

Suivi et contrôle du bruit et des vibrations : objectifs, techniques et défis

Djibril Sy, ing., M.Sc.A.

Directeur-Acoustique et Vibrations

Vincent Le Borgne, ing. jr Ph. D.

Directeur R&D

Survol

Introduction

Vibrations – Points clef

Bruit – Points clef

Défis – Vibration

Défis – Bruit et Vibrations

Conclusions

Introduction

Pourquoi faire un suivi du bruit et des vibrations?

- Protection du public
- Protection des infrastructures
- Optimisation des travaux
- Gestion des plaintes et des poursuites

Introduction

Quand faire un suivi du son et des vibrations?

- **Avant même qu'un projet commence!**

Bien connaître les niveaux ambiants avant même le début de travaux permet de mieux cerner les impacts éventuels de ceux-ci. Ces niveaux ambiants pourraient permettre de rehausser les seuils applicables.

- **Tout au long d'un projet**

Pour s'assurer de ne pas dépasser les seuils prescrits par la réglementation.

Survol

Introduction

Vibrations – points clef

Bruit – Point clef

Défis – Vibration

Défis – Bruit et Vibrations

Conclusion

Vibrations – Points clefs

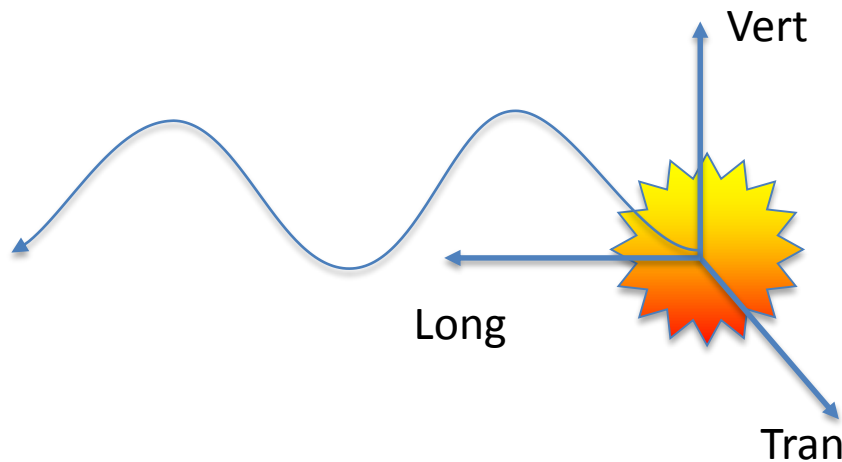
- Sources de vibrations



Vibrations – Points clefs

La “force” d’une vibration peut être évaluée en mesurant le déplacement, la vitesse ou l’accélération du matériau étudié. Généralement la vitesse exprimée en mm/s est utilisée.

La vibration est mesurée sur chaque axe séparément: l’axe longitudinal (orienté vers la source) et les deux axes transversaux.



Vibrations – Points clefs

- À vitesse égale, les vibrations aux basses fréquences sont plus dommageables.
- Les vibrations sont mesurées à partir de géophones fixés au sol ou sur la paroi d'un bâtiment à protéger.
- Les humains sont très sensibles aux vibrations : ils peuvent ressentir des vibrations dix fois plus faibles que ce qui peut causer des dommages aux bâtiments.
- Pour des vibrations de courte durée, des vibration de l'ordre de 2.5 mm/s sont souvent considérées acceptables pour la protection de bâtiments historiques, mais des bâtiments modernes peuvent subir des vibrations beaucoup plus élevées.
- En milieu urbain, des seuils de 2.5 mm/s sont souvent demandés, à la fois pour protéger des structures sensibles, et pour éviter de déranger les gens habitant aux environs du chantier.

Contrôle des vibrations

Contrôle des vibrations et des surpressions d'air liées au dynamitage

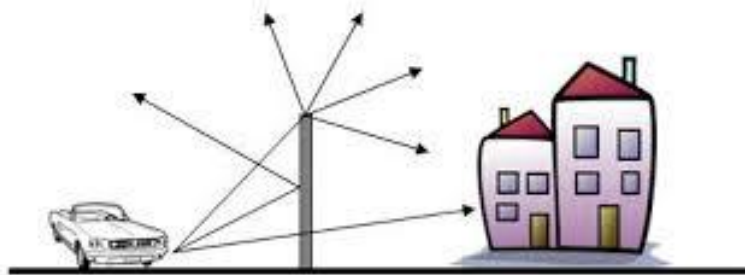
- Optimisation/modification des paramètres de dynamitage
 - Réduction de la charge d'explosif par trou
 - Choisir les délais pour diminuer le nombre de trous pouvant exploser simultanément (fenêtre de 8 ms)
 - Utiliser des détonateurs électroniques
- Placer l'aire de sautage à une distance sécuritaire (pour protéger des projections de roches aussi)
- Conditions météorologiques: éviter de faire de sautage lorsque les vents sont porteurs, lors d'inversions thermiques ou lorsque le ciel est couvert

Bruit – Points clefs

- Sources de bruit : Similaire aux vibrations
- Les humains sont très sensibles aux variations du bruit ambiant, aux tons purs et aux sons graves. Il faut minimiser :
 - Les grandes variations par rapport aux niveaux ambiants
 - Les machines tournant à basse fréquence; elles peuvent aussi engendrer des vibrations
 - Les sources comme des alarmes de recul.

Bruit – Décibels

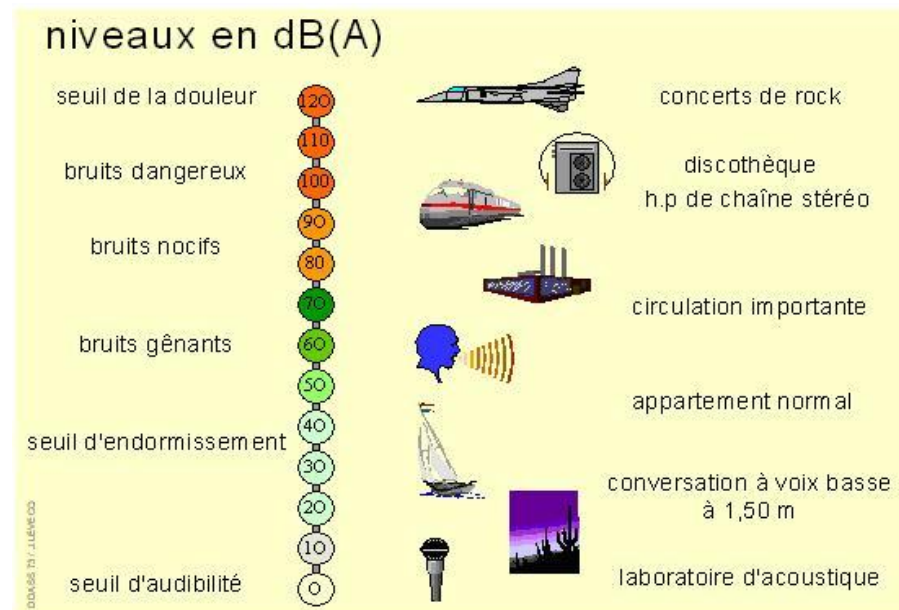
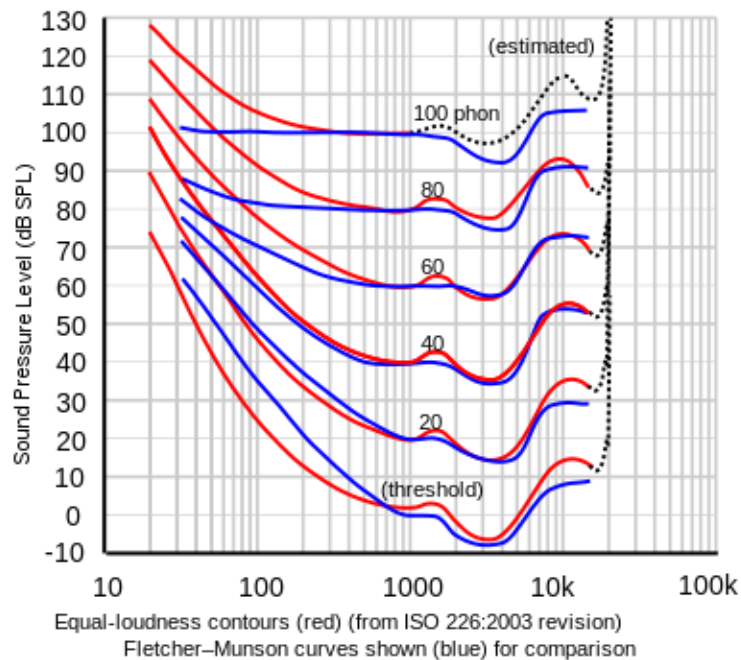
- Le niveau sonore moyen au récepteur, exprimé en décibel, peut être la somme des contributions directe, réfléchie et diffractée.



$$L_p = 10 \log \left(\frac{p_{rms}^2}{p_{ref}^2} \right)$$

$$p_{ref} = 20 \mu Pa$$

Bruit – Oreille humaine



Le dBA est la pondération la plus souvent utilisée aujourd’hui pour tenir compte de la sensibilité de l’oreille humaine

Indicateurs communs

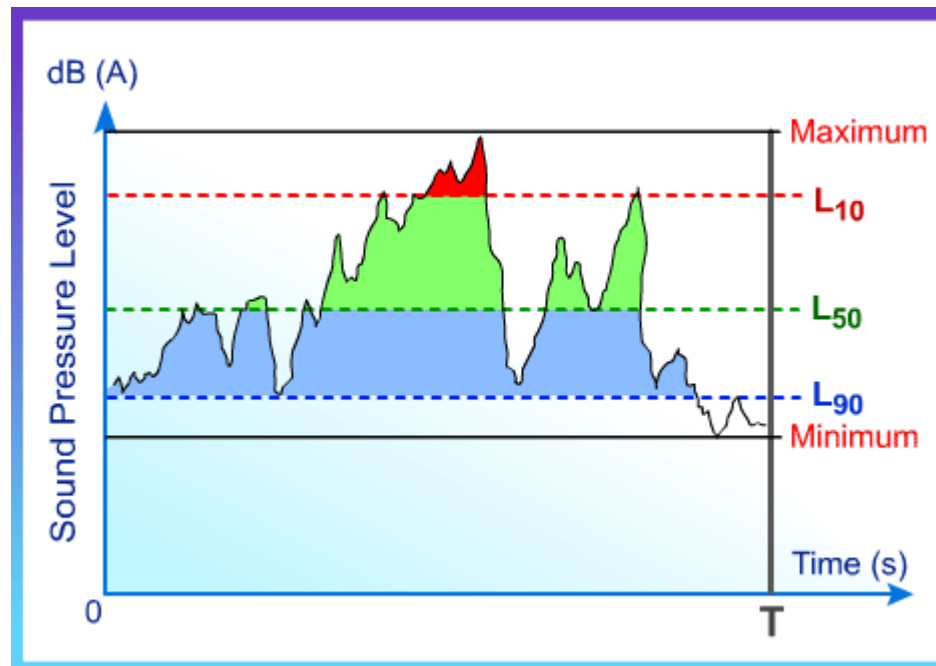
L_{eq} = niveau sonore moyen sur une période donnée.

L_{max} = Valeur maximale en dB(A) observée au cours d'une période donnée.

L_n = niveau sonore moyen dépassé n % du temps.

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_a^2}{p_0^2} dt \right]$$

Indicateurs communs (Ln)



Source :

http://www.epd.gov.hk/epd/noise_education/web/ENG_EPd_HTML/m2/types_3.html

Contrôle du bruit

Contrôle du bruit lié aux équipements d'exploitation

- Contrôle du bruit à la source
 - Choisir les équipements les plus silencieux possible
 - Munir les équipements de dispositifs de réduction du bruit (silencieux, utiliser des bennes recouvert d'un matériau viscoélastique,...)
- Contrôle du bruit sur le chemin de propagation: ériger des écrans ou des talus à des endroit stratégiques
- Contrôle du bruit au niveau du récepteur: Casque de protection auditive ou cabine insonorisée

Survol

Introduction

Vibrations – points clef

Bruit – Point clef

Défis – Vibration

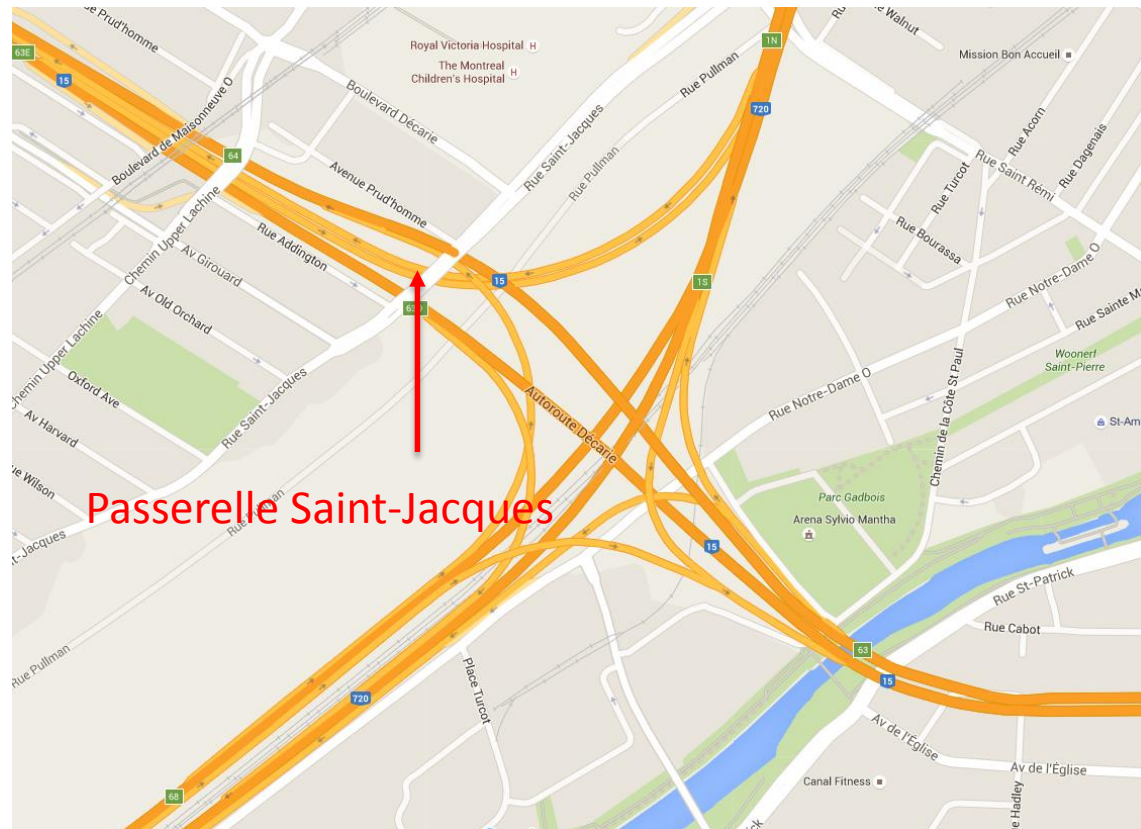
Défis – Bruit et Vibrations

Conclusion

Défis – Collecteur Saint-Pierre

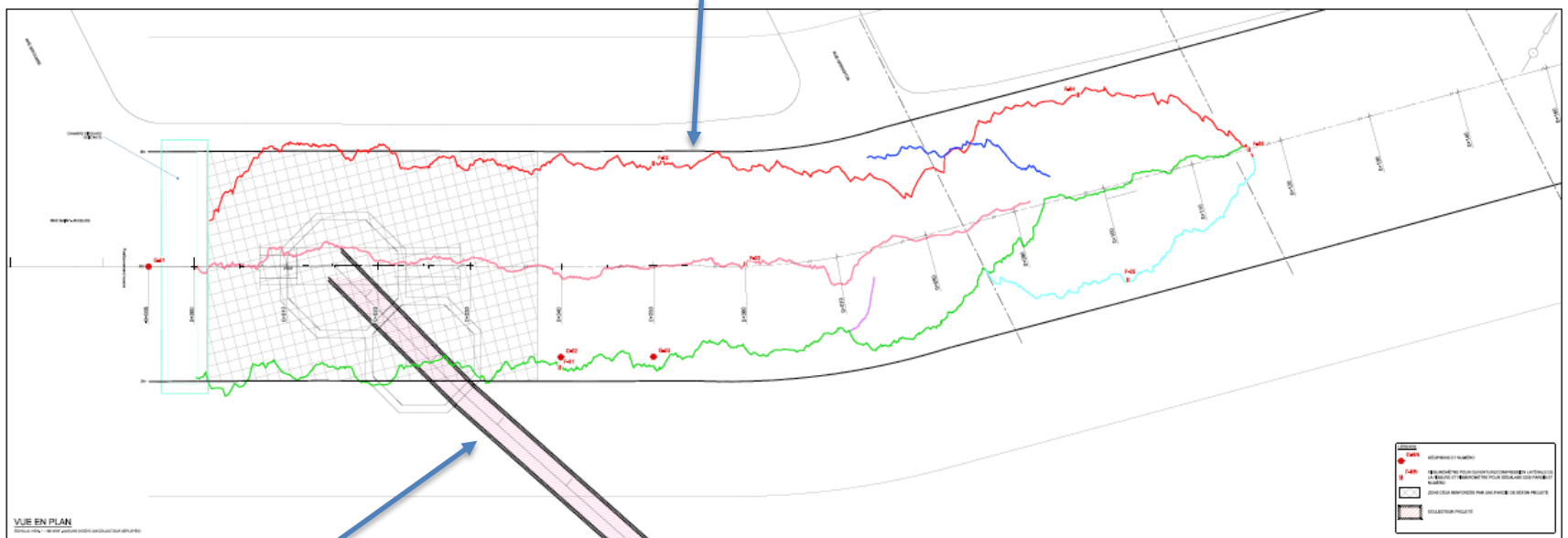


Défis – Collecteur Saint-Pierre



Collecteur Saint-Pierre

Ancien collecteur (pas à l'échelle).



Nouveau collecteur

Défis rencontrés

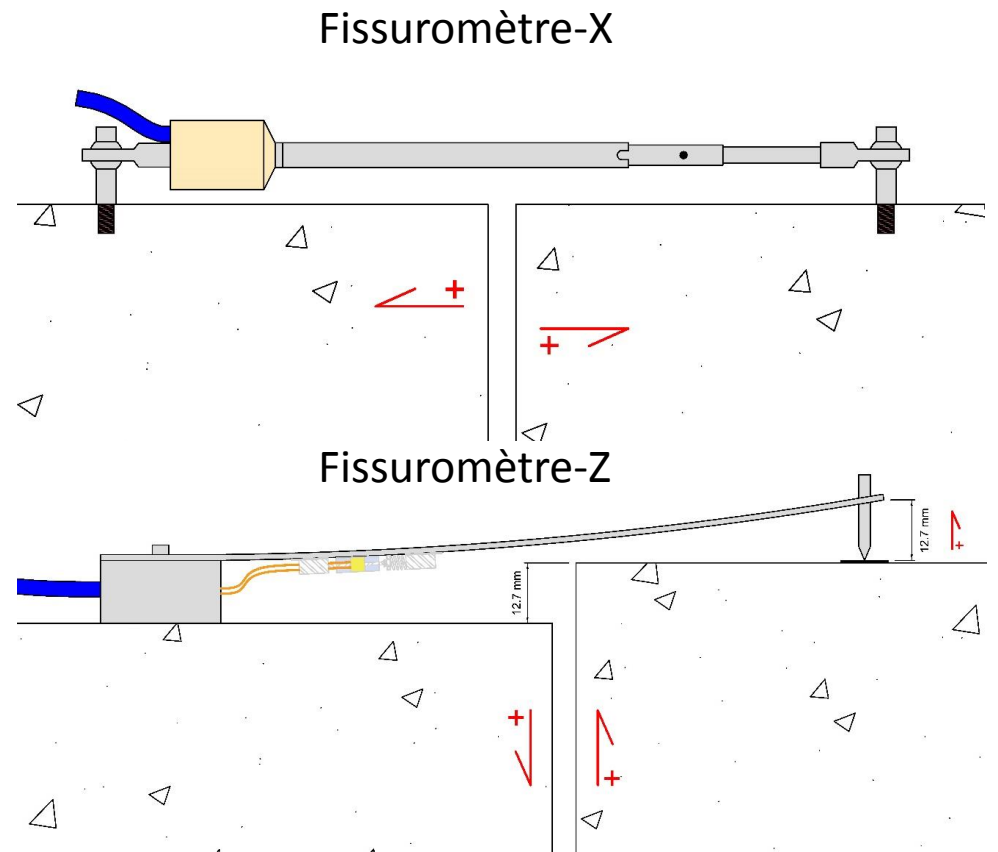
Le client avait les exigences suivantes :

- Suivi des vibrations en continu durant plusieurs mois
- Seuils extrêmement sensibles étant donnée la conditions du tunnel (1.8 mm/s)
- Les instruments devaient pouvoir être submergés et résister à des impacts.
- Les instruments devaient être protégés pour éviter que des impacts créent de faux évènements.
- Alarmes en temps reel sur le site
- Alarmes par e-mail

La fiabilité du système est extrêmement critique puisque l'intégrité de la structure était suivie et analysée par ces instruments et qu'il est très difficile d'avoir accès pour faire de la maintenance. **Enfinement, il est nécessaire de n'avoir aucun faux négatif, quitte à avoir quelques faux positifs.**

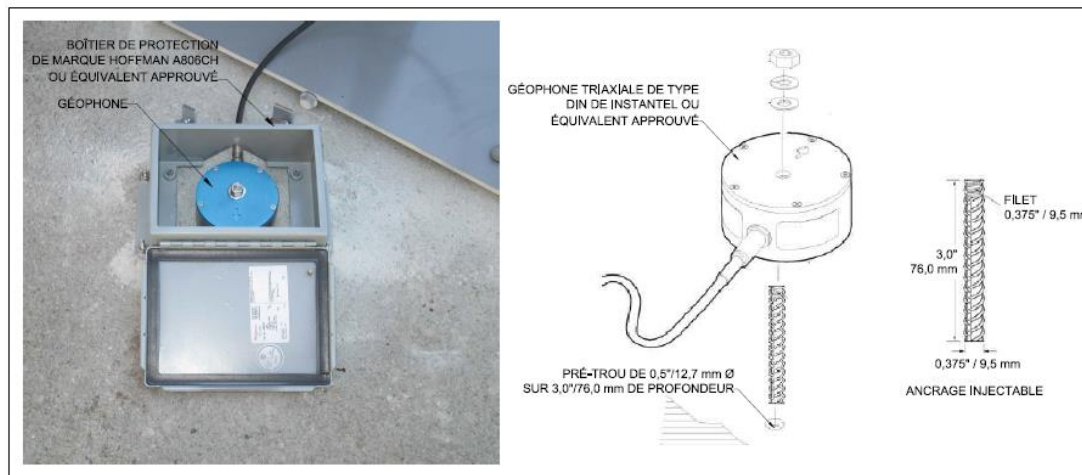
Instrumentation

- 14 fissuromètres protégés par des capots lourds
- Câbles protégés par des conduits
- Alarme visuelle et sonore.



Instrumentation

- 7 géophones protégés par un capot léger
- Tous les câbles sont fichés dans des conduits
- Une alarme sonore et visuelle se déclenche si les vibrations dépassaient le seuil permis



Solutions

- Lorsqu'on combine des instruments (fissuromètres et vibration), une centrale polyvalente est nécessaire.
- Solution basée sur un système d'acquisition Campbell
- Modem cellulaire permet le transfert des données en temps réel.



Solutions

- Système de relais pour les alarmes alimentés par le boîtier.
- Visualisation des données de vibration en temps réel sur les ordinateurs à droite.



Défis – Construction de conduite d'eau

- Suivi du bruit et des vibrations lors de la construction (dynamitage et excavation) des puits d'accès.
- Suivi des vibrations durant le tunnelage.

Défis rencontrés

Il faut systématiquement répondre aux exigences suivantes :

- Garantir des mesures de niveau de bruit et vibration en continu.
- E-mails d'alarme en temps réel si les seuils sont dépassés.
- Visualisation des données en ligne.
- Sécurisation des unités

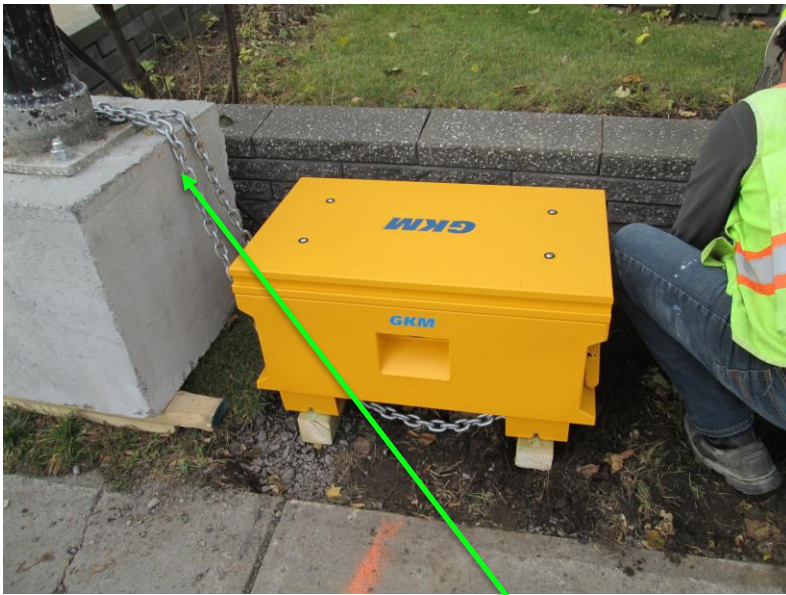
Suivi en continu



Suivi en continu

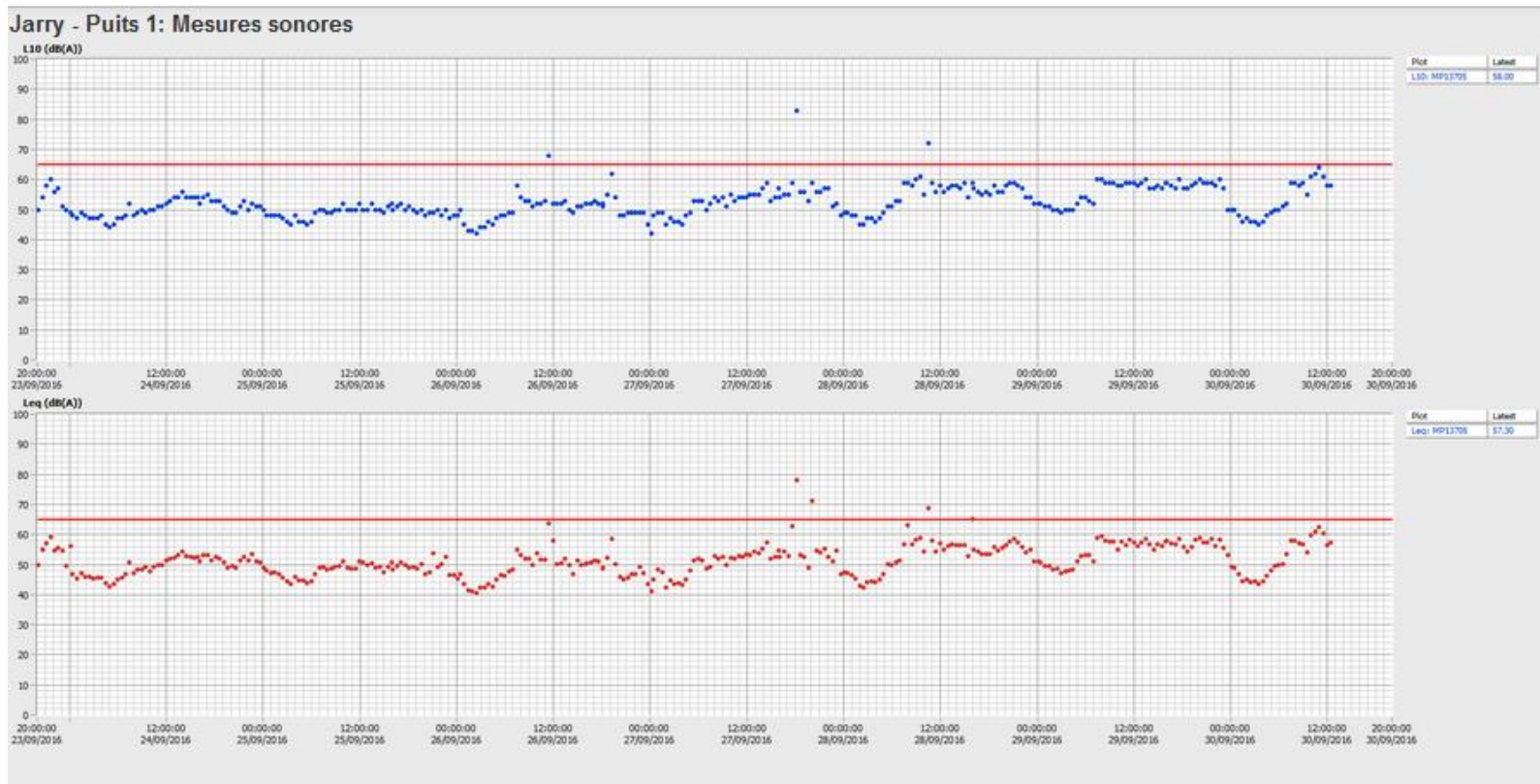


Suivi en continu



- Sécurisation des unités mobiles requise

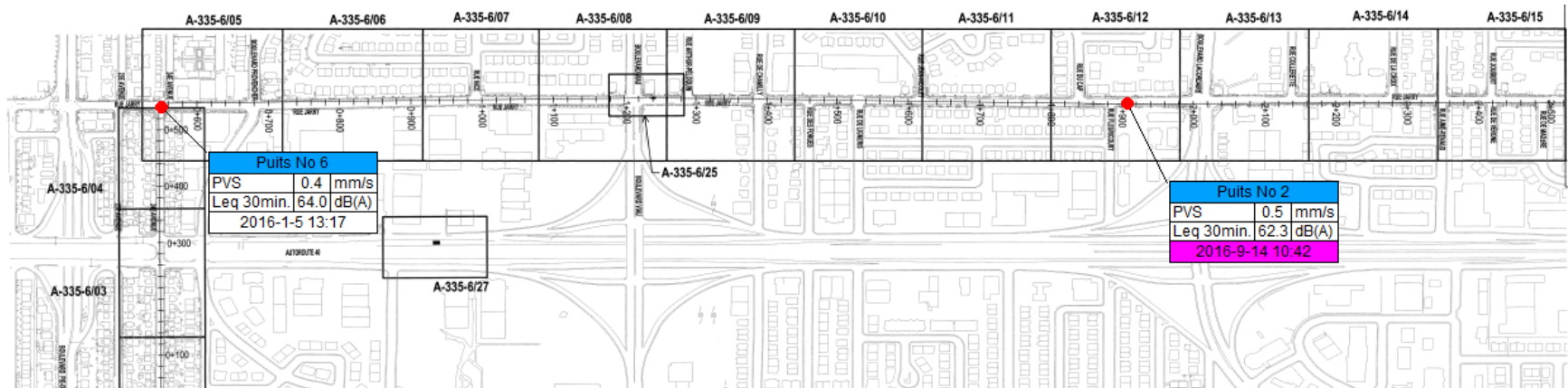
Visualisation des données



Visualisation des données



Visualisation des données



Conclusions

- Il faut penser à la gestion du bruit et des vibrations en avant-projet
 - Bien cerner les impacts
 - Éviter les mauvaises surprises associées aux coûts des correctifs
- Il est souvent utile de prévoir de la redondance
 - Certains appareils ont cessé de fonctionner de façon impromptue
 - Des câbles d'instrument ont cédé durant l'installation et durant l'utilisation.
- Il est essentiel de faire des mesures préalables!
 - Les données de vibration étaient souvent difficiles à analyser puisque aucune mesure des vibrations ambiantes n'avait été faite préalablement, et ce dans aucun des projets présentés ci-haut.

Conclusions

- La communication est essentielle .
 - Le choix et le design des visualisations doivent être faits en collaboration étroite pour éviter toute confusion lors d'un moment critique.
- Si la sécurité immédiate dépend des mesures, un système d'alarme sur place est essentiel.
 - Les transmissions sans fil sont plutôt lentes et peuvent occasionnellement être coupées au mauvais moment.