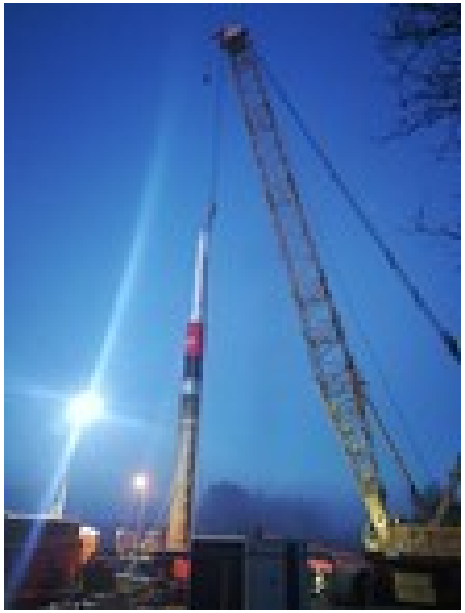
# Prolongement de l'écluse de Quesnoy-sur-Deûle
# Essais de fonçage (VNF)
## Étude des nuisances acoustiques et vibratoires



**Geoffrey Pot / Philippe Dunez / Julien Habert (Cerema Nord-Picardie)**

# Sommaire


## 1. Problématique

- Faisabilité
- Nuisances
- *Fiabilisation/Optimisation de la conception*

## 2. Contenu initial

- 4 paires de palplanches
- 2 tubes
- *Instrumentation IFSTTAR/Cerema*

## 3. Résultats mécaniques

- Problématiques mécaniques
- Nuisances

## 4. Propositions pour la suite du projet

- Conception du projet
- Contractualisation
- Communication

# I. Problématique

**Allongement aval**

- Sans coupure de la navigation
- Hormis chômages annuels

**Préfabrication des nouveaux bajoyers**

- A l'intérieur de batardeaux provisoires
- Ensuite rippés

Liste des contraintes :

- Palplanches (batardeaux provisoires) :
  - 20m de longueur
  - « collées » à l'écluse existante
  - réalisation en partie pendant les courts « chômages »

- Tubes métalliques (rails de ripage) :
  - diamètre 1200 à 1600 mm
  - 30m de longueur
  - dimensions atypiques pour des projets « onshore »

## Eviter les refus prématurés

- Procédure adaptée
  - Vibreur/Batteur
  - Aides au fonçage éventuels

## Ne pas endommager les profilés lors du battage

## Limiter les nuisances

- Vibrations
  - Dégâts sur les avoisinants
  - Dégâts sur l'écluse elle-même
- Bruit
  - Gêne

# II. Contenu, planche d'essais : instrumentation

## Suivi du battage

- « Suivis du battage » en continu = utlisation du battage comme essai de chargement dynamique *(Cerema Méditerranée)*
  - Mesures de la déformation en tête et de l'accélération en tête
  - Uniquement le tube 2 (tube 1 battu d'une traite pour caler les longueurs de cicatrisation)
  - Traitement du signal
- *Instrumentation toute hauteur*

Cerema Med

## *Essai de chargement statique*

Ifsttar

## Suivis bruit et vibrations

- Vibrations
  - En continu à proximité de l'ouvrage
  - Ponctuellement sur la porte
- Bruit : en continu chez quelques riverains

Cerema NP

# III. Résultats

## 3.1 Suivi vibratoire

### Vibrofonçage de paires de palplanches

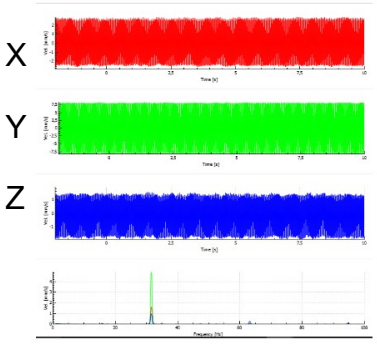
Capteur vibration GEA

Mesures de vibrations uniquement de la partie vibrofonçage des 2 paires de palplanches (pas de mesures lors du surbattage).

Affichage des mesurandes (combinaison des 3 composantes axiales) des trois capteurs en fonction de la profondeur.

Niveaux vibratoires sur C1 :
- de l'ordre de 2 mm/s jusqu'à la profondeur 11m50
- niveaux crêtes autour de 10 mm/s entre 12 et 14m

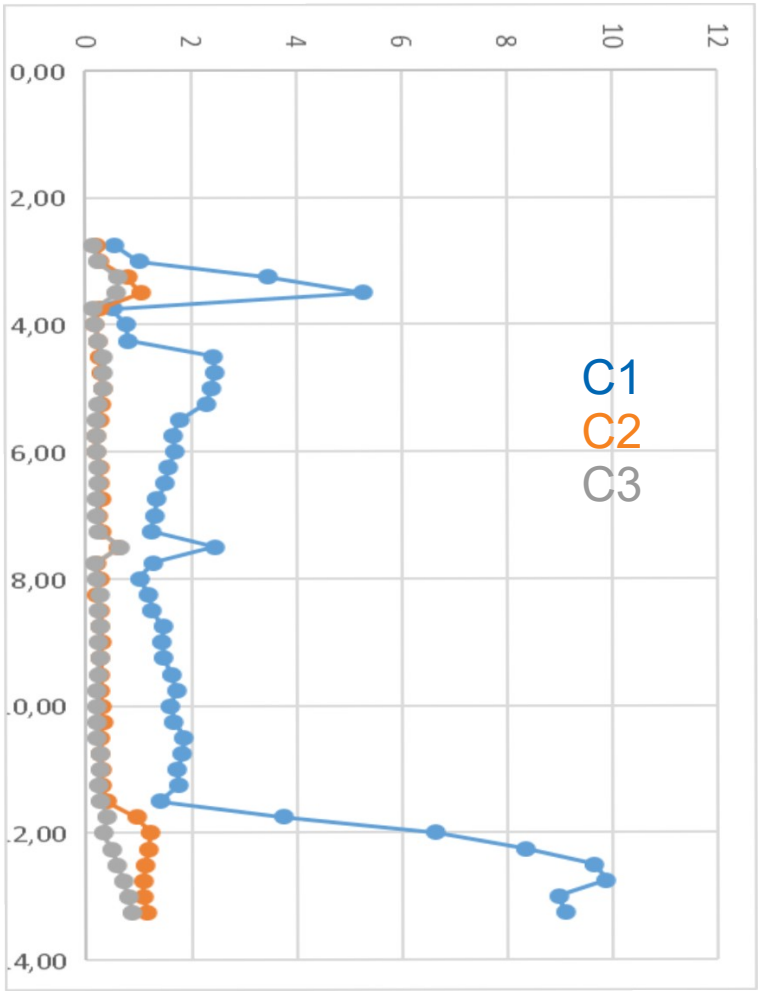
Niveaux vibratoires sur C2 et C3 < 2 mm/s




Zoom autour de 13m00-13m25

Fréquence du vibreur autour de 32 Hz

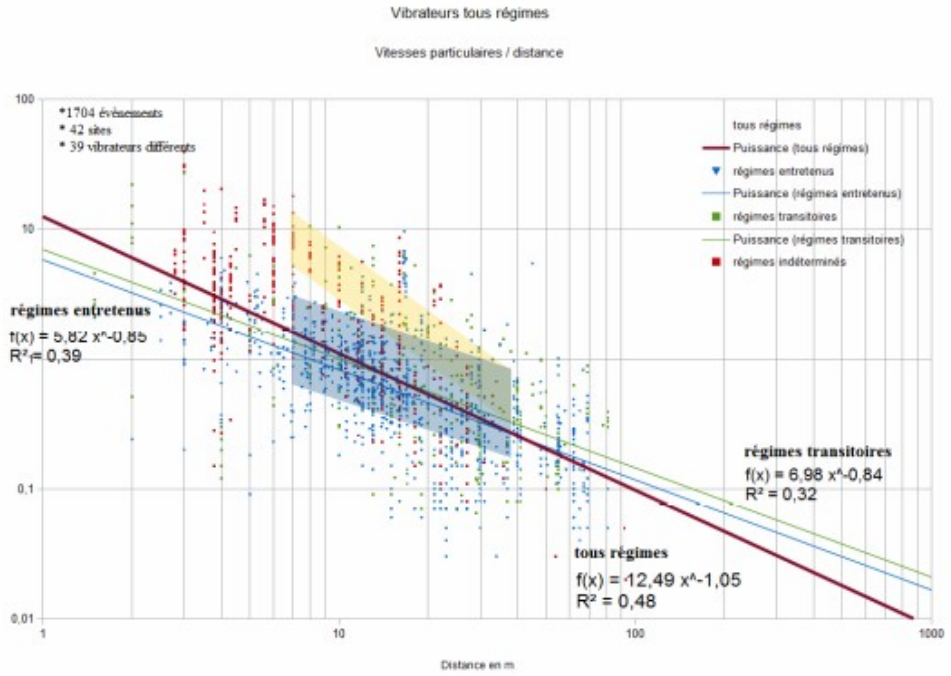
*Évolutions temporelles et spectre sur 10s*



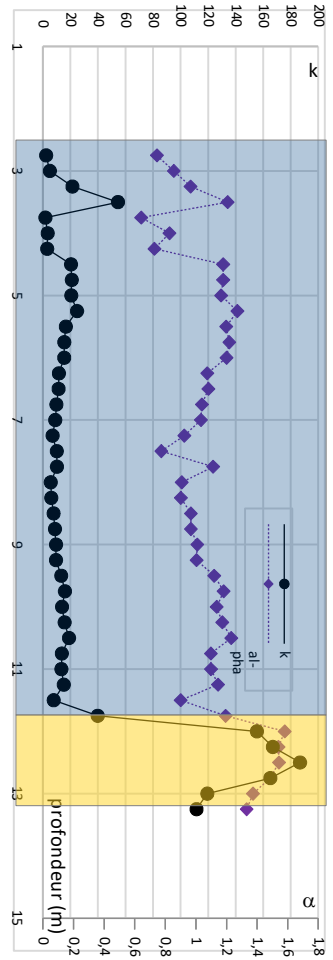
La ligne de capteur permet la détermination des Lois de propagation (Chapot) en :

$$v = kD^{-\alpha}$$

avec :
v, vitesse de vibration en mm/s
D, distance à la source en m
k, fonction de la nature du sol
$\alpha$, atténuation




*Lois de propagation enregistrées lors du vibrofonçage de la palplanche superposées à la base de données du Cerema pour les engins de type vibreurs*




Argiles

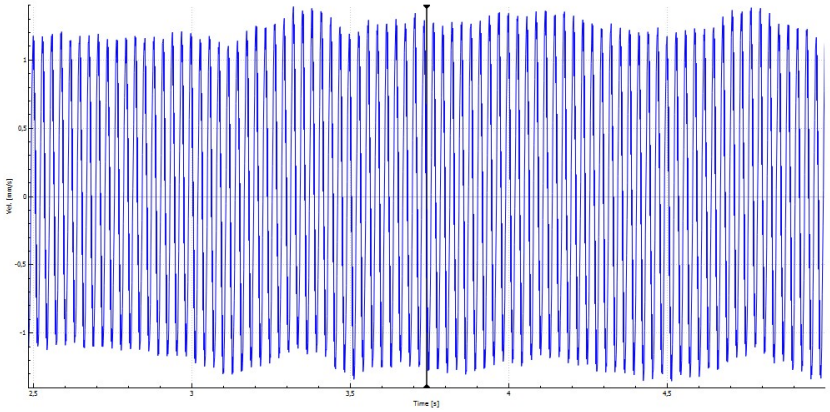
Sables

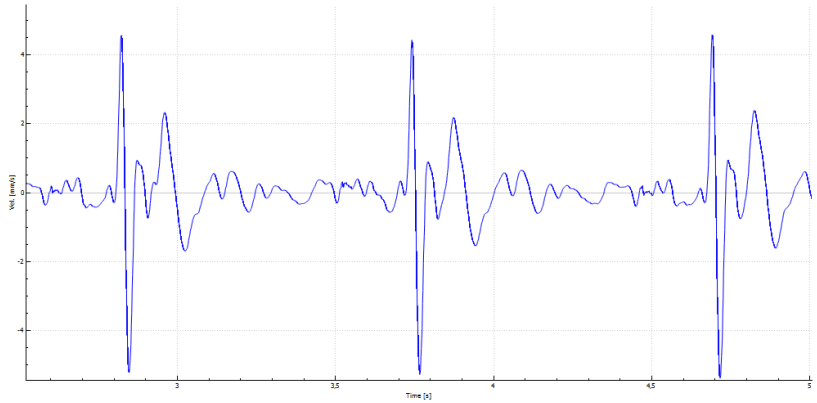
*Paramètres des lois de propagation en fonction de la profondeur*

## Suivi vibratoire :

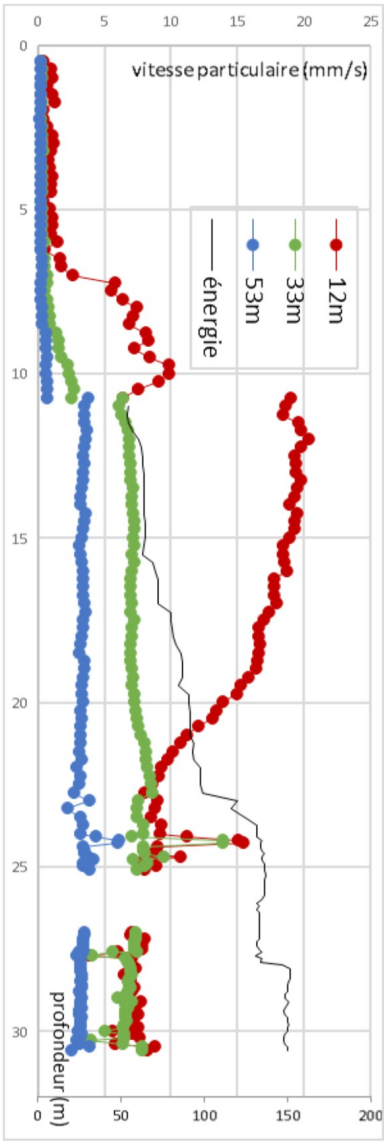
### Fonçage de pieux (tubes) : vibreur et marteau

En phase vibreur, les niveaux sont similaires aux essais palplanches et pour les mêmes profondeurs.

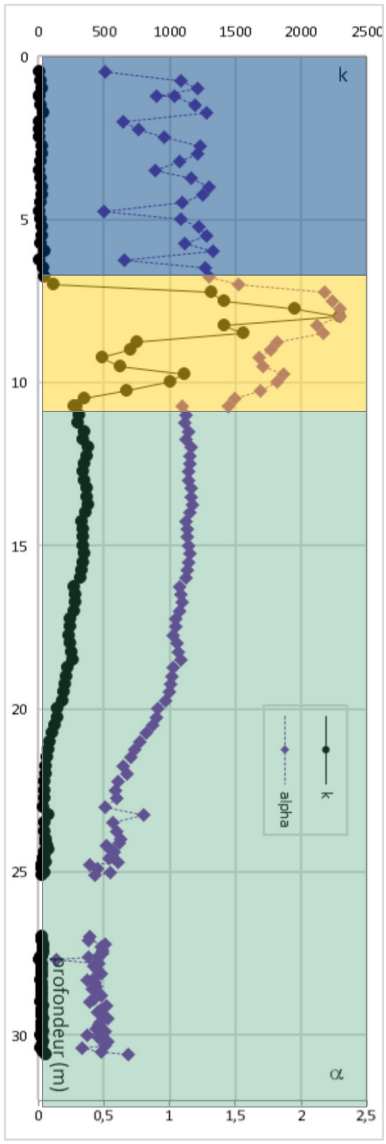




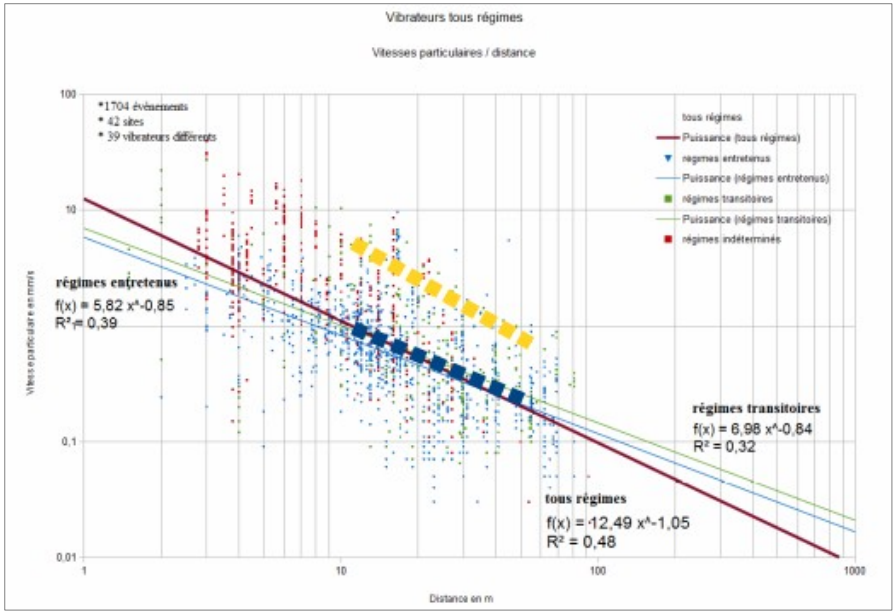
Exemples de signaux en phase vibreur et marteau

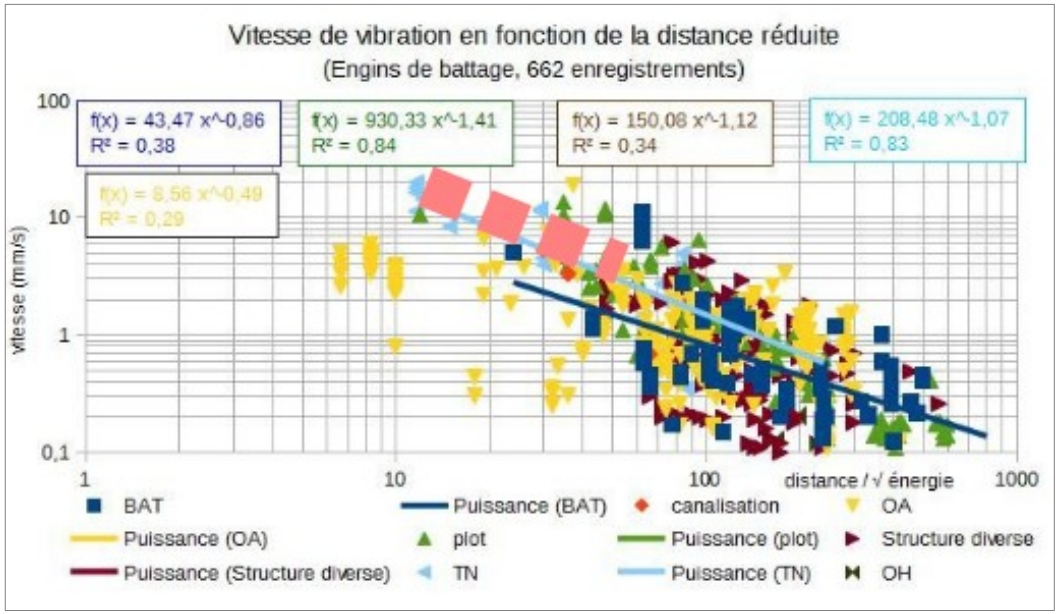



*Vitesses particulaires en fonction de la profondeur lors du vibrofonçage du pieu à 12, 33 et 53 m*




*Paramètres des lois de propagation en fonction de la profondeur*




*Comparaison des lois de propagation avec des extractions de la base de données Cerema*

## Suivi vibratoire

## Porte d'écluse

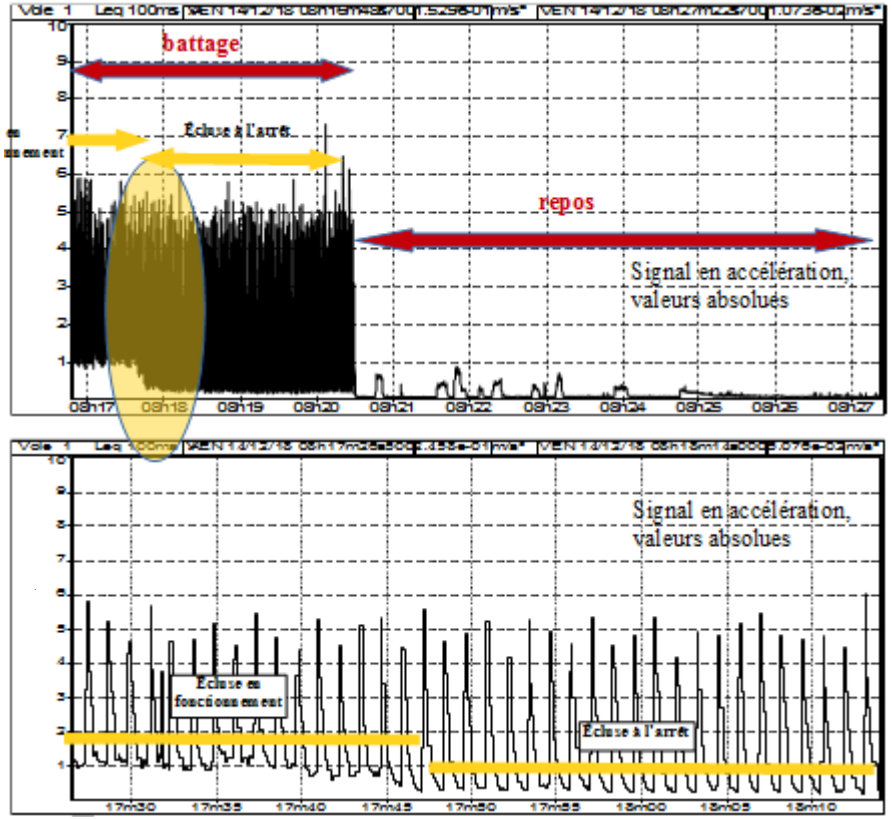
Mesures lors du surbattage des tubes

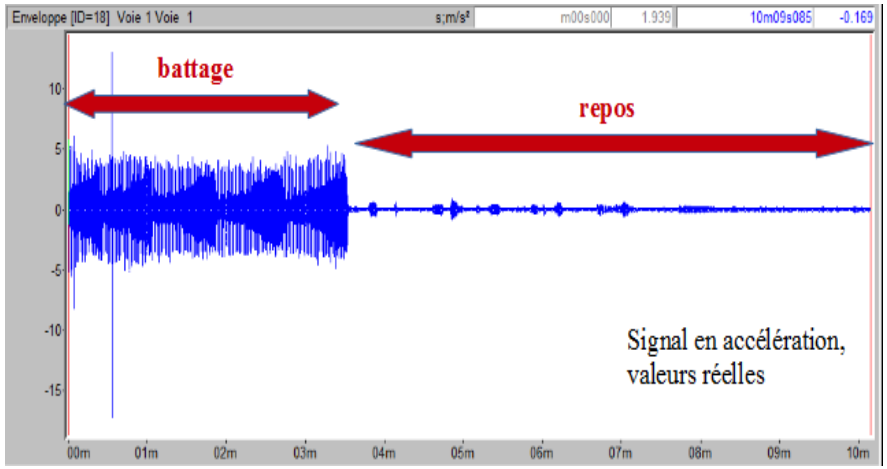
- Accéléromètre mono axe fixé sur le caillebotis de la passerelle solidaire du vantail (problématique d'accès et de fixation sur la porte en elle même)
- Acquisition sous dB4
- Enregistrement sous dBTrig

Les niveaux crête enregistrés varient entre 5 et 7 m/s².

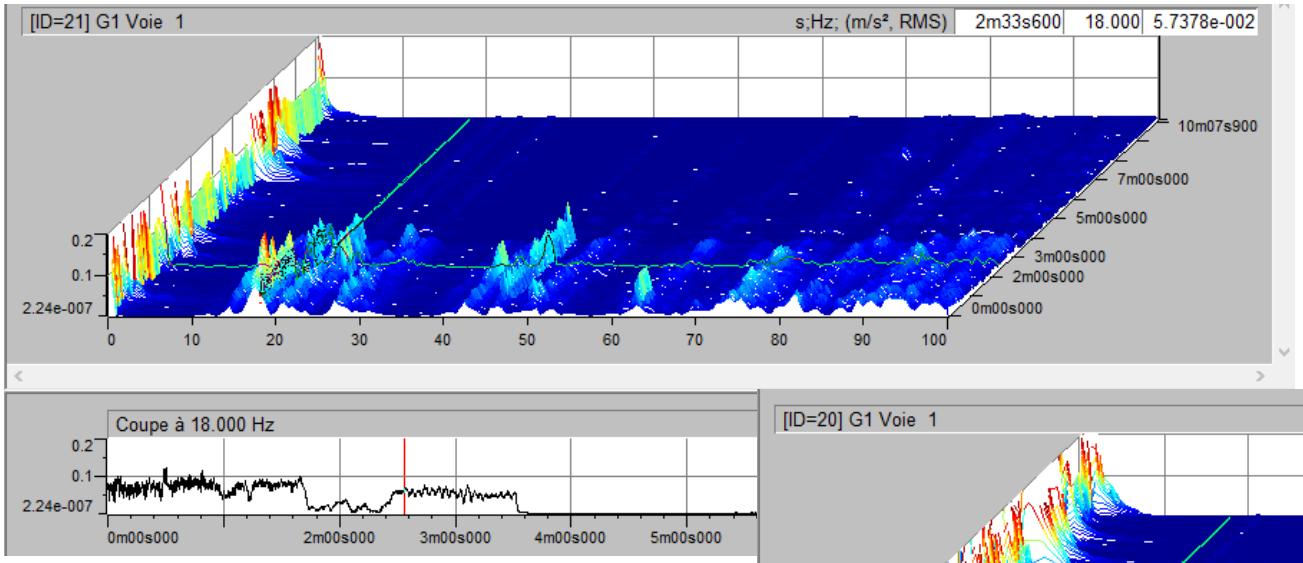
On observe en début de signal un bruit de fond plus élevé. Le bruit de fond est tributaire du fonctionnement de la porte d'écluse.
Les vibrations de fond sont de l'ordre de :

- 0,015 m/s² sans activité,
- 0,05 m/s² en phase de battage,
- 0,15 m/s² en phase battage et fonctionnement de l'écluse

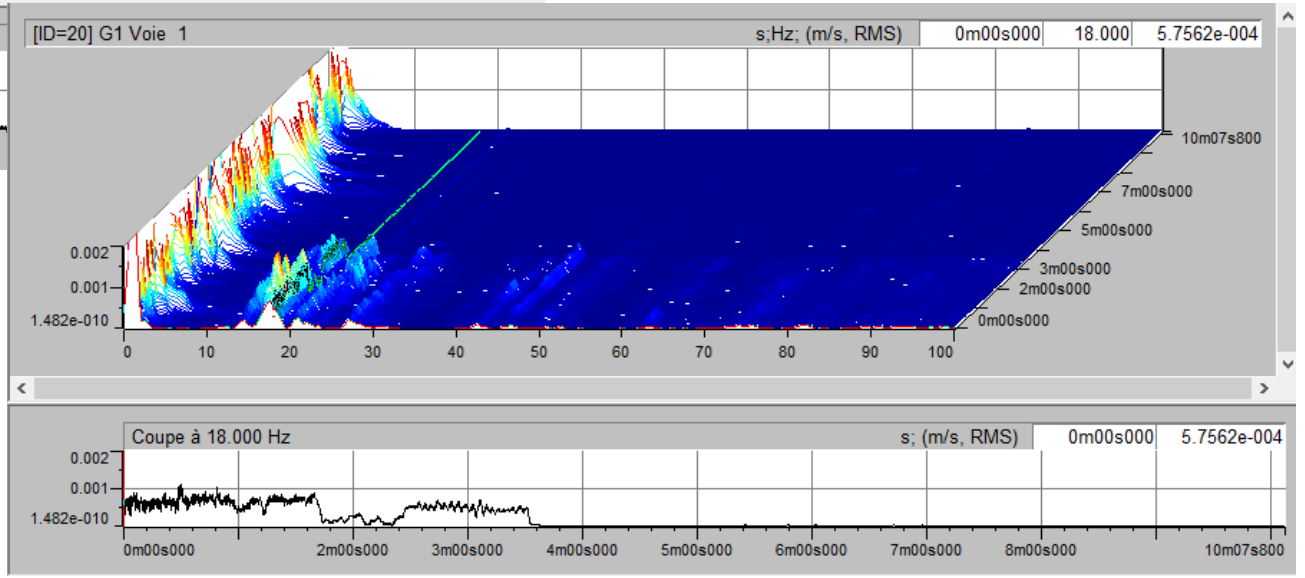


Les enregistrements ont été analysés en accélération et en vitesse.
Les spectres obtenus, montrent une bande de fréquence remarquable de 15 à 21 Hz avec une fréquence dominante à 18 Hz.




*Sonagramme en accélération (m/s²)*




*Sonagramme en vitesse (m/s)*

## Suivi vibratoire

## Analyse des résultats

**Mise en place des palplanches**

Les vitesses particulaires, enregistrés lors du vibrofonçage dans les argiles des Flandres, sont de l'ordre de 2 mm/s à 7m de la source et < 1 mm/s à 25 et 44m.
Dans les sables landéniens, les valeurs atteignent les 10 mm/s à 7m et dépassent le 1 mm/s à 25 et 44m.

Aucune structure n'a été identifiée dans la zone à proximité de la source de vibration (< 44m) avec des seuils susceptibles de dépasser les recommandations de la circulaire de 86.

**Mise en place des tubes (pieux)**

Les vitesses particulaires enregistrées lors du vibrofonçage dans les argiles des Flandres, sont de l'ordre de 2 mm/s à 12m de la source et < 1 mm/s à 33 et 53 m.
Dans les sables landéniens, les valeurs  restent inférieures à 10 mm/s à 12 m.
Les fréquences dominantes du vibreur varient de 34 à 38 Hz.

En phase battage, et à proximité de la source (12m) les vitesses particulaires diminuent avec la profondeur allant de 20 mm/s à des niveaux inférieurs à 8 mm/s.

À 33m de distance de la source, les vitesses particulaires augmentent régulièrement avec la profondeur de fonçage, de 6 à 8 mm/s.
À 53m de la source, les niveaux vibratoires restent relativement stables autour de 4 mm/s.
Les fréquences observées sont sur les plages 1-8 Hz et 8-30 Hz. Cette dernière plage de fréquence est la plus contraignante pour la gêne et doit être retenue pour la définition de seuils.

Le surbattage ne montre pas de vitesses particulaires supérieures au battage, quelque soit la distance à la source.

**Impact sur les portes d'écluse**

Les vibrations enregistrées sur la passerelle du vantail de la porte d'écluse la plus proche de la zone de battage, vont de  5 à 10 m/s², avec des pics pouvant atteindre les 20 m/s² en phase transitoire.
La fréquence dominante observée est de l'ordre de 18 Hz.
L'activation de la porte en phase de battage n'engendre pas de vibrations supplémentaires.

Les risques potentiels sont une rupture par fatigue des soudures et un cisaillement des néoprènes des joints d'étanchéité. Il convient de faire un état des lieux avant travaux.

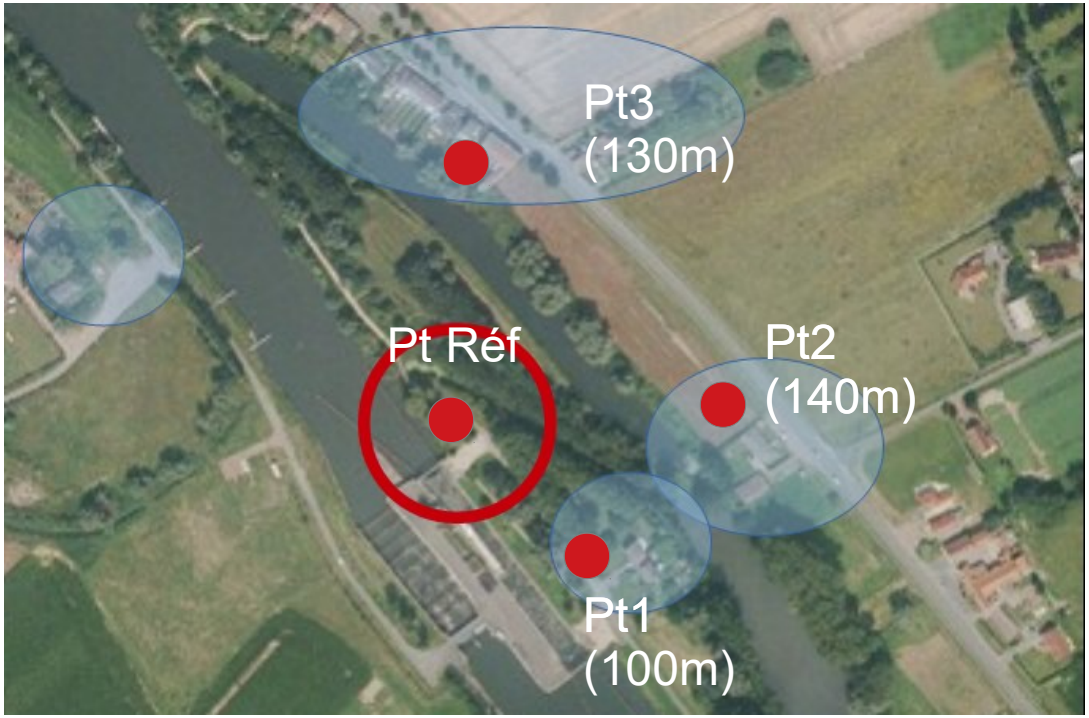
## 3.3 Suivi Acoustique

Objectif :

- suivre l'évolution du bruit en cours de vibrofonçage et battage,
- suivre les évolutions sonores en fonction de la profondeur de fonçage,
- étudier les émergences acoustiques.

1 sonomètre (Duo) est placé sur le lieu de battage. Il permet de caractériser le battage en lui-même :

- l'activité ou non,
- le niveau sonore,
- les spectres fréquentiels.

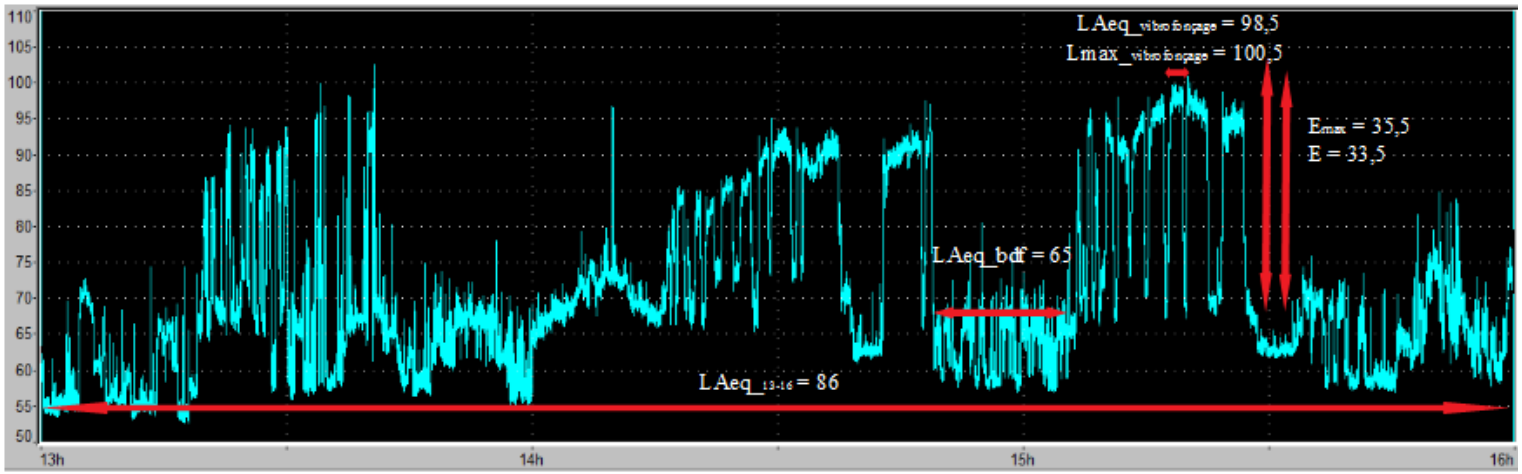



*Vue aérienne du site d'étude avec délimitation de la zone des 40 m et des zones habitées*

3 sonomètres (Duo) répartis sur la zone d'étude (Pt3 ajouté suite à une plainte du riverain lors des essais de vibrofonçage).

## Suivi acoustique

## Vibrofonçage de paires de palplanches




*vibrofonçage de palplanches - Pref*

- Bruit de fond du chantier : 65 dB(A)
- LAmax : 100,5 dB(A)
- $LAeq_{13\text{-}16}$ : 86 dB(A)

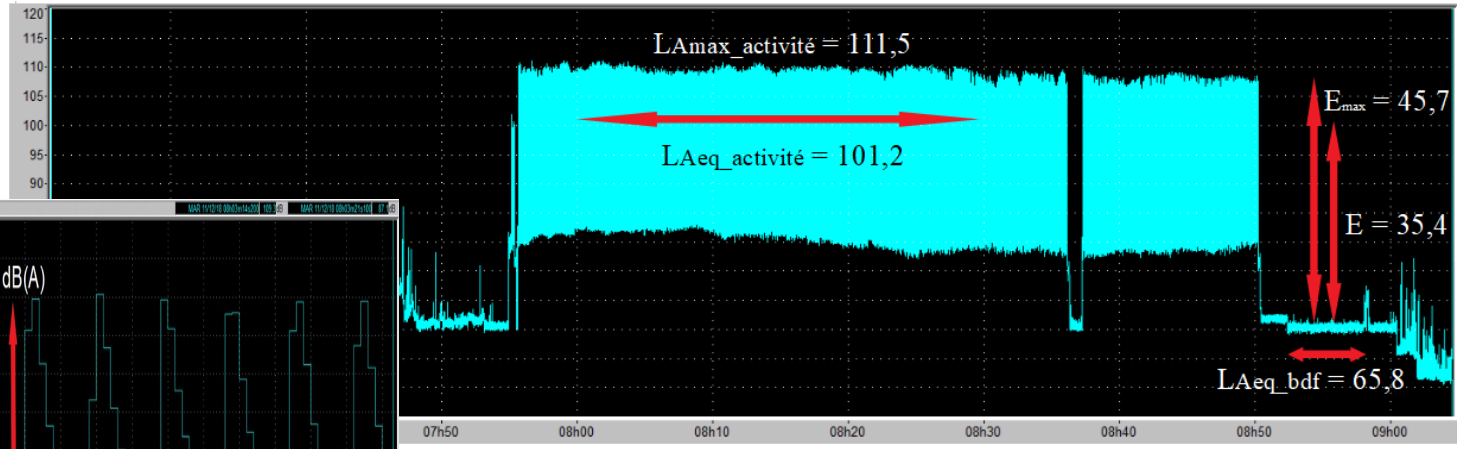
| | 29/11/18 | | | | | 29/11/18 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Vibrofonçage | | Bruit de fond | Émergence | | LAeq |
| | LAeq | Lmax | LAeq | E | Emax | 13h-16h |
| **Pref** | 98,5 | 100,5 | 65 | 33,5 | 35,5 | 86,2 |
| **P1** | 77,8 | 81,3 | 60,2 | 17,6 | 21,1 | 67 |
| **P2** | 82,4 | 88,1 | 66,3 | 16,1 | 21,8 | 71,2 |

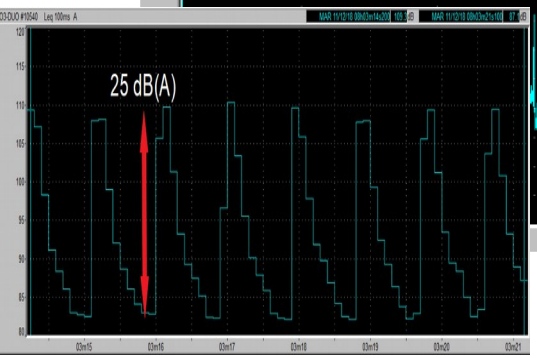
Impact du trafic routier sur le niveau sonore au Pt2

L'analyse spectrale fait ressortir les 1/3 d'octave : 31.5, 63 et 100 Hz (fréquence de vibrofonçage de l'ordre de 32 Hz)

# Suivi acoustique

## Battage des tubes (pieux)




*battage de tubes le 11/12- Pref*

- Bruit de fond du chantier : 65,8 dB(A)
- LAmax : 111,5 dB(A)
- $LAeq_{8h\text{-}8h30}$ : 101,2 dB(A)

| | 13/12/18 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Battage | | Bruit de fond | Émergence | |
| | LAeq | Lmax | LAeq | E | Emax |
| **Pref** | 97,6 | 108,9 | 62,7 | 34,9 | 46,2 |
| **P1** | 79,6 | 89,7 | 57,1 | 22,5 | 32,6 |
| **P2** | 74,1 | 85,8 | 66,6 | 7,5 | 19,2 |
| **P3** | 74,4 | 84,5 | 49,6 | 24,8 | 34,9 |

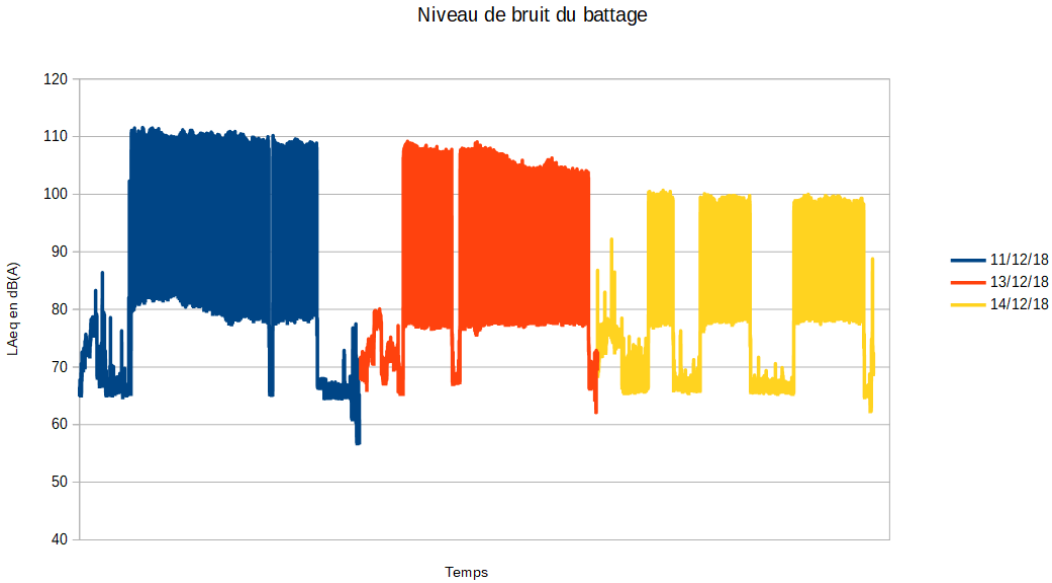
battage

| | 14/12/18 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Battage | | Bruit de fond | Émergence | |
| | LAeq | Lmax | LAeq | E | Emax |
| **Pref** | 90,9 | 100,7 | 66,9 | 24,0 | 33,8 |
| **P1** | 73,7 | 82,5 | 52,2 | 21,5 | 30,3 |
| **P2** | 74,2 | 85,9 | 68,2 | 6 | 17,7 |
| **P3** | 68,2 | 76,2 | 47,4 | 20,8 | 28,8 |

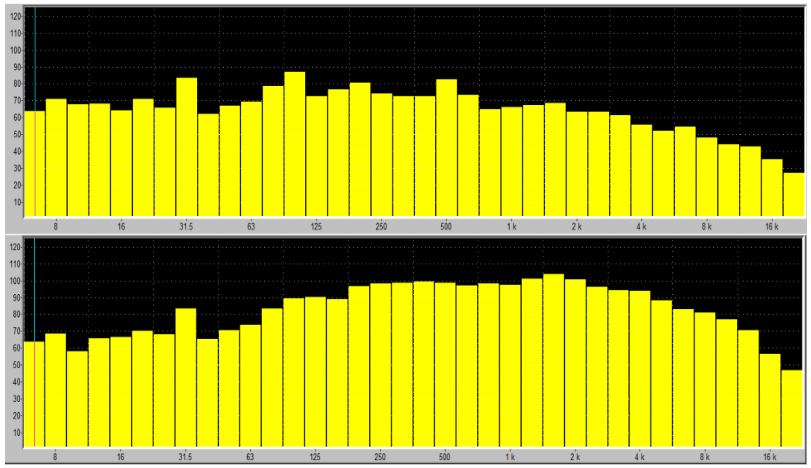
surbattage

Niveaux sonores des 3 phases de battages des 11, 13 et 14 décembre au Pt Réf

=> les niveaux de bruit ont tendance à décroître en fonction de la profondeur du pieu malgré une augmentation de la puissance de frappe.




*Evolution temporelle des niveaux sonores des 11,13 et 14/12/2018 - battage de pieu - Pref*



L'analyse du spectre en tiers d'octave en phase de battage, fait ressortir les bandes de fréquences entre 250 Hz et 10 kHz, avec un maximum à 1600 Hz au moment de l'impact du marteau

## Suivi acoustique

## Analyse des résultats

**Mise en place des palplanches**

Le vibrofonçage de pieux ou de palplanches émet des niveaux de bruit à proximité d'environ 100 dB(A). Les fréquences excitées sont plutôt dans les graves, ce qui est habituellement moins gênant pour les riverains. Les plages de vibrofonçage durent plusieurs minutes, pendant lesquelles le bruit est constant. L'oreille humaine est capable de s'habituer aux bruits constants afin d'en réduire la nuisance.

**Mise en place des tubes (pieux)**

Le battage émet des niveaux de bruit à proximité d'environ 110 dB(A) au moment de l'impact. C'est 10 dB(A) de plus que le vibrofonçage, ce qui correspond à la sensation d'un bruit deux fois plus fort. Les fréquences excitées sont plutôt dans les aigus, cela traduit un bruit plus « perçant », plus agressif pour l'oreille. Le côté impulsionnel du battage est également un facteur de gêne supplémentaire, malgré un battage régulier (1 Hz).

Les mesures montrent une décroissance des niveaux sonores en fonction de la profondeur du pieu. Il n'y a pas d'effet négatif du surbattage.

# IIII. Proposition pour la suite du projet : préconisations

## Vibration

- Le maître d'ouvrage doit initier une procédure de **référé préventif**, article 145 du Code de procédure civile. Ce référé permet d'avoir un état des lieux avant travaux et de pouvoir mieux juger des désordres issus du chantier ou non après travaux.

Cette expertise peut être initiée de préférence par le Moa mais également par une ordonnance des juges des référés. L'expertise peut reprendre :

- un constat précis des vibrations,
- l'identification des sources de vibrations,
- La définition de seuils (non réglementaires) pour la gêne,
- la mise en place d'un monitoring sur le chantier,
- la gestion des plages horaires de chantier,
- le choix des dispositions constructives,
- la qualification des matériels du chantier.

- La gêne aux riverains doit être évaluée par des mesures chez l'habitant.

- La circulaire 86 du 23 juillet 1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) fait office de référence pour les préconisations à prendre sur le risque structurel.

- Les lois de propagations obtenues lors des essais permettent de déterminer les distances auxquelles il convient de ne pas dépasser les seuils prédéfinis, en cas de présence d'habitation.

## Acoustique

- Mesures, monitoring, gestion des plages horaires, communication, ligne téléphonique de doléance, …

- La Moa peut également proposer d'utiliser des indicateurs plus en adéquation à la gêne ressentie par les riverains qu'un simple LAeq (variabilité du son, impulsivité, dépassements de seuils, fréquences).

Le bruit est une nuisance très subjective.

- Afin d'éviter les plaintes de riverains en phase chantier, une bonne communication est un enjeu majeur.
Communiquer auprès des riverains et de la mairie sur le projet et son intérêt, sur les dates de chantier, les différentes phases, les horaires de travail.
Organiser une ou deux visites publiques du chantier.

# Je vous remercie de votre attention.

Geoffrey POT, Cerema Nord-Picardie
geoffrey.pot@cerema.fr
03 20 48 49 93