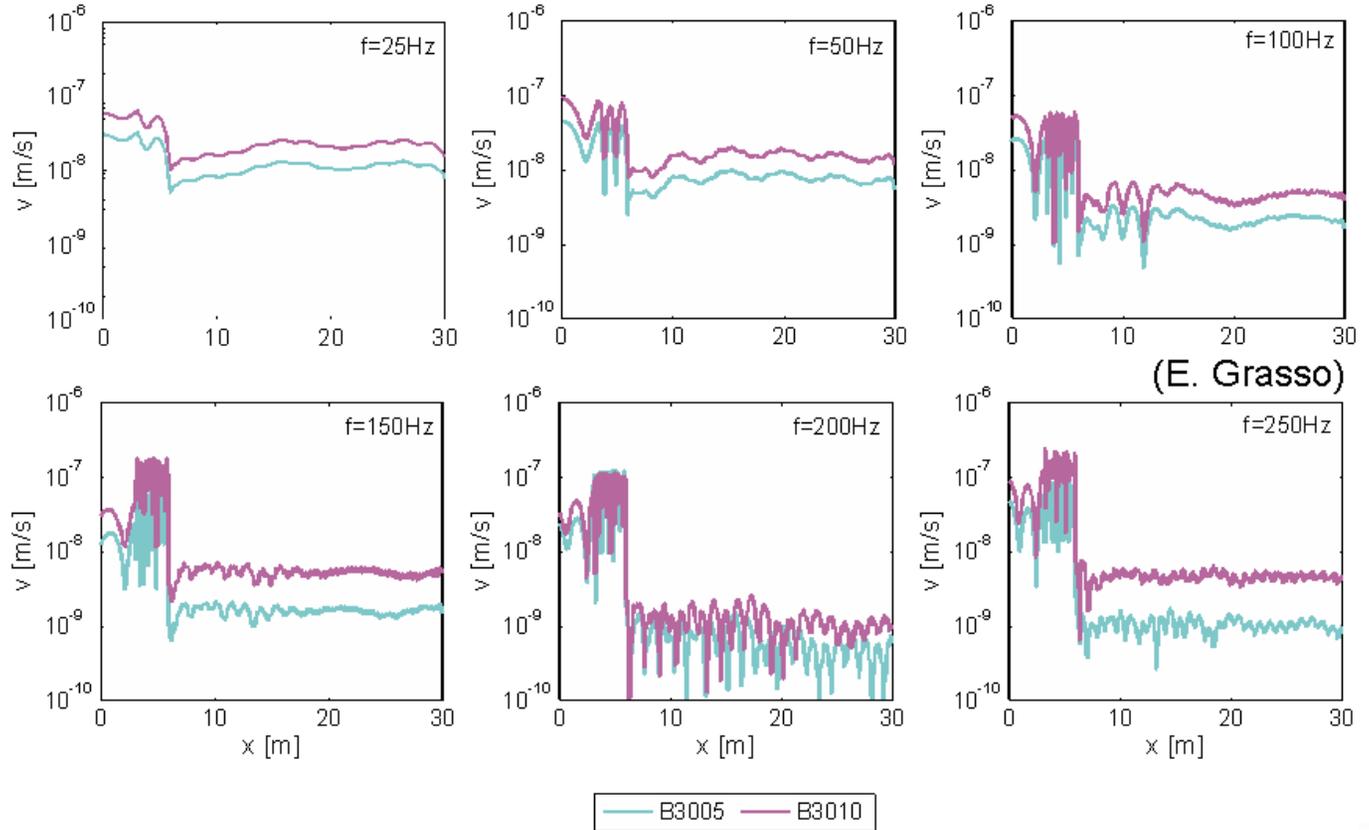


Modélisation

2D/3D, FEM, BEM



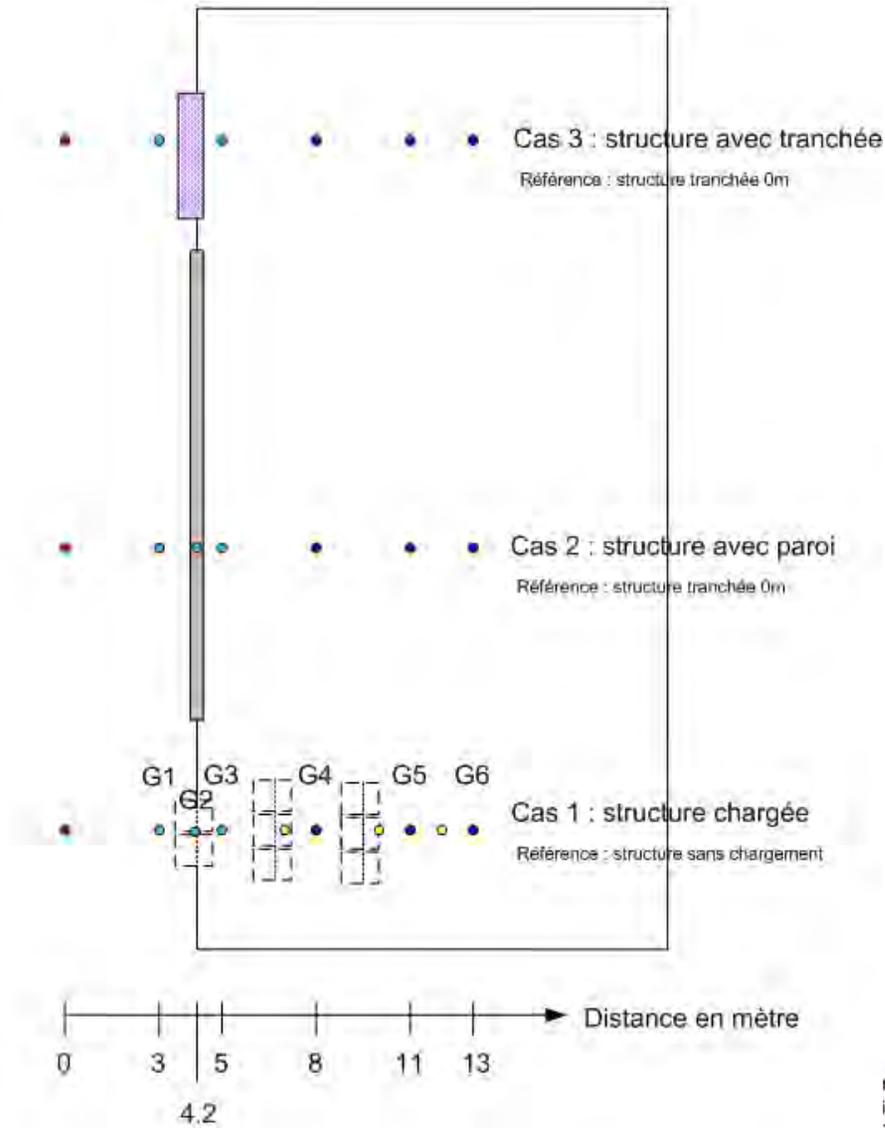
Réduction avec paroi
de 50% dans les BF et
de 80% dans les HF



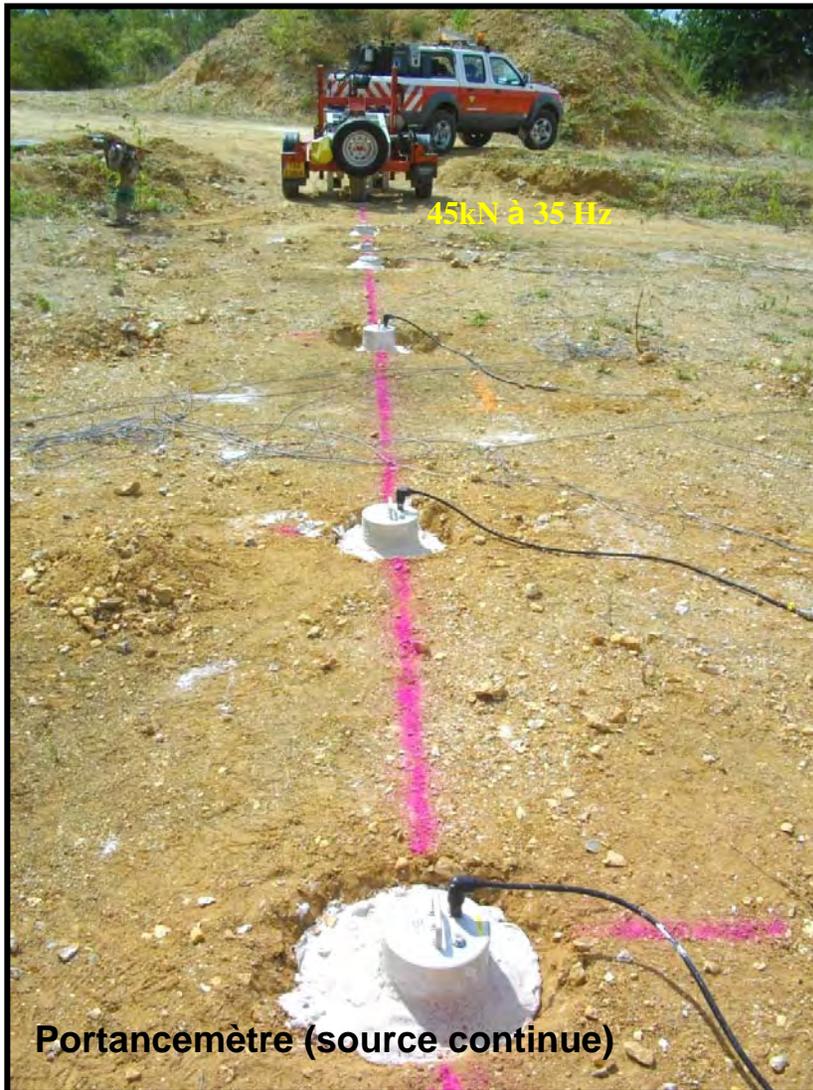
Plan d'expérience

LÉGENDE

-  Paroi de 15 m de long et de 5 m de profondeur
-  Tranchée de 3 m de profondeur et de 0.8 m de large réalisée en 3 phases
-  Gueuses forme de Z (1T25 par gueuse)
-  Source avec portancemètre (35 Hz, 45kN), dynaplaque, chute bloc
-  Capteur 2 Hz scellé au plâtre au 2/3 de H
-  Capteur 1 Hz scellé au plâtre au 2/3 de H
-  Capteur 1 Hz posé sur le sol



Les sources



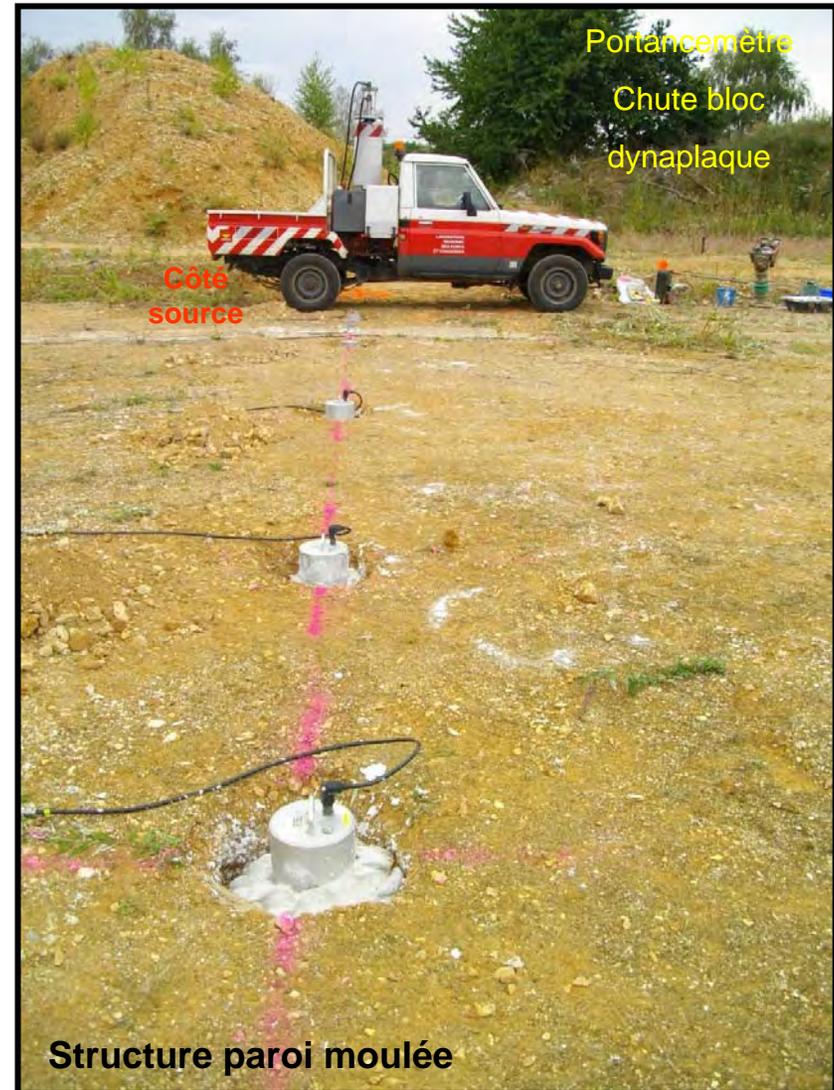
H = 3m
Source abandonnée et remplacée par la dynaplaque car source non répétable



Réseau Scientifique et Technique de l'Équipement



Les structures



Les structures



Portancemètre

Dynaplaque non réalisée
pour ne pas altérer la
mesure comparative au
portancemètre

Côté
source

Structure tranchée 0, 1, 2, 3 m

Les capteurs



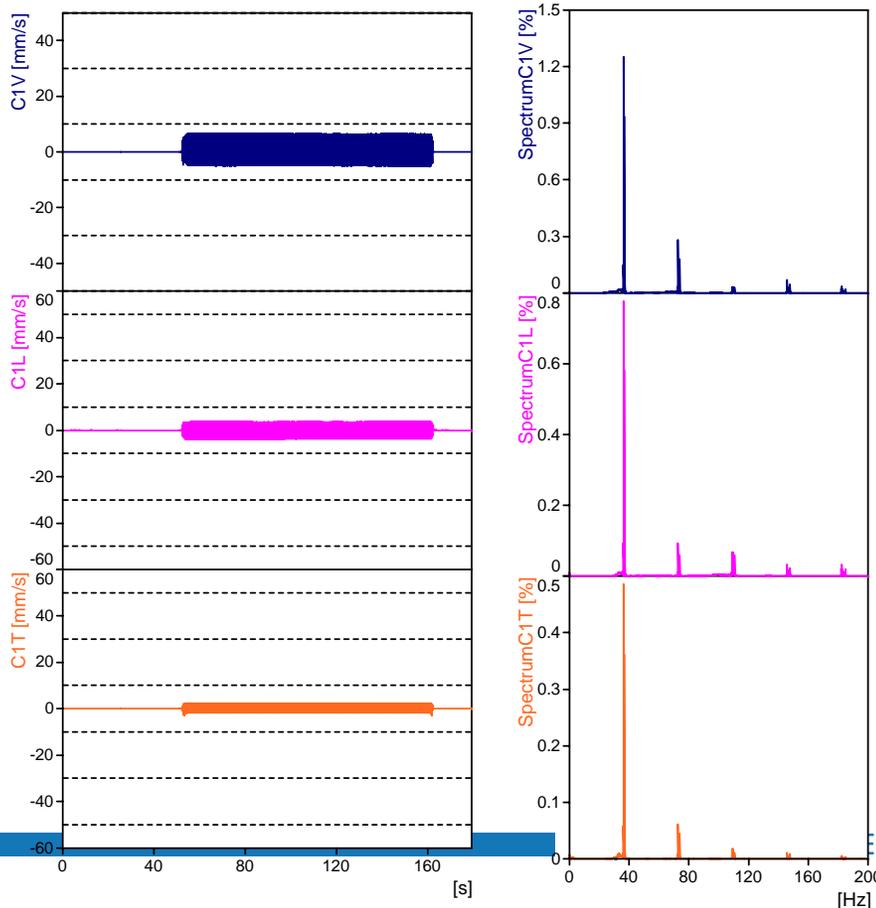
Géophone 1 Hz



Géophone 2 Hz

Exemple de traitement

Cas étudié : Structure gueuses
 Géophone : L22.79 - 2Hz
 Distance de la source : 3 m
 Sollicitation : Portancemètre
 Type de sollicitation : Continue
 Module mesuré : 364 MPa



Voie	Amplitude maxi (mm/s)	Fréquence prépondérante (Hz)
Verticale	5.7	36
Longitudinale	3.7	36
Transversale	2	36

Déroulement des essais

Planche	Mesures réalisées le	Sources utilisées	Portancemètre	Dynaplaque (moyenne 6 mesures)
Structure chargée avec capteurs décalés	24/07/2009	Portancemètre	98 Mpa 58 MPa	
Structure chargée avec capteurs décalés + grave compactée	30/07/2009	Portancemètre chute bloc béton	266 MPa 60 MPa	
Structure sans chargement (témoin) avec capteurs décalés	18/08/2009	Portancemètre dynaplaque chute bloc béton	92 Mpa 104 MPa	63 MPa
Structure paroi moulée	21/08/2009	Portancemètre dynaplaque chute bloc béton	294 Mpa 307 MPa	107MPa
Structure tranchée 0 m	24/08/2009	Portancemètre	364 MPa	
Structure tranchée 1 m		Portancemètre	362 MPa	
Structure tranchée 2 m		Portancemètre	362 MPa	
Structure tranchée 3 m		Portancemètre	372 MPa	
Structure sans chargement (témoin bis) avec capteurs alignés et structure sans chargement avec capteurs décalés et posés (support)	25/08/2009	Portancemètre dynaplaque	175 MPa 150 MPa	99MPa

Structure chargée 100 MPa
Structure paroi moulée 300 MPa
Structure Tranchée 360 MPa



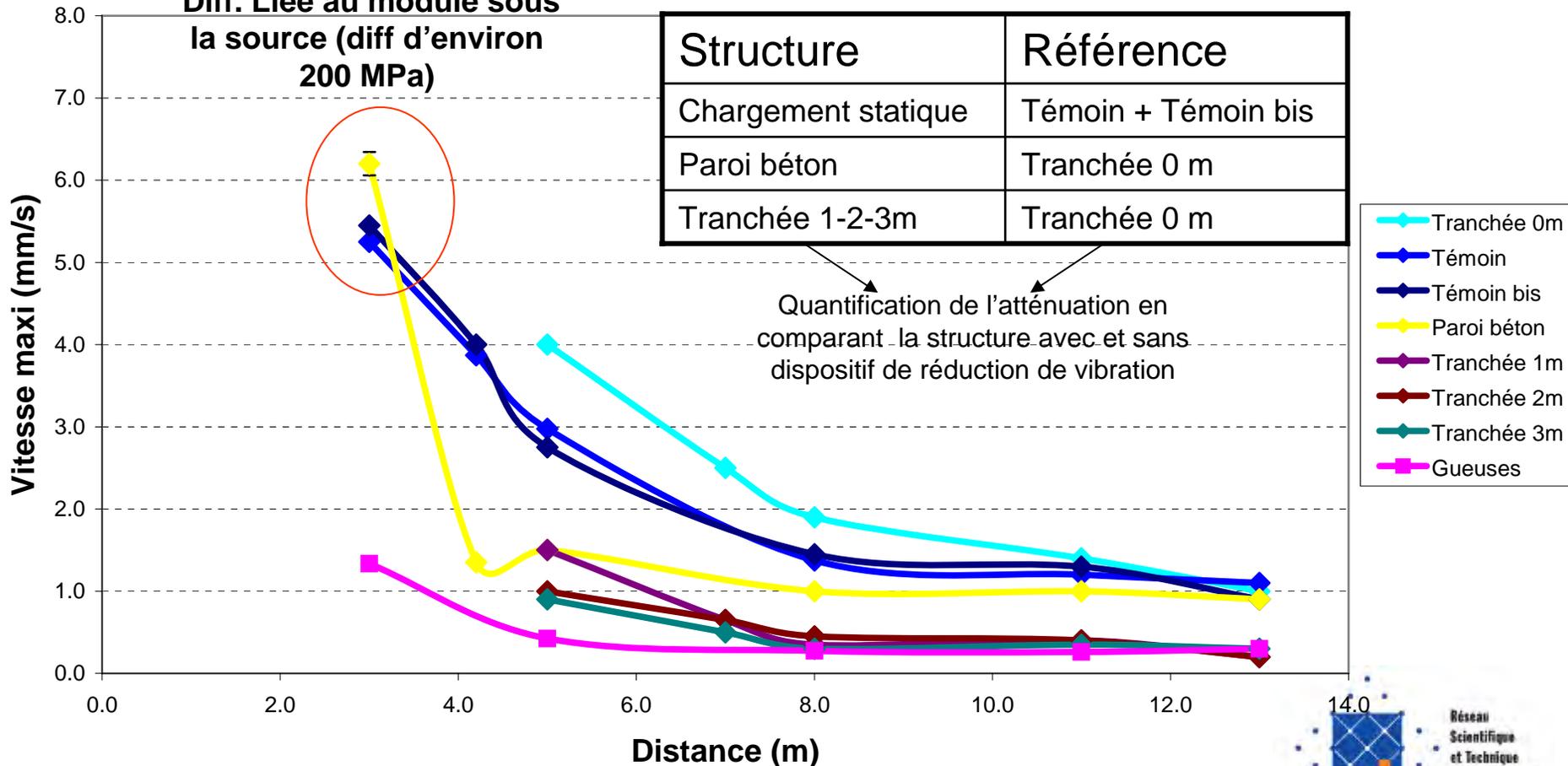
Comparaison des structures avec différentes structures témoins

Résultats Portancemètre

Portancemètre - Courbe d'amortissement Axe V

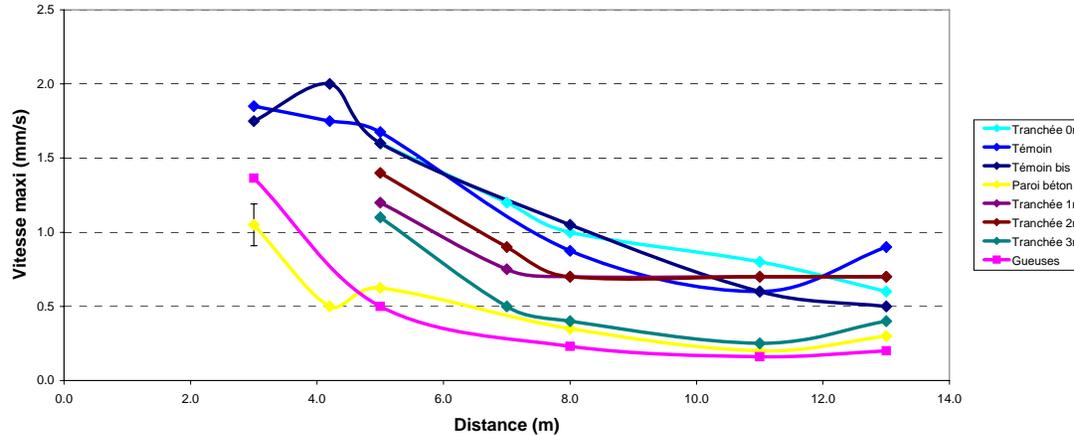
Diff. Liée au module sous la source (diff d'environ 200 MPa)

Structure	Référence
Chargement statique	Témoin + Témoin bis
Paroi béton	Tranchée 0 m
Tranchée 1-2-3m	Tranchée 0 m



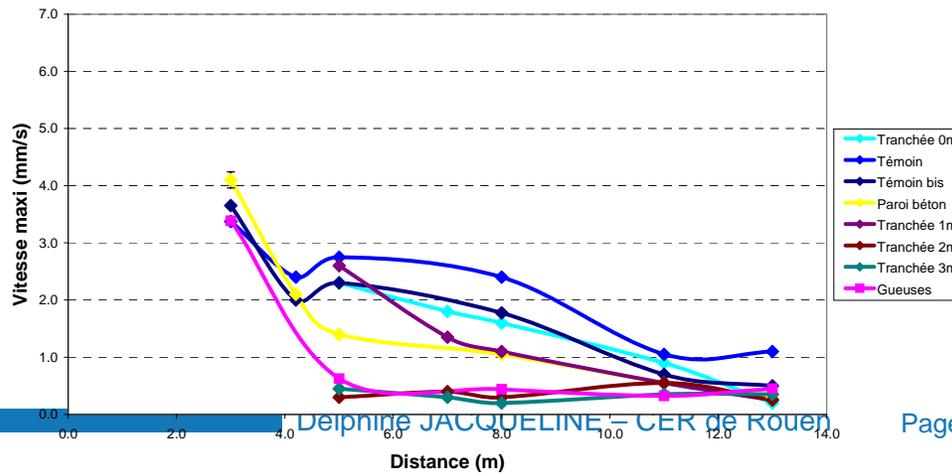
Portancemètre

Portancemètre - Courbe d'amortissement
Axe T



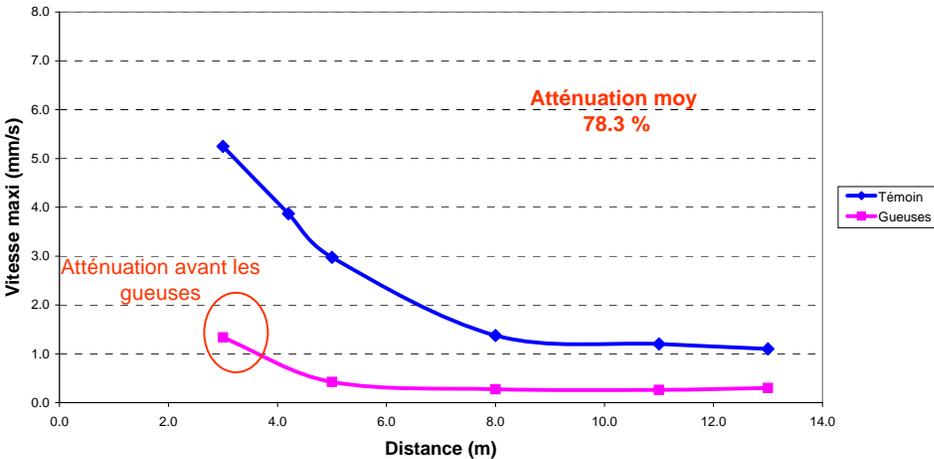
Effet du non alignement des capteurs sur structure témoin

Portancemètre - Courbe d'amortissement
Axe L

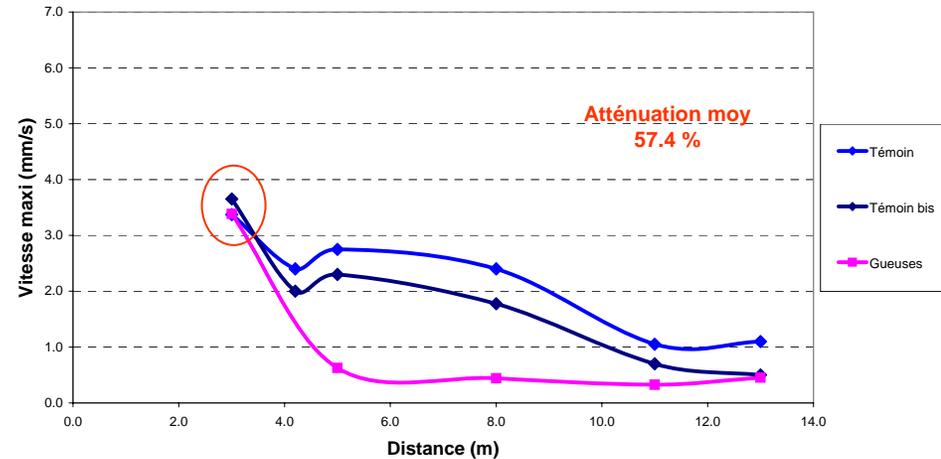


Portancemètre - gueuses

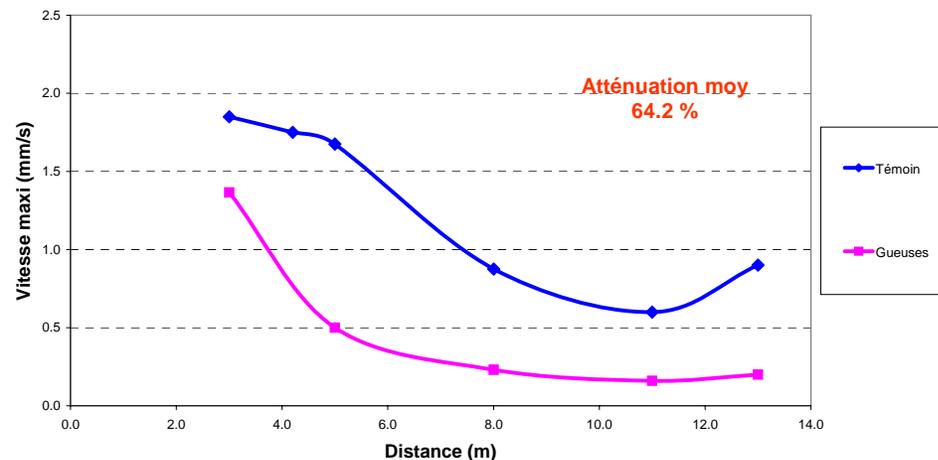
Portancemètre - Structure Gueuses
Courbe d'amortissement - Axe V



Portancemètre - Structure Gueuses
Courbe d'amortissement - Axe L

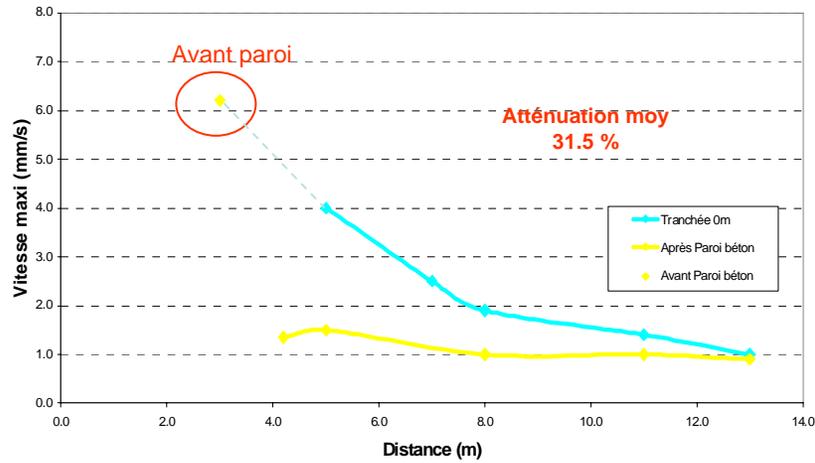


Portancemètre - Structure Gueuses
Courbe d'amortissement - Axe T

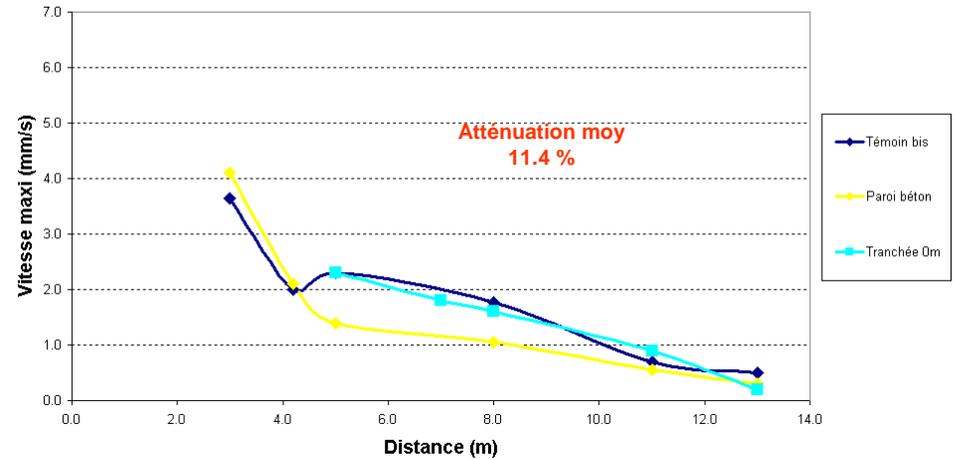


Portancemètre - paroi béton

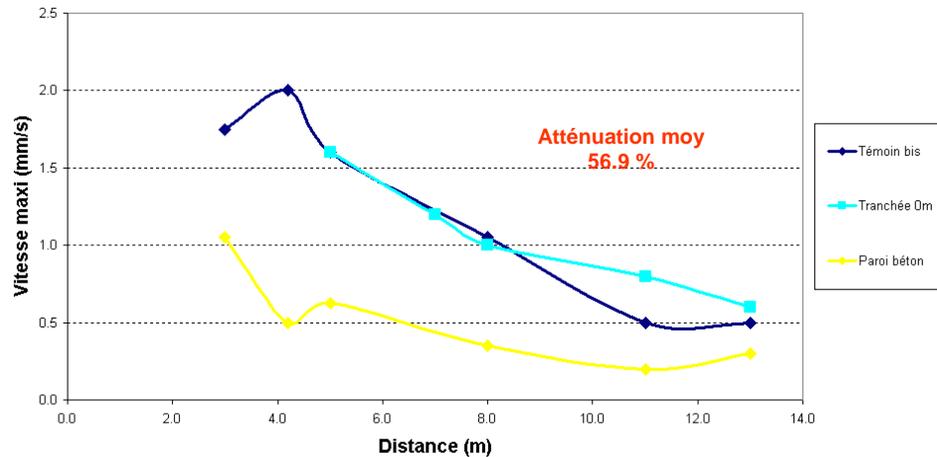
Portancemètre - Structure Paroi béton
Courbe d'amortissement - Axe V



Portancemètre - Structure Paroi béton
Courbe d'amortissement - Axe L



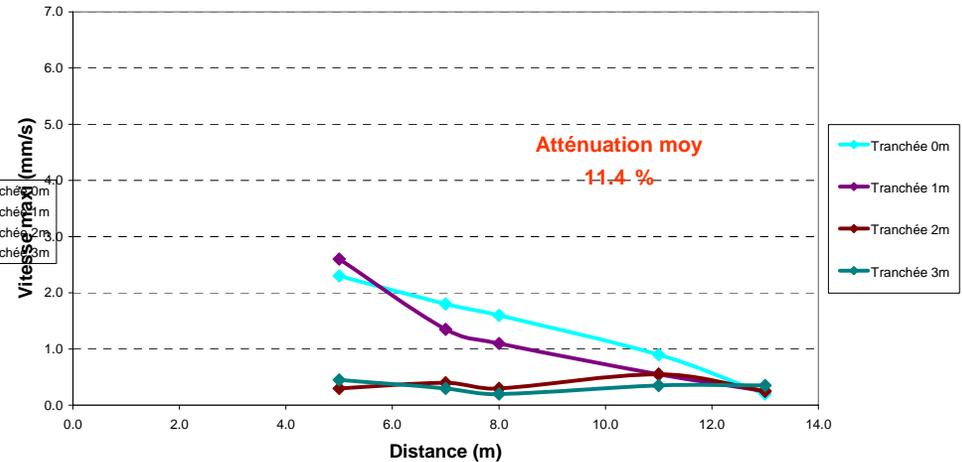
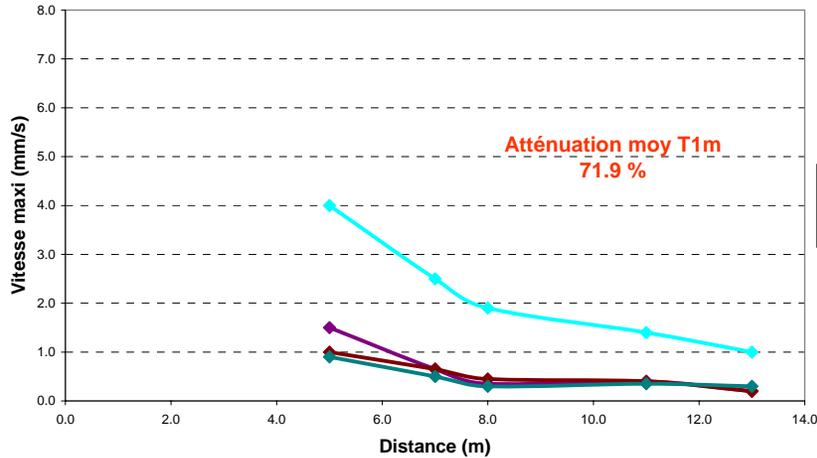
Portancemètre - Structure Paroi béton
Courbe d'amortissement - Axe T



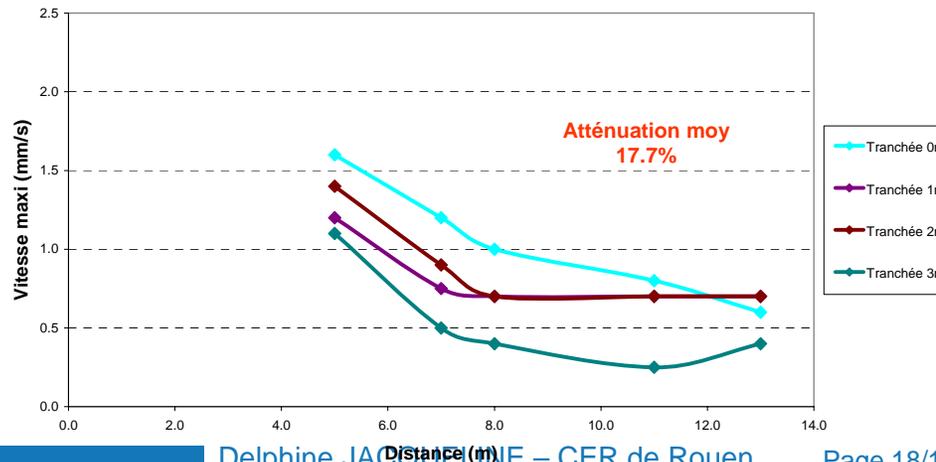
Portancemètre - tranchée

Portancemètre - Structure Tranchée
Courbe d'amortissement - Axe V

Portancemètre - Structure Tranchée
Courbe d'amortissement - Axe L



Portancemètre - Structure Tranchée
Courbe d'amortissement - Axe T



Récapitulatif Portancemètre

Tableau récapitulatif de la réduction suivant le dispositif de réduction des vibrations avec le portancemètre

Configurations	Tranchée 0-->1m	Tranchée 0-->2m	Tranchée 0-->3m	Tranchée 0m --> paroi béton	Témoin--> gueuses
AxeV	71.9	75.3	77.3	31.5	78.3
AxeL	11.4	52.0	47.5	11.4	57.4
AxeT	17.7	12.7	50.3	56.9	58.1

Atténuation maximale :

Axe vertical : avec le chargement statique (78%) puis avec la tranchée de 3 m (77%), et enfin avec la paroi béton (31.5%)

Axe longitudinal : avec le chargement statique (57%) puis avec la tranchée de 2 m (52%), et enfin avec la paroi béton (11.4%)

Axe transversal : avec le chargement statique (58%) puis avec la paroi béton (57%), et enfin avec la tranchée de 3m (50%)

Récapitulatif des constats sur les résultats obtenus

Le chargement statique réduit les vibrations (V et T) en amont du dispositif

L'apport d'une tranchée plus profonde (1 à 3 m) n'est pas visible → sollicitation trop proche du dispositif

longueur d'onde ~10 m : importance de ces mesures avec un déplacement de la source jusqu'à 10m et plus (pb d'encombrement)

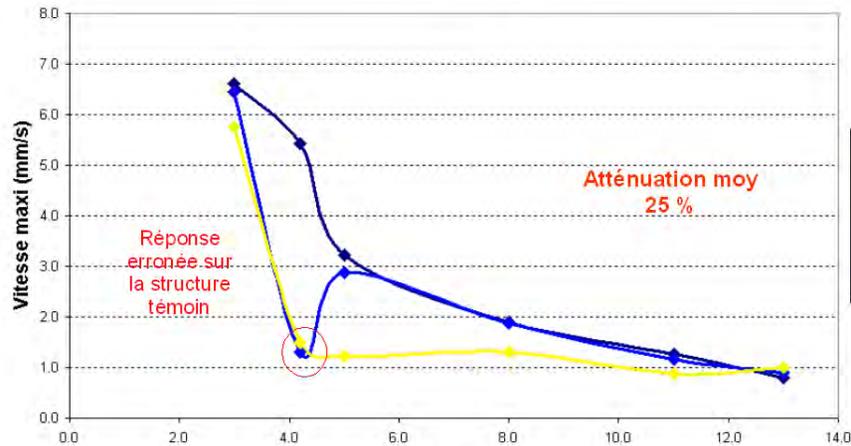
Décalage des capteurs influant sur les résultats en L et T

Résultats Dynaplaque

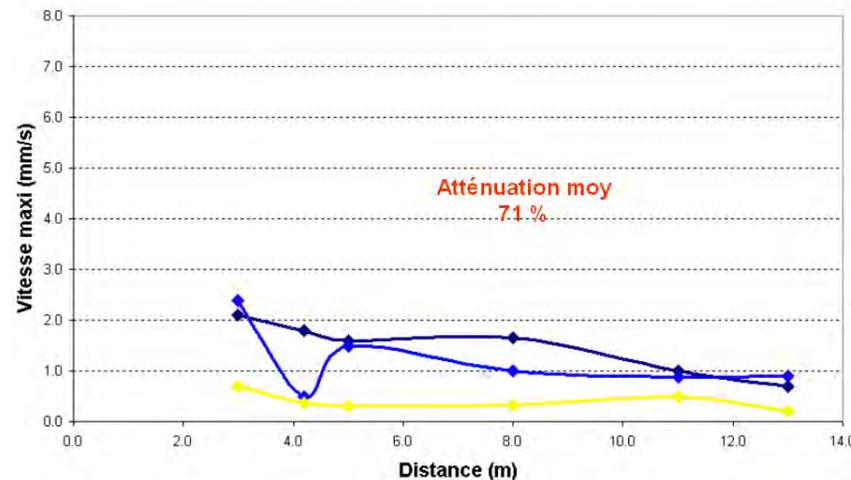
Source utilisée uniquement sur le dispositif paroi bétonnée :

- Source impulsionnelle initiale - chute de bloc - Pas fait sur le dispositif chargement statique avant démontage
- Atténuation sur la tranchée uniquement avec portancemètre pour ne pas perturber les sollicitation entre chaque placement de source)

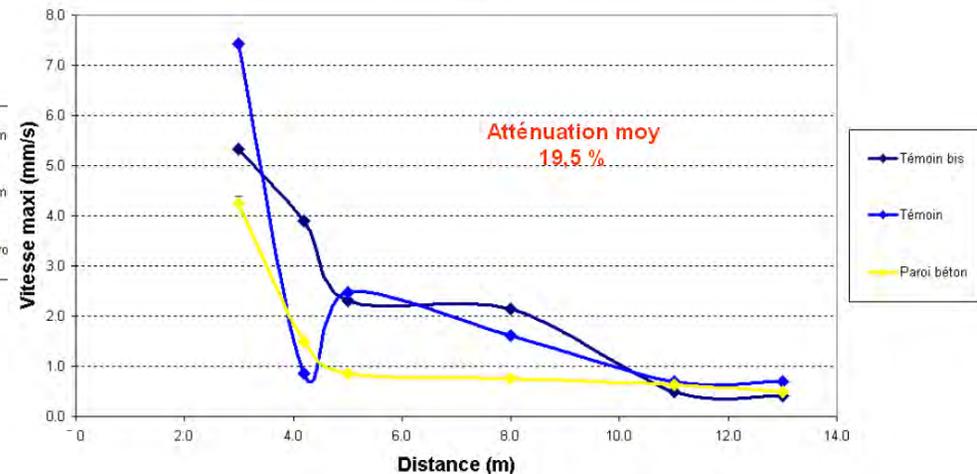
Dynaplaque - Courbe d'amortissement
Axe V



Dynaplaque - Courbe d'amortissement
Axe T



Dynaplaque - Courbe d'amortissement
Axe L

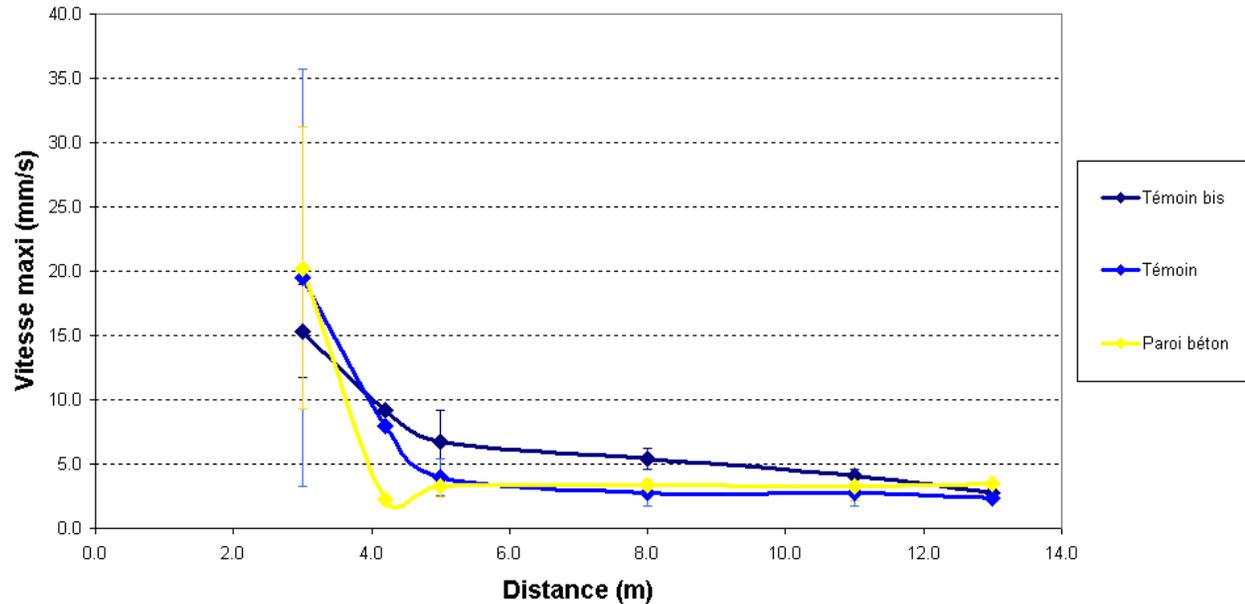


- Niveaux vibratoires dynaplaque similaires à ceux portancemètre (environ 6 mm/s dans l'axe V à 3m) ainsi que l'atténuation en fonction de la distance (1mm/s dans l'axe V à 8m).
- Atténuation maximale dans l'axe T avec 71% puis dans l'axe V avec 25% et enfin dans l'axe L avec 19,5%

Configurations	Tranchée 0m --> paroi béton	Tranchée 0m --> paroi béton
	<u>Dyanaplaque</u>	<u>Portancemètre</u>
<u>AxeV</u>	25	31.5
<u>AxeL</u>	19.5	11.4
<u>AxeT</u>	71	56.9

Résultats chute de bloc

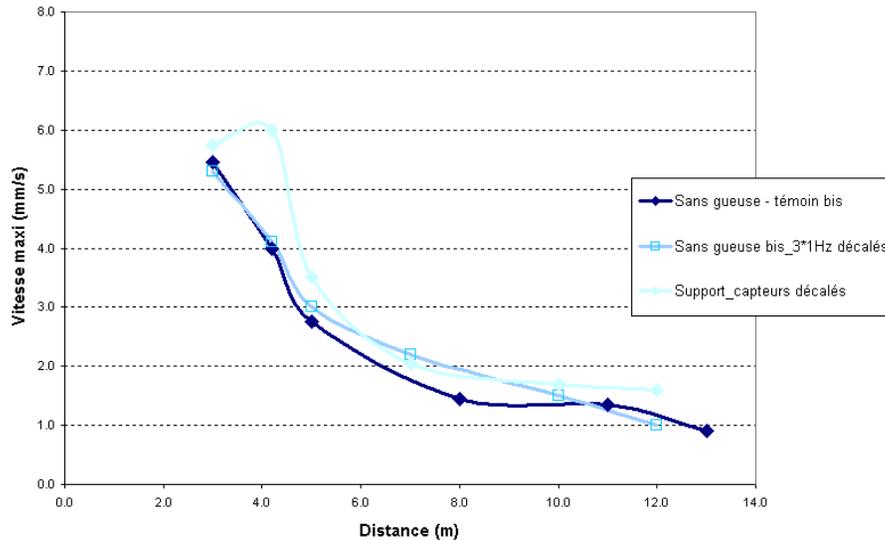
Chute bloc - Courbe d'amortissement Axe V



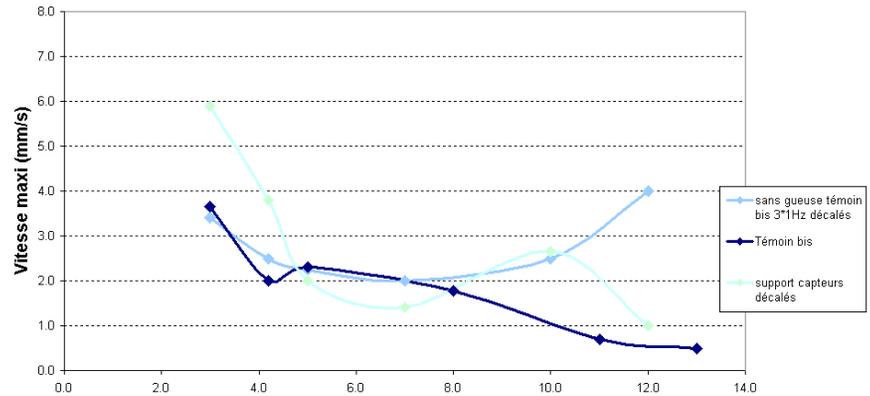
- Source plus énergétique que la dynaplaque et le portancemètre (20mm/s au lieu de 6mm/s dans l'axe V à 3m)

- Ecart-type très important suivant le lieu d'impact du bloc (angle, à plat) → source non représentative

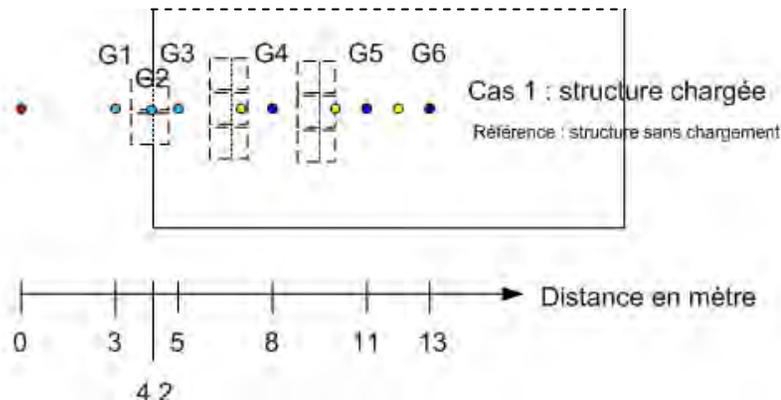
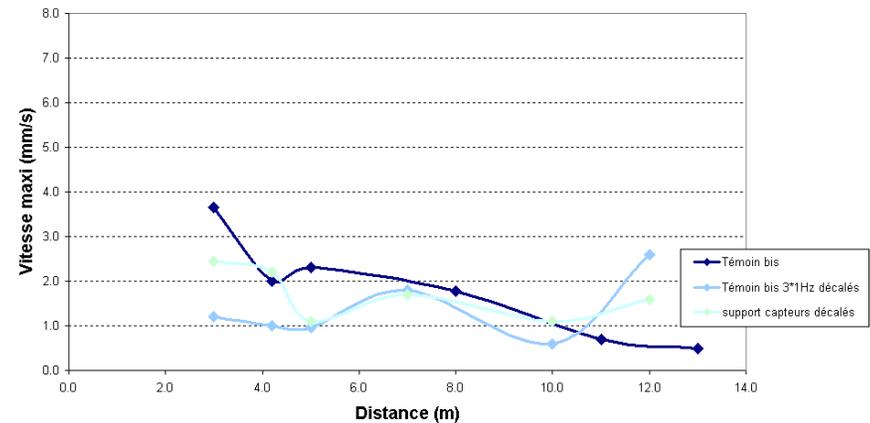
Portancemètre - Courbe d'amortissement
Axe V



Portancemètre - Courbe d'amortissement
Axe L



Portancemètre - Courbe d'amortissement
Axe T

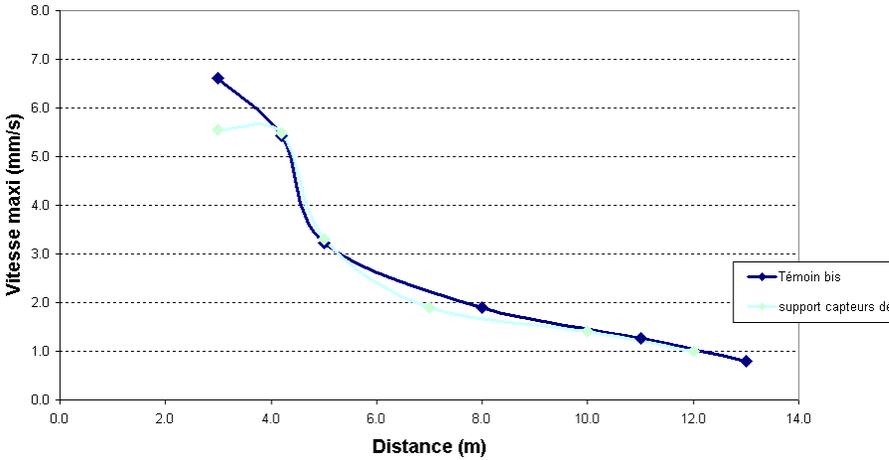


Réponse des capteurs posés différente dans les axes longitudinaux et transversaux par rapport à celle des capteurs scellés (comparaison témoin bis et témoin bis 3*1Hz décalés).

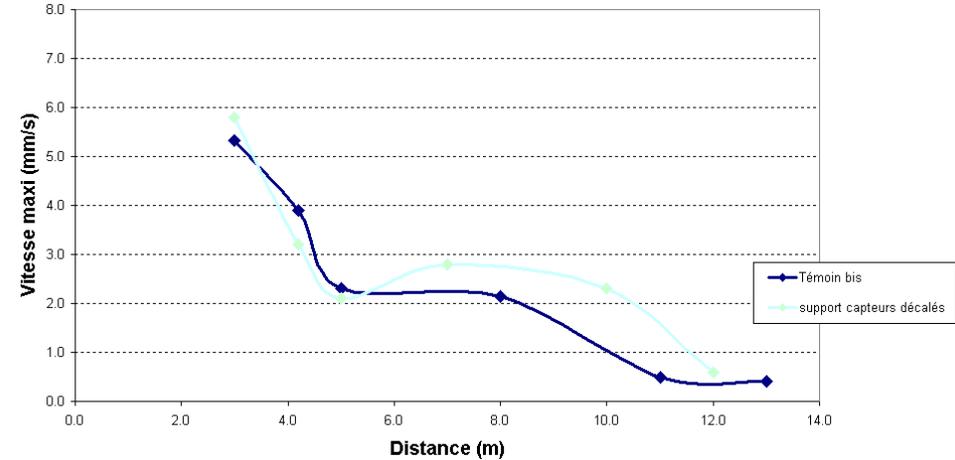
Pics anormaux pouvant être liée à la mise en mouvement du capteur pendant les essais.

Constat moins marqué pour une sollicitation impulsionnelle (dynaplaque) mais présence également de valeurs anormalement élevées

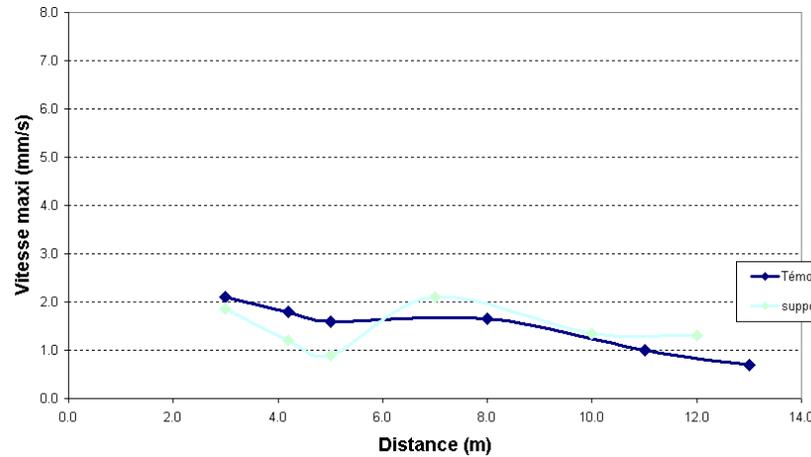
**Dynaplaque - Courbe d'amortissement
Axe V**



**Dynaplaque - Courbe d'amortissement
Axe L**



**Dynaplaque - Courbe d'amortissement
Axe T**



Conclusions

- Travail permettant un calage des modélisations
- Niveaux vibratoires avec dynaplaque similaires à ceux avec portancemètre (environ 6 mm/s dans l'axe V à 3m) alors que ceux mesurés avec la chute de bloc sont trois fois plus conséquents (v_{maxi} dans l'axe vertical = 20 mm/s),
- En comparant les dispositifs, le chargement statique est le système atténuant le plus les vibrations dans l'axe vertical avec une réduction de 78%. La tranchée de 3 mètres atténuée ensuite en réduisant de 77% la vibration et la paroi béton avec 31.5% de réduction. La tranchée est également un système performant. L'atténuation moyenne mesurée après la paroi béton est de 25% dans l'axe vertical, 19.5% dans l'axe longitudinal et 71% dans l'axe transversal. La paroi bétonnée atténuerait donc majoritairement la vibration de façon transversale tandis que la tranchée et le chargement statique amortissent la vibration principalement dans l'axe vertical.
- le chargement statique agit sur la réduction des vibrations en amont du dispositif, ce phénomène est visible sur l'axe vertical et transversal. Par contre, nous ne notons pas de changement dans l'axe longitudinal,
- L'étude de la fixation du support montre que les capteurs sont mis en mouvement lorsqu'ils sont posés. Ce fait est moins prononcé pour la dynaplaque mais nous mesurons des valeurs anormalement élevées. Le scellement des capteurs est donc nécessaire à la réalisation de mesures de qualité.
- Ce travail pourrait être poursuivi en étudiant d'autres systèmes anti-vibratiles type polystyrène.
- Le site ne le permettait pas faute d'encombrement mais il serait intéressant d'éloigner la source du dispositif amortissant afin de voir l'efficacité des systèmes dans des configurations différentes. Cas présent, source très proche du système réduisant les vibrations (4,2m) → coupe directement l'onde (longueur d'onde d'environ 10m). On s'attend à une moins bonne performance des systèmes en éloignant la source. Par contre on noterait une amélioration avec les tranchée plus profondes.