



JOURNEES
TECHNIQUES
ACOUSTIQUE
ET VIBRATIONS



CREUSEMENT A L'EXPLOSIF DU TUNNEL DE CHABRIERES (04)

Suivi et maîtrise des vibrations

Yohan PERU – Thierry PANIGONI



Centre d'Etudes des Tunneliers



Ifsttar – Nantes 4 & 5 juin 2015



SOMMAIRE

1. CADRE DE L'ETUDE
2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE
3. CARACTERISTIQUES DES TIRS ET DISPOSITIF D'AUSCULTATION
4. PHASE TRAVAUX – SUIVI ET EXPLOITATION DES MESURES
5. CONCLUSION

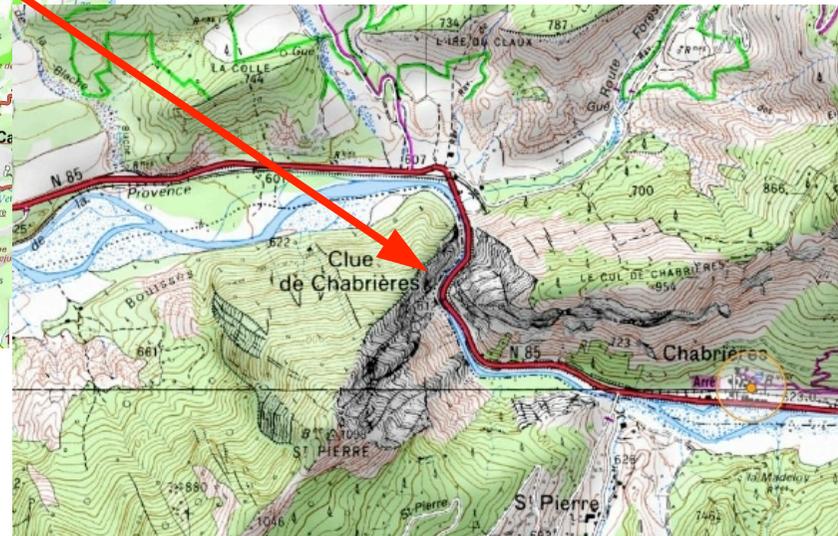
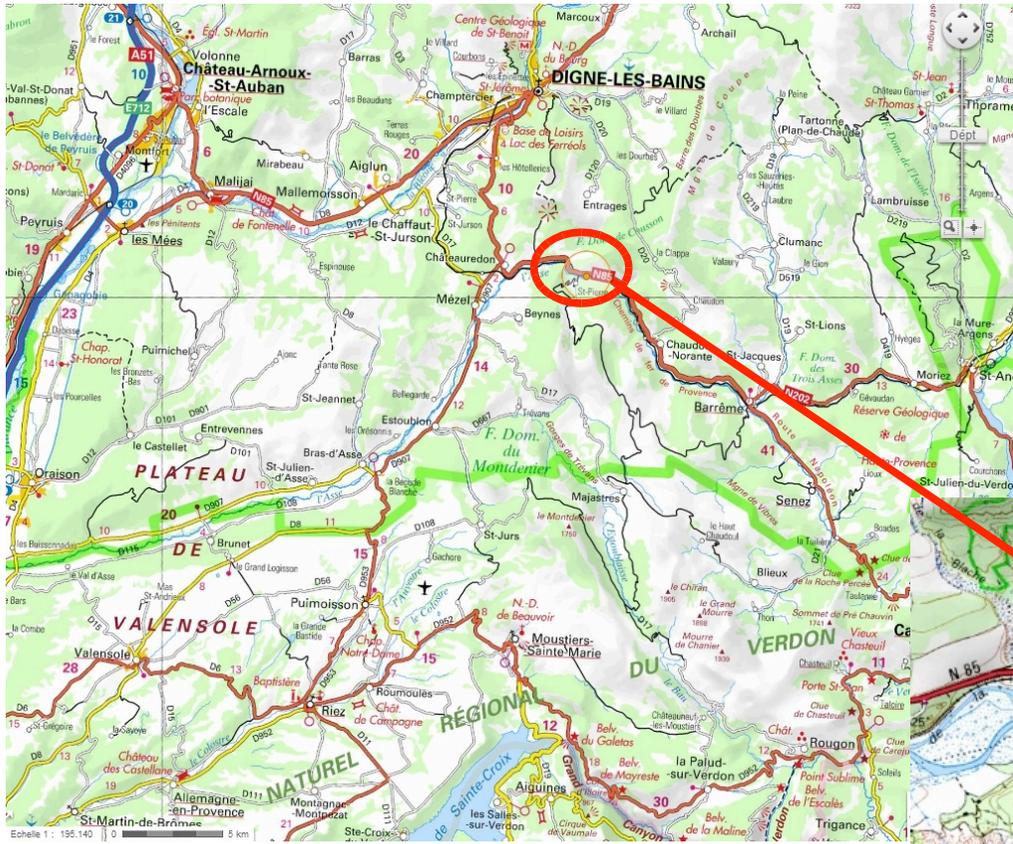
1. CADRE DE L'ETUDE

LOCALISATION

- - - -

PRESENTATION DU SITE

1.1 LOCALISATION



Données :

- . Tunnel de Chabrières (Dépt. 04)
- . RN 85 – entre Digne-les-bains et Nice
- . Longueur = 176,3 m dont 166 m creusés
- . Mono-tube avec 2 voies de circulation

1.2 PRESENTATION DU SITE

Vue aérienne du site



Tête Nord



Tête Sud

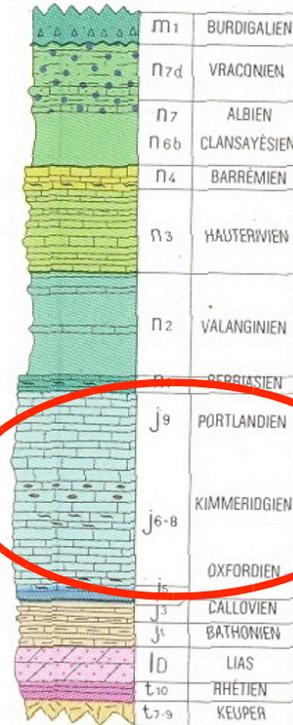
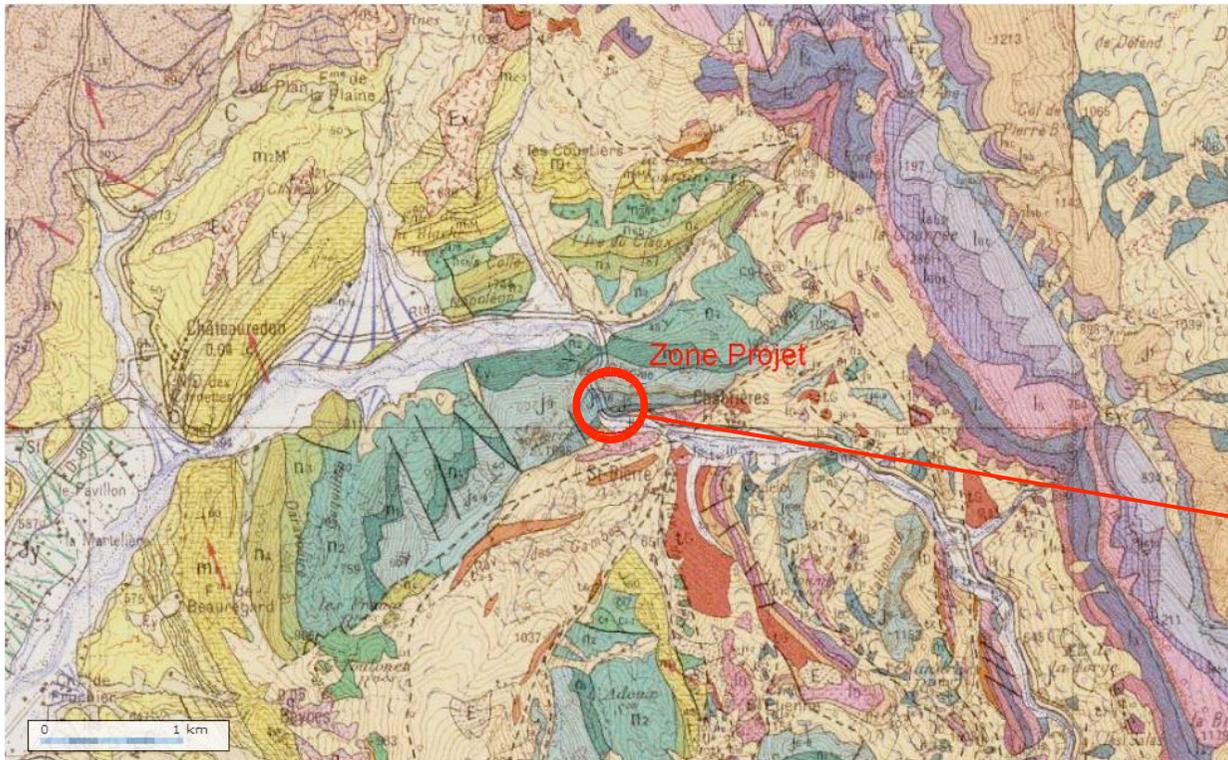
2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

GEOLOGIE DU SITE

- - - -

SYNTHESE ET PROFIL EN LONG
GEOTECHNIQUE

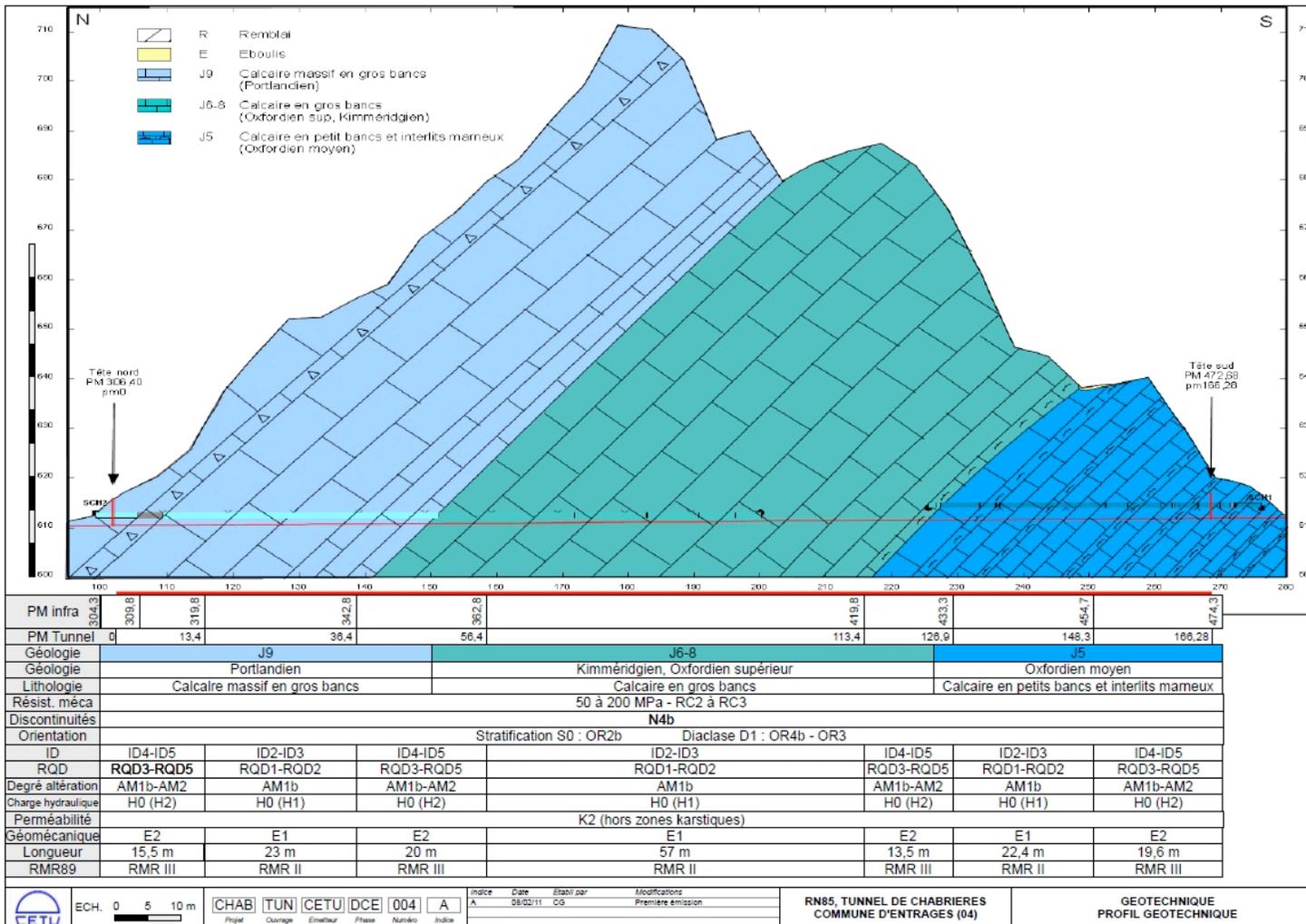
2.1 GEOLOGIE DU SITE



Faciès lithologiques rencontrés en tunnel :

- . Calcaires à joints marneux de l'Oxfordien (J_5)
- . Calcaires en gros bancs de l'Oxfordien – Kimméridgien (J_{6-8})
- . Calcaires massifs en gros bancs du Portlandien – Tithonien (J_9)

2.2 SYNTHÈSE ET PROFIL EN LONG GEOTECHNIQUE



→ Caractérisation des sous-ensembles géomécaniques

3. TIRS ET AUSCULTATIONS

CARACTERISTIQUES DES TIRS

- - - -

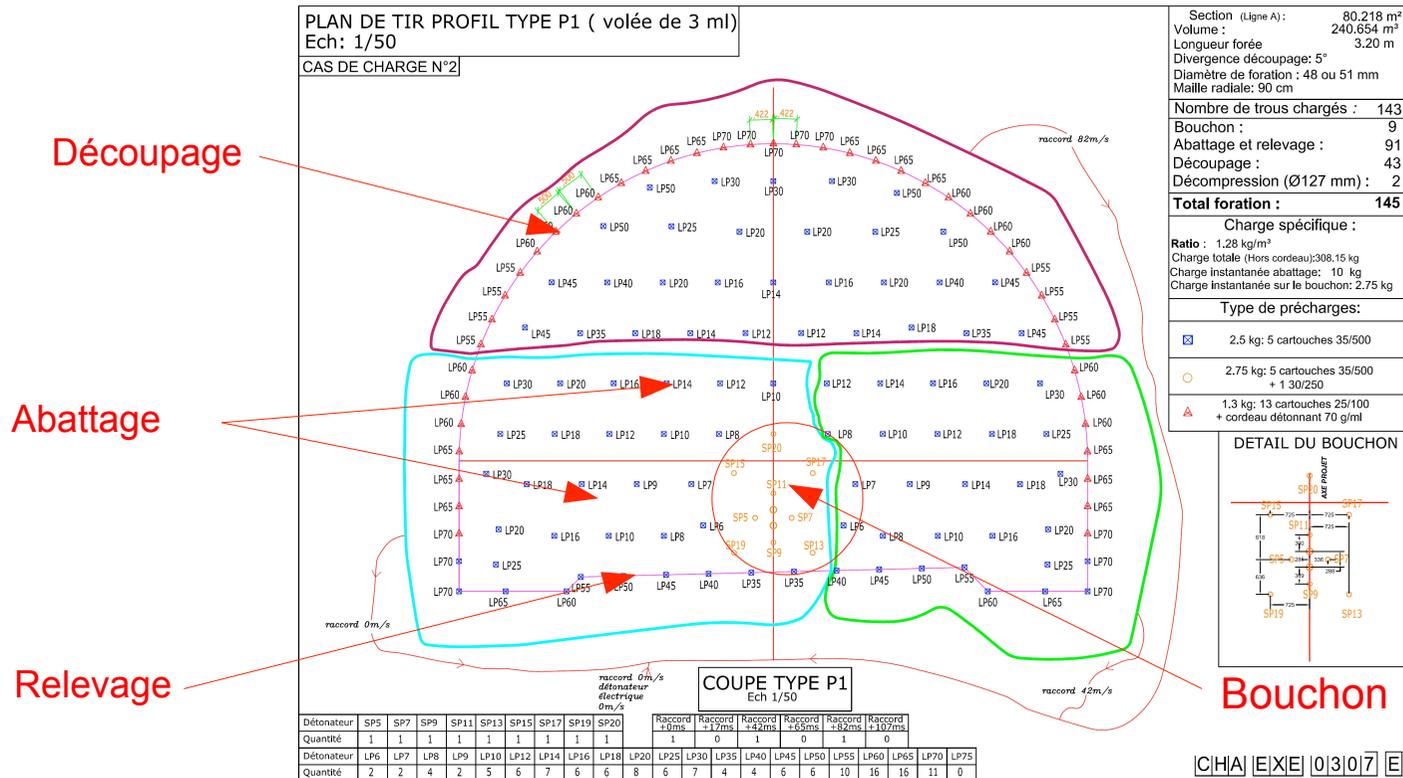
DISPOSITIF D'AUSCULTATION

- - - -

SEUILS CONTRACTUELS

3.1 CARACTERISTIQUES DES TIRS

- Tirs réalisés en pleine section (63 tirs)
- Longueurs des volées de 1,0 à 4,2 m
- Section excavée = 77 à 84 m² (3 profils types)
- 11 plans de tirs utilisés
- Explosif = dynamite encartouchée (140 à 407,5 kg / volée)



3.2 DISPOSITIF D'AUSCULTATION

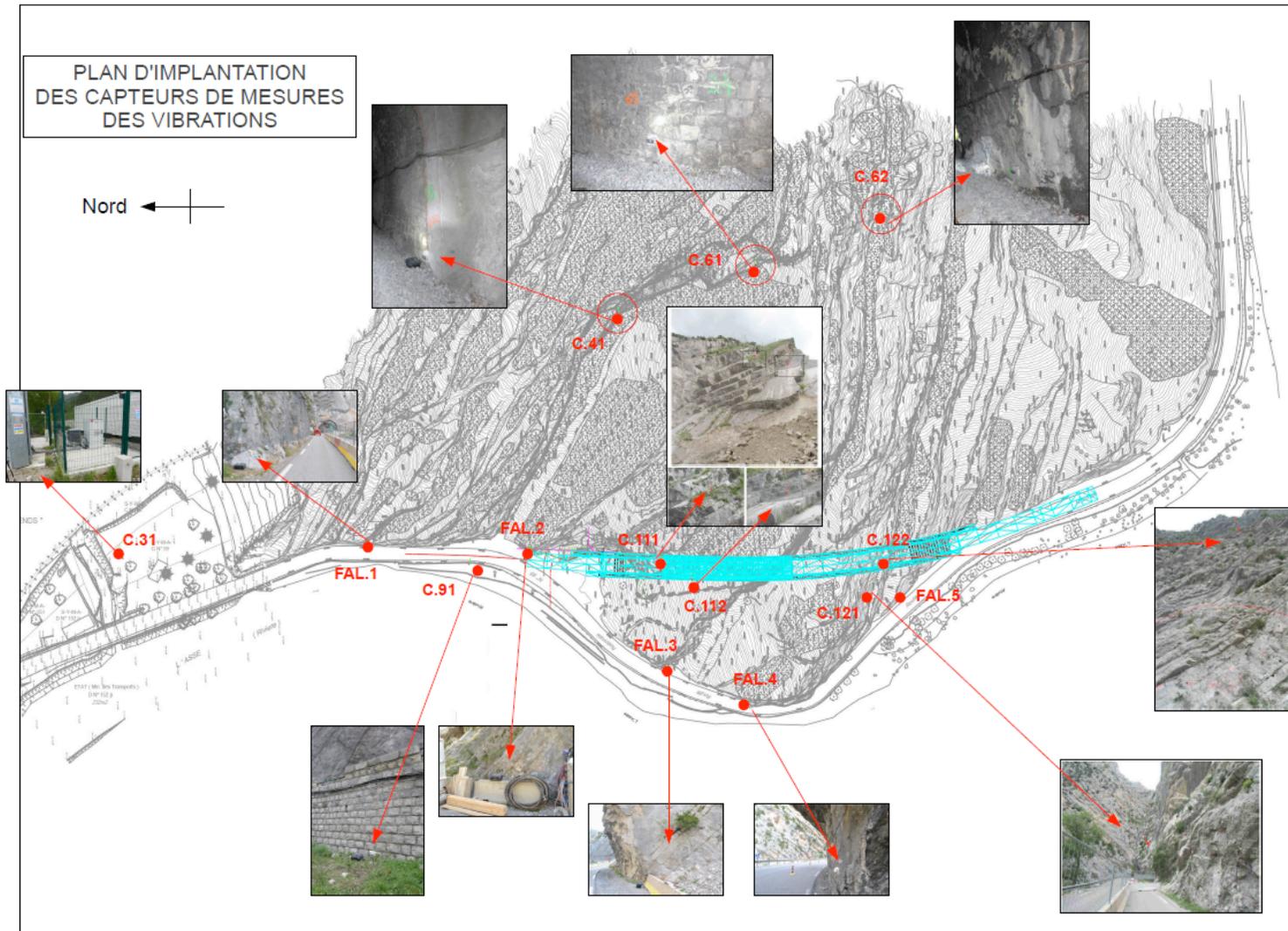
Le dispositif d'auscultation du marché comprend 9 capteurs (entreprise – contrôle externe) :

- 4 en tête nord
 - . mur de soutènement RN85 ;
 - . pylône de téléphonie ;
 - . 2 en falaise à proximité des filets de protection contre les chutes de bloc ;
- 3 dans le tunnel ferroviaire ;
- 2 en tête sud, en falaise à proximité des filets de protection.

Dispositif complété par 5 capteurs du CETU :

- 2 en tête nord ;
- 2 dans la clue ;
- 1 en tête sud (à partir du tir 39)

3.2 DISPOSITIF D'AUSCULTATION - IMPLANTATION



3.3 SEUILS CONTACTUELS

<u>Avoisinant concerné</u>	Seuil conseillé (alerte) - en mm/s	Seuil absolu (arrêt) en mm/s
Pylône de téléphonie	. 5 mm/s $f < 30$ Hz . 10 mm/s toutes fréquences confondues	. 8 mm/s $f < 30$ Hz . 15 mm/s toutes fréquences confondues
Tunnel ferroviaire Chemins de Fer de Provence	. 5 mm/s $f < 30$ Hz . 10 mm/s toutes fréquences confondues	. 8 mm/s $f < 30$ Hz . 15 mm/s toutes fréquences confondues
Falaises et protections contre les chutes de blocs	. 10 mm/s $f < 50$ Hz ** . 20 mm/s toutes fréquences confondues	. 15 mm/s $f < 50$ Hz * . 30 mm/s toutes fréquences confondues
Mur de soutènement aval de la RN85, avant la tête Nord	. 10 mm/s $f < 50$ Hz . 20 mm/s toutes fréquences confondues	. 15 mm/s $f < 50$ Hz . 30 mm/s toutes fréquences confondues

Tableau des seuils contractuels définis au marché

4. PHASE TRAVAUX : SUIVI ET EXPLOITATION DES MESURES

SUIVI DES MESURES A CHAQUE VOLEE

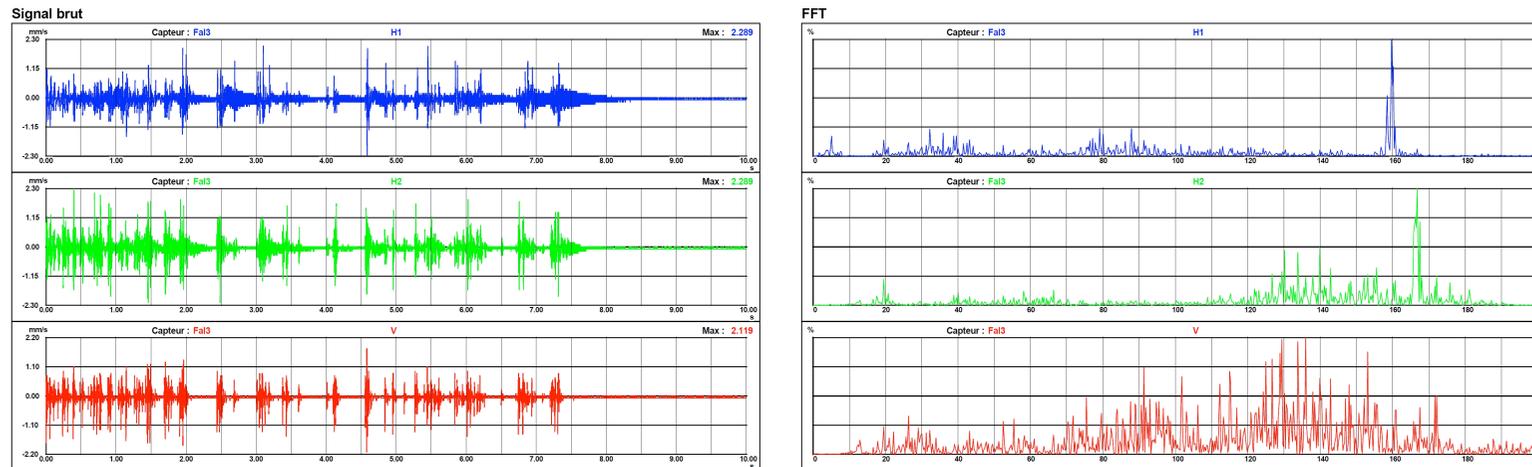
EXPLOITATION – LOI D'AMORTISSEMENT

**EXPLOITATION – PROPAGATION
DES VIBRATIONS DANS LE MASSIF**

4.1 Mesures

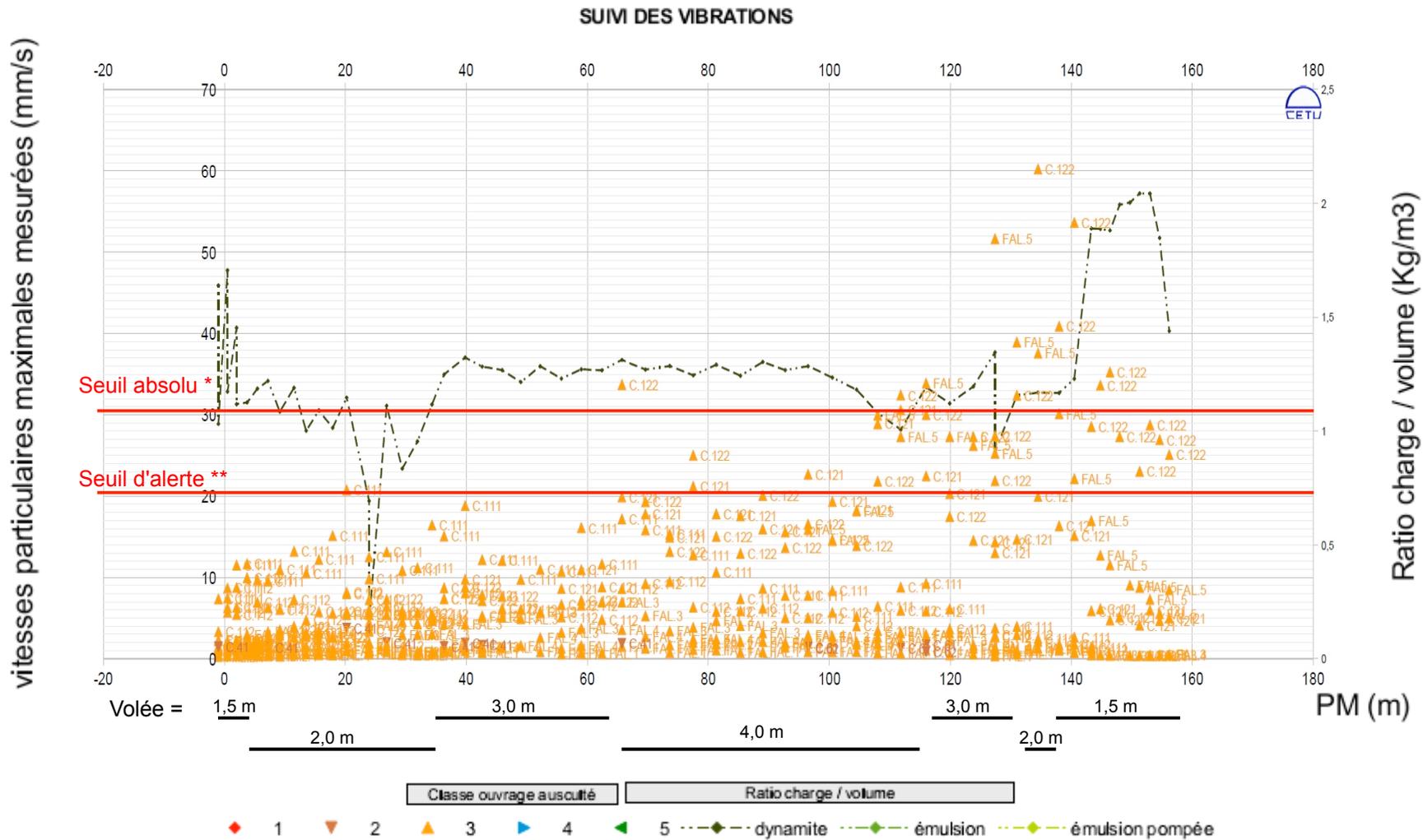
Pour chaque tir, il est donné pour chaque capteur et pour chacune des directions (longitudinale H1, transversale H2 et verticale V) :

- la vitesse maximale (en mm/s) ;
- la vitesse maximale filtrée (en mm/s) pour les gammes de fréquences comprises entre 1-30 Hz ou 1-50 Hz ;
- la fréquence principale (en Hz).



Exemple de trace temps et de sa transformée de Fourier (FFT)

4.2 SUIVI DES MESURES



4.3 EXPLOITATION – LOI D'AMORTISSEMENT

$$V = K \left(\frac{D}{Q^{1/2}} \right)^{-\alpha}$$

avec :

V = vitesse particulaire (mm/s)

K = coefficient de site

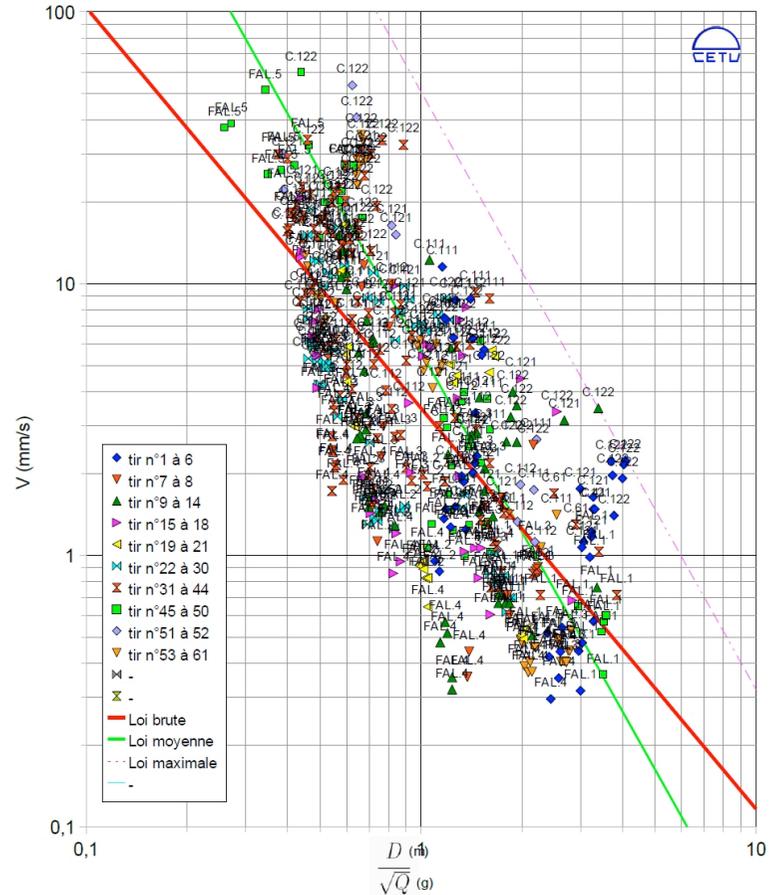
D = distance tir-captteur (m)

Q = quantité d'explosif par n°

d'amorçage (g)

α = pente de la droite de régression log-log

log-log



Équations des droites	Loi brute	Loi moyenne	Loi maximale
$V = K \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-\alpha}$	$V = 3,5 \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,5}$	$V = 5,6 \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-2,2}$	$V = 50,8 \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-2,2}$
Coefficient de corrélation = 0,532			

CONCLUSION

Le suivi et l'exploitation des mesures ont montré :

- une grande disparité de transmission des vibrations au sein du massif rocheux ;
- une transmission globale moyenne (valeur de K de l'ordre de 5 à 6) ;
- une transmission forte dans l'axe du creusement ;
- des fréquences moyennes à élevées, voire très élevées, une majorité des fréquences comprises entre 60 et 160 Hz ;
- des vitesses filtrées (< 50 Hz) inférieures à 10 mm/s (seuil de travail – vitesse filtrée) et inférieures à 15 mm/s (seuil absolu – vitesse filtrée) pour les capteurs au rocher (falaises et à proximité des dispositifs de protection) ;
- des déplacements relativement faibles, inférieurs à 90 microns sur la fréquence principale, avec une majorité des déplacements compris entre 5 et 15 microns ;
- **des avoisinants préservés ;**
- **un pilotage du creusement par la géologie et la maîtrise des vibrations.**

Merci de votre attention

CENTRE D'ETUDES DES TUNNELS
Pôle Géologie, Géotechnique et Dimensionnement
25 avenue François Mitterrand – Case n°1
69674 BRON cedex

Yohan.peru@developpement-durable.gouv.fr
Thierry.panigoni@developpement-durable.gouv.fr

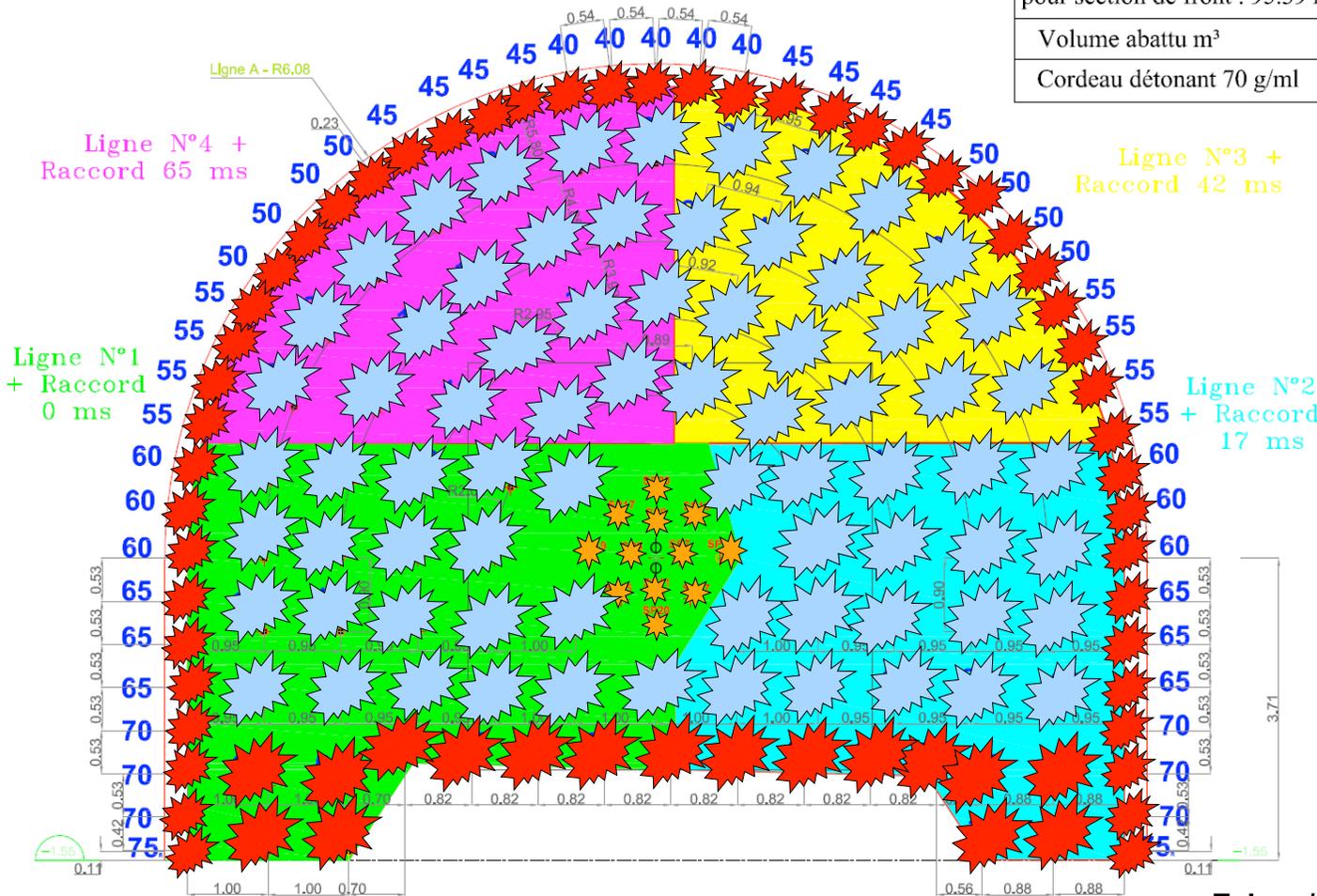


PLAN DE TIR - Implantation des détonateurs

N° de retard	Nb de retards	Intervalle de temps
SP3 à SP20 <small>De 75 à 500 ms</small>	18	25 ms
LP6 à LP12 <small>De 500 à 1000 ms</small>	7	100 ms
LP14 à LP20 <small>De 1400 à 2000 ms</small>	4	200 ms
LP25 à LP75 <small>De 2500 à 7500 ms</small>	11	500 ms

SP : Short Périod LG : Long Périod

Longueur de Foration	2.50 m	3.00 m	3.50 m
Quantité totale d'explosif	354.94 kg	491.60 kg	589.97 kg
Bouchon	lg 2.15m: 3.89 kg	lg 2.65m: 4.80 kg	lg 3.15m: 5.70 kg
Abattage	lg 1.70m: 3.08 kg	lg 2.20m: 3.98 kg	lg 2.70m: 4.89 kg
Découpage	lg 0.65m: 1.18 kg	lg 0.70m: 1.27 kg	lg 0.75m: 1.36 kg
Relevage	lg 2.00m: 3.62 kg	lg 2.50m: 4.53 kg	lg 3.00m: 5.43 kg
Charge spécifique Kg/m ³ pour section de front : 95.39 m ²	1.65 kg/m ³	1.72 kg/m ³	1.77 kg/m ³
Volume abattu m ³	238.48 m ³	286.17 m ³	333.87 m ³
Cordeau détonant 70 g/ml	env. 113 m	env. 137 m	env. 160 m



4 lignes de tir

Les quantités par mine sont calculées en prenant la densité de l'émulsion égale à 1.00

Diamètre de foration : 48 mm (1,81 kg/ml d'émulsion)

Divergence des forages (détourage et relevage) : 7°00

Nombre de trous chargés :

Bouchon	12
Abattage :	77
Découpage :	47
Relevage . :	15
Total :	151

Trous de décharge : 2 u. D127 mm

Lignes :

Ligne N°1 Raccord 0ms
 Ligne N°2 Raccord 17ms
 Ligne N°3 Raccord 42ms
 Ligne N°4 Raccord 65ms

Détonateurs NONEL
 Amorçage par détonateur HI

Ech. : /..

PAGE 4/4