

## VIBRATIONS ENGENDREES PAR LE TREPANAGE EN FONDATIONS PROFONDES

BOUNIOL Christophe, DUPLAINE Hervé

BALINEAU S. A., 18 avenue Gustave Eiffel, 33608 PESSAC CEDEX

*RESUME : Un certain nombre de techniques utilisées dans le cadre de la réalisation de travaux de fondations spéciales génèrent des vibrations : battage de pieux ou de palplanches, compactage dynamique, forage de pieux et de parois moulées avec trépan. Certaines techniques, comme le compactage dynamique, a été sujet à de nombreuses mesures de vibration et permettent aujourd'hui de déterminer leurs nuisances. Une recherche sur les mesures de vibration par le trépanage en fondations profondes montre que peu de mesures sont réalisées et, qu'en général, elles n'ont fait l'objet ni d'analyse ni de publication. Le chantier de paroi moulée de l'Aménagement de l'Eau Bourde à Bordeaux a été l'occasion de collecter des données de vitesses particulières pendant les phases de trépanage. Une courbe d'atténuation de la vitesse particulière en fonction de la distance a été obtenue, qui suit les lois classiques d'atténuation des vibrations en fonction de la distance.*

*MOTS-CLEFS : vitesse particulière, vibrations, trépan, roche, fondations profondes.*

*ABSTRACT : Lots of techniques used in deep foundations construction generate vibrations : pile driving, dynamic compaction, chiselling during pile or diaphragm wall excavation. For some techniques, such as dynamic compaction, levels of vibrations can be predicted from existing data and it is therefore possible for owners and Engineers to decide whether it is acceptable or not to use the considered technique for their particular application in terms of nuisances and damages to existing structures. Pile drilling or diaphragm wall excavations often require the use of chisels to go through blocks or hard layers. Almost no results are available for this technique. A diaphragm wall site near Bordeaux has been closely monitored in terms of peak particle velocity measurement during chiselling operations. The set of data obtained follows the general law for peak particle velocity attenuation as a function of the distance from the source of vibrations.*

*KEY-WORDS : peak particle velocity, vibrations, chisel, rock, deep foundation.*

### 1. Introduction

La réalisation de parois moulées ou de pieux forés fait souvent appel à la technique du trépanage pour le passage de blocs, de bancs rocheux ou pour réaliser un ancrage dans le substratum.

Le trépan (Figure 1) est un outil de forage en acier dont le poids peut atteindre une douzaine de tonnes. Les formes sont variées mais il est toujours muni de lames à sa base, ce qui lui permet de briser les roches rencontrées sous l'action de chocs répétés résultant de chutes libres de quelques mètres de hauteur.



Figure 1. Trépan

Ces chocs génèrent des vibrations qui peuvent provoquer des nuisances pour les personnes proches ou des dégâts aux structures avoisinantes. Les vibrations sont généralement caractérisées par trois paramètres qui sont liés : l'accélération, la vitesse particulière et le déplacement. Le paramètre le plus couramment utilisé pour quantifier les vibrations est la vitesse particulière. Il n'existe pas de règlement, ou norme, national ou international, spécifique aux vibrations générées par des sources impulsionnelles dans le domaine de la construction (battage de pieux et palplanches, compactage dynamique, trépanage, démolition à la boule et explosifs). Toutefois, les vitesses particulières limites couramment admises sont de l'ordre de 10 mm/s pour des structures saines et de 5 mm/s pour des structures sensibles.

Les vitesses particulières générées par l'utilisation de trépan n'ont pas fait l'objet de beaucoup de mesures jusqu'à présent et les rares mesures ponctuelles effectuées n'ont été ni analysées, ni publiées. Ce manque de données conduit souvent à interdire, sans autre forme de procès, l'utilisation du trépan sur de nombreux chantiers en site urbain.

## 2. Présentation du chantier

L'aménagement du ruisseau L'Eau Bourde à Villenave d'Ornon (Communauté Urbaine de Bordeaux) va permettre de limiter les risques de crue qui se traduisaient souvent par des inondations pour les propriétés riveraines. Dans la partie la plus urbanisée du projet, le ruisseau est canalisé au moyen de parois moulées d'épaisseur 500 mm. Les terrains traversés lors de la réalisation des parois moulées sont indiqués dans la Figure 2.

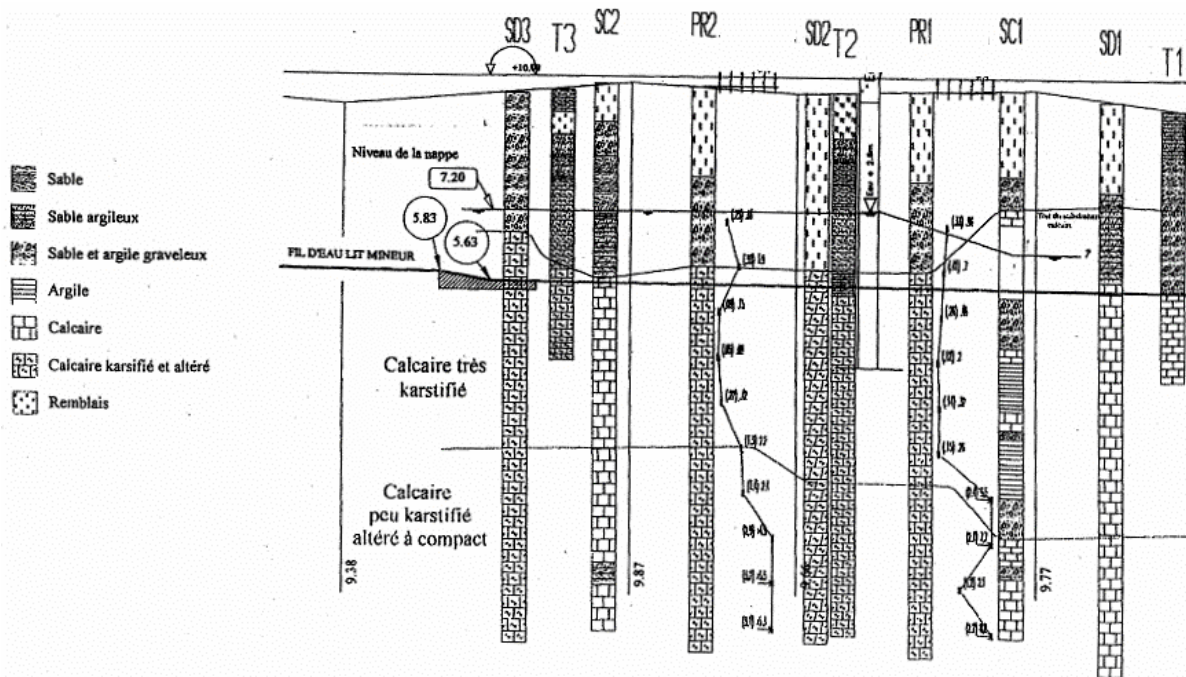


Figure 2. Profil géologique

La traversée de la couche de calcaire a fréquemment nécessité l'emploi d'un trépan en acier de 5,5 tonnes lâché de 2 à 3 mètres de hauteur.

Un des sondages carottés de la reconnaissance de sol donne pour le calcaire qui a été excavé à l'aide du trépan les caractéristiques suivantes :

*Poids volumique apparent : 22 à 22.8 KN/m<sup>3</sup>*

*Résistance à la compression simple : 7.9 à 18.5 MPa*

Des essais ont été réalisés sur du matériau prélevé en cours de chantier et ont conduit à des résultats supérieurs :

*Poids volumique apparent : 24.8 KN/m<sup>3</sup>*

*Résistance à la compression simple : 32.2 MPa*

Des mesures de vibrations occasionnelles chez les riverains étaient prévues au marché, ce qui impliquait la présence permanente sur chantier d'un appareil de mesure de vibrations.

Cette disponibilité du matériel nous a permis de recueillir le maximum de données possibles sur la durée du chantier avec l'espoir de pouvoir trouver une courbe d'atténuation en fonction de la distance du même type que celle qui a été obtenue pour le compactage dynamique (Liausu, 1981).

### 3. Méthodologie de mesure

Le matériel de mesure utilisé est un appareil BRUEL & KJAER, modèle 2513-WH2328, avec un accéléromètre 4391. Il permet de mesurer soit des accélérations, soit des vitesses particulières dans une gamme de fréquences s'étalant de 4 à 1000 Hz (après modification du filtre). Ce sont les valeurs de crête sur l'axe vertical qui ont été systématiquement mesurées. L'appareil recherche cette

valeur sur une durée de 1 seconde à partir du début de la mesure, ce qui est largement suffisant puisque les vibrations se dissipent en 100 à 300 millisecondes.

Les mesures ont été réalisées en partie sur des maisons d'habitation riveraines du chantier ou sur les murettes-guide du chantier.

Les murettes-guide (voir Figure 3) sont des ouvrages en béton armé de 0,7 à 1 m de hauteur et de 0,3 m d'épaisseur qui servent à la fois à positionner la paroi moulée et à guider la benne à câbles sur les premiers mètres d'excavation. Elles sont continues sur plus de 200 m dans le cas présent, ce qui permet de les considérer comme une structure.

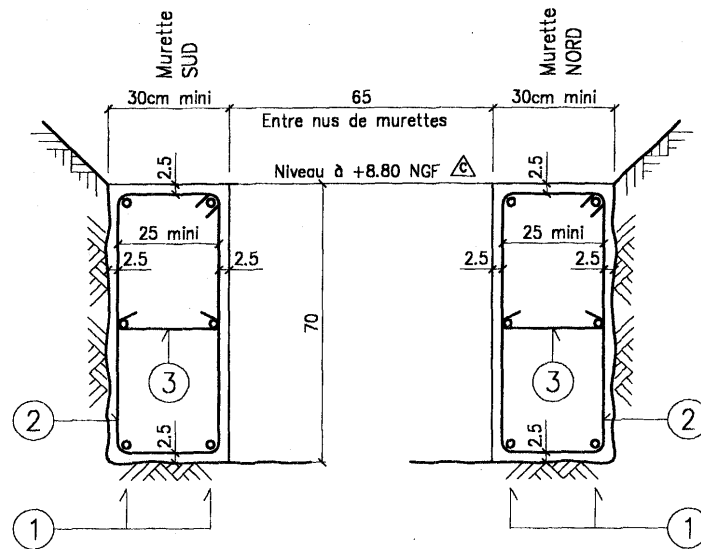


Figure 3. Murettes-guide en coupe

L'intérêt de la mesure sur murettes-guide réside dans le fait que l'on peut, pour la même séquence de trépanage, obtenir facilement et rapidement des mesures à différentes distances sur une structure de masse suffisante pour être représentative. On peut voir sur la Figure 4 le dispositif de mesure.



Figure 4. Dispositif de mesure

Des mesures ont également été réalisées par EXAM BTP avec un appareil de type LE3D afin de vérifier la cohérence des mesures et de disposer également d'une analyse fréquentielle.

#### 4. Résultats

Le capteur utilisé par EXAM BTP permettait une analyse fréquentielle. La fréquence dominante semble être comprise entre 11,5 et 14 Hz avec toutefois une mesure à 22 Hz. Les vitesses particulières ont des valeurs sensiblement équivalentes dans les trois directions avec toutefois des valeurs légèrement plus élevées sur l'axe vertical.

Plus de 380 mesures ont été réalisées sur le chantier avec l'analyseur BRUEL & KJAER à des distances de la source comprises entre 5 et 50 mètres. Certaines valeurs à 25 m de distance proviennent de mesures réalisées sur des maisons individuelles. Les mesures obtenues à des distances différentes proviennent toutes de mesures relevées sur murettes-guide.

L'intégralité des couples de valeurs (vitesse particulière, distance) a été reportée sur un même graphe (voir Figure 5). L'hétérogénéité du calcaire, les variations de hauteur de chute du trépan ainsi que la réduction des vibrations avec le nombre de coups de trépan due à la fracturation du rocher conduisent naturellement à une dispersion des mesures, mais on observe un quasi-parallélisme des maxima et des minima. Les valeurs représentatives sont les valeurs maximales enregistrées pour chacune des distances considérées.

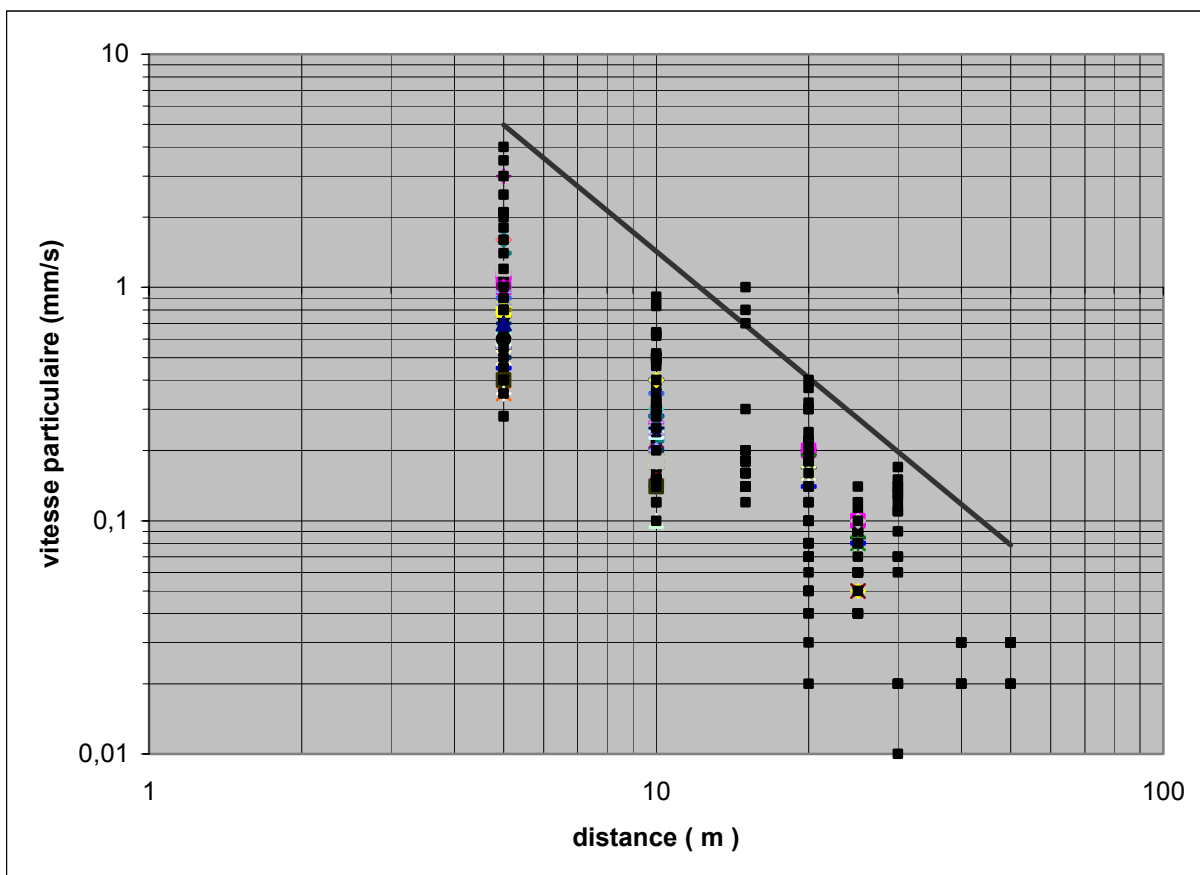


Figure 5. Courbe d'atténuation en fonction de la distance

La loi d'atténuation de la vitesse particulière en fonction de la distance pour un trépan de 5,5 tonnes tombant de 2 à 3 m de hauteur sous boue sur du calcaire est régie par la formule suivante :

$$V = 10 \times d^{-1,5}$$

## 5. Conclusion

L'atténuation de la vitesse particulière suit une loi de type classique pour les opérations de trépanage liées à la réalisation de fondations profondes.

Les vibrations générées par le trépan ont des fréquences dominantes comprises entre 11 et 14 Hz et les vitesses particulières sont restées inférieures à 4 mm/s. Elles ne sont donc pas de nature à menacer l'intégrité des structures avoisinantes, mais restent tout à fait perceptibles et peuvent donc être perçues comme une nuisance pour les riverains d'un chantier.

La courbe d'atténuation présentée correspond à un trépan d'un poids déterminé et à une roche donnée. Elle ne peut être extrapolée brutalement pour d'autres chantiers où l'on utiliserait des trépans plus lourds ou en présence de roches plus dures. Elle permet toutefois d'avoir des ordres de grandeur et de servir de base à une collecte de données plus importante qui permettra, à terme, d'améliorer la prévision des niveaux de vibrations dus au trépanage.

## 6. Références

Liausu P. *Vibrations engendrées par le Compactage Dynamique*. Revue Française de Géotechnique, n° 14 bis, 1981