



18 NOV. 2022



# ANALYSE ET MODÉLISATION DE L'ATTÉNUATION DES VIBRATIONS DÛE AU PRÉDÉCOUPAGE

SEEQ 2022, QUÉBEC, QC

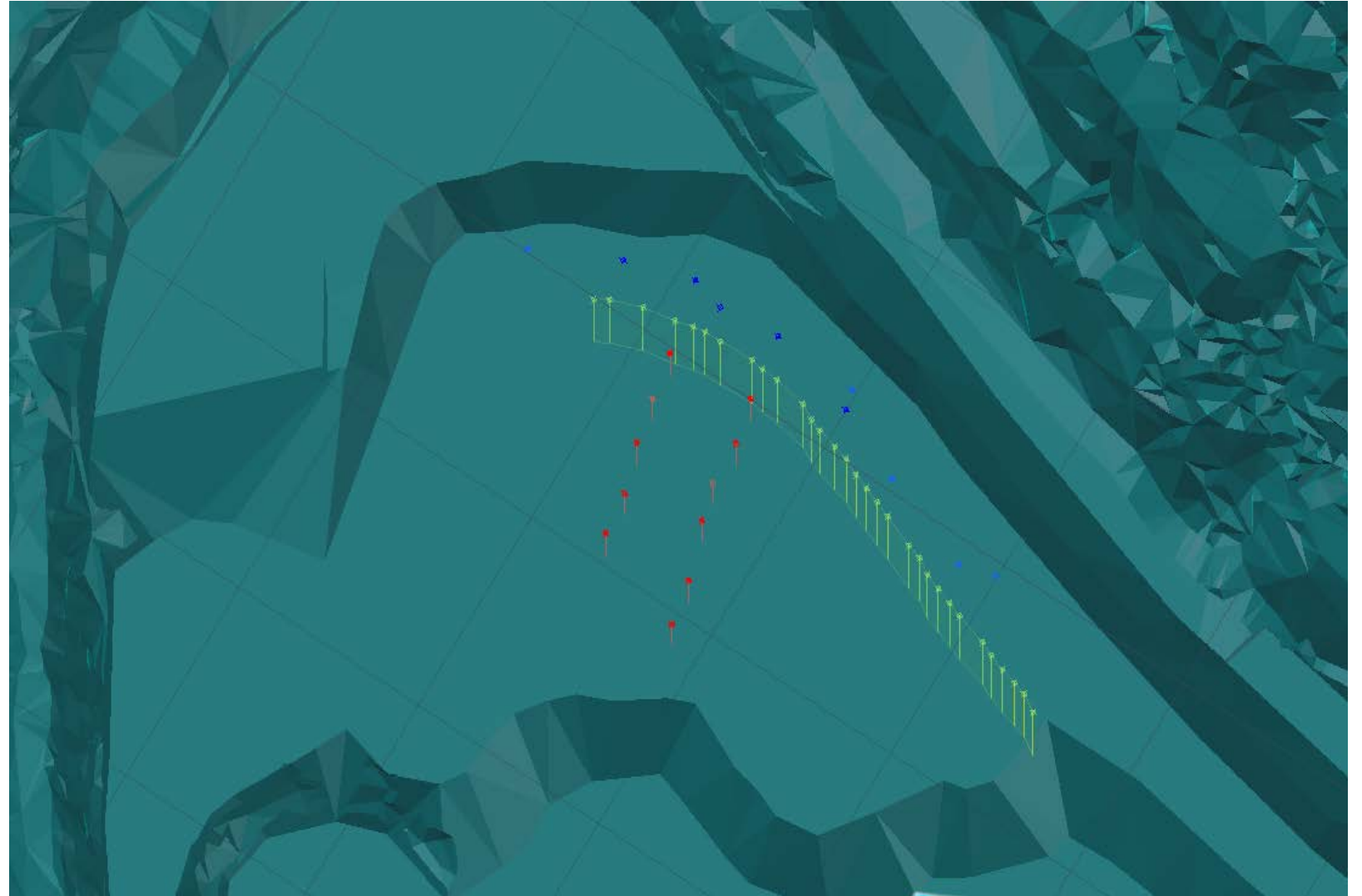
RÉMI PROULX, NORM PATTERSON ET RUILIN YANG

# Table des matières

- Objectifs du projet d'atténuation des vibrations
- Survol de la modélisation des ondes sismiques à points multiples (MSW) et du traitement sur le terrain
- Analyse des données et modélisation de scénarios
- Conclusions et recommandations

# Objectifs du projet

- Mesure de l'efficacité du filtre de prédécoupage.



# Objectifs du projet

- Évaluation des niveaux de vibrations au pied de la paroi
- Mise au point de la modélisation des ondes sismiques à points multiples (MSW) pour nous permettre d'évaluer des scénarios de conception.



# Travaux effectués précédemment

- Présentation d'une nouvelle technique de mesure du filtre de prédécoupage au moyen de la méthode par trou signature en 2019 et volonté de recueillir des données de confirmation.
- Exécution d'une modélisation de la fragmentation (MBF) à l'aide de la modélisation des ondes sismiques à points multiples (MSW) pour améliorer la récupération du minerai.

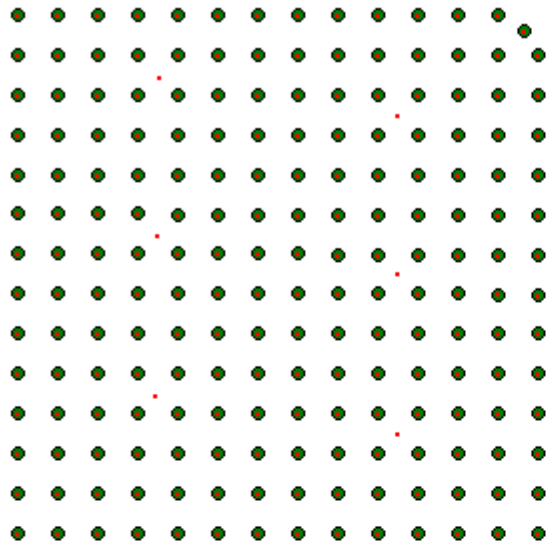
# Table des matières

- Objectifs du projet d'atténuation des vibrations
- Survol de la modélisation des ondes sismiques à points multiples (MSW) et du traitement sur le terrain
- Analyse des données et modélisation de scénarios
- Conclusions et recommandations

# Survol de la modélisation des ondes sismiques à points multiples (MSW)

- 1) Fait appel aux vibrations produites par le sautage de trous signatures en champ proche:
  - Pour un domaine géologique donné :
    - Capture de tous les paramètres du modèle de sautage
    - Calcul des propriétés de la roche à partir des vitesses soniques
    - Production de courbes d'atténuation des vibrations
- 2) Les paramètres de modélisation sont calibrés par rapport à :
  - Niveaux réels de vibration d'un sautage de production
- 3) Le modèle de vibration calibré sert de base à la comparaison de différents scénarios de conception.

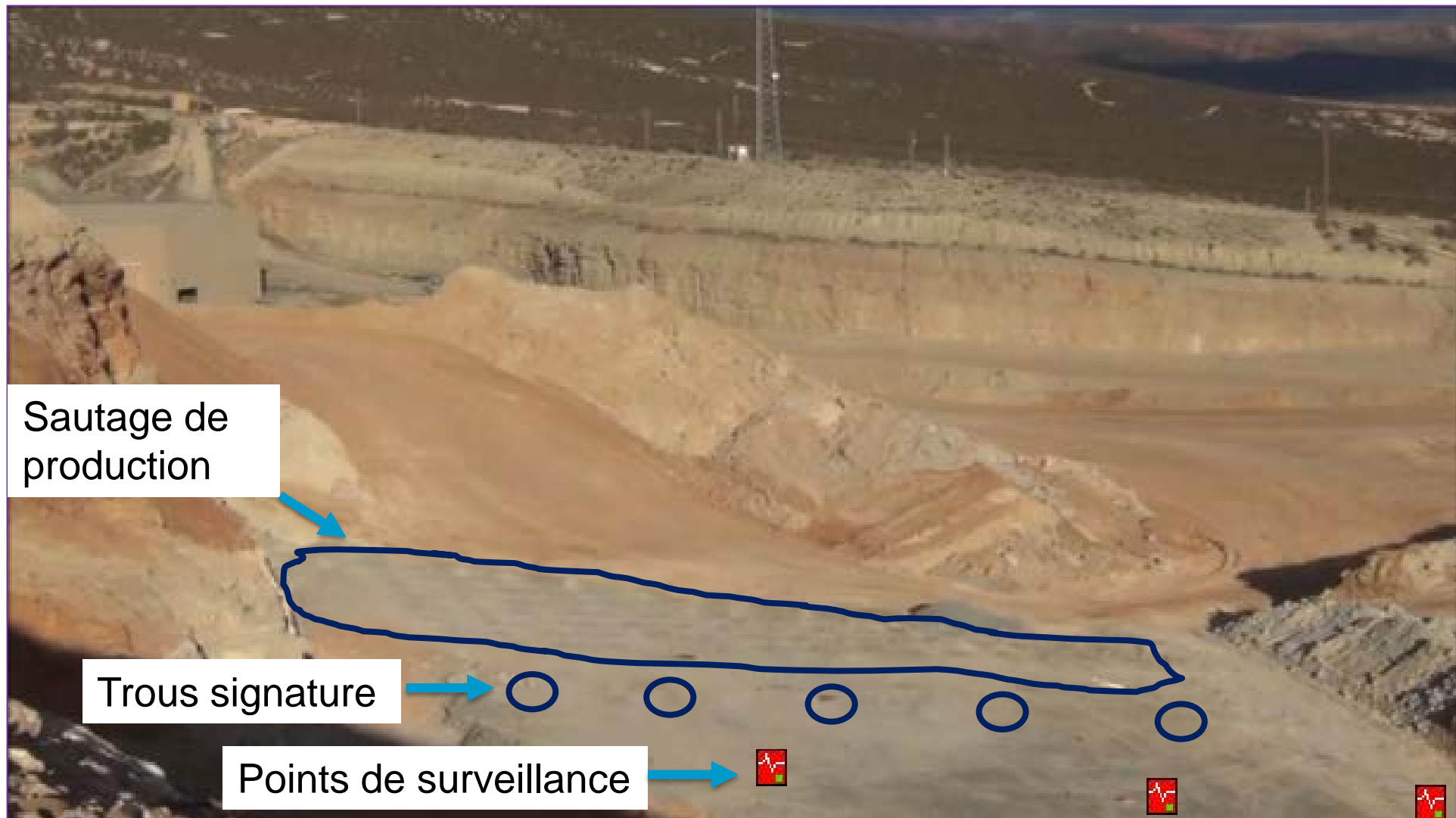
# Survol d'une étude MSW sur le terrain



Sautage de  
production



# Acquisition des données - MSW

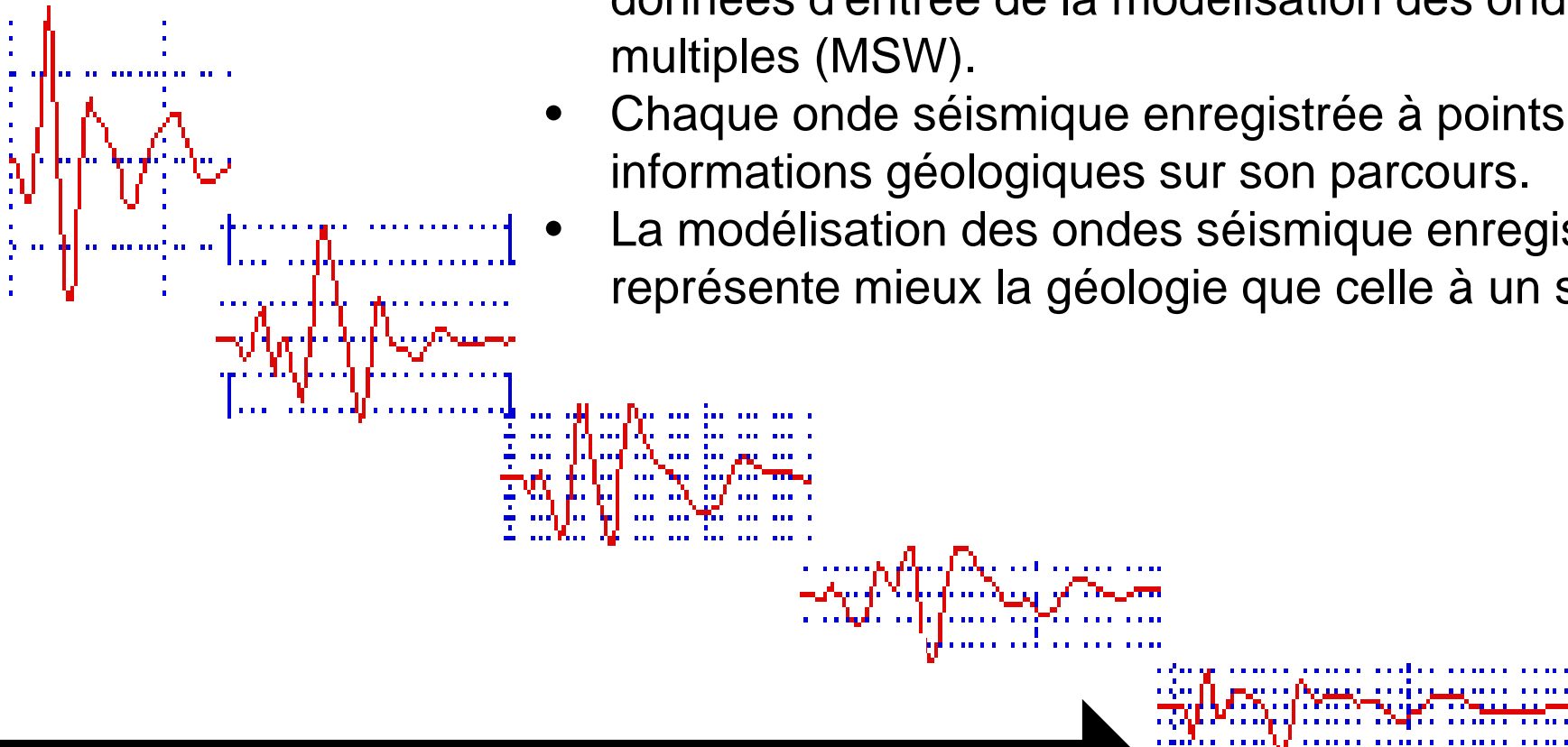


# Acquisition des données - MSW



# L'amplitude et la fréquence des ondes sismiques à points multiples varient en fonction de la distance.

- Les ondes sismiques enregistrées à points multiples constituent les données d'entrée de la modélisation des ondes sismiques à points multiples (MSW).
- Chaque onde sismique enregistrée à points multiples transporte les informations géologiques sur son parcours.
- La modélisation des ondes sismiques enregistrées à points multiples représente mieux la géologie que celle à un seul point.

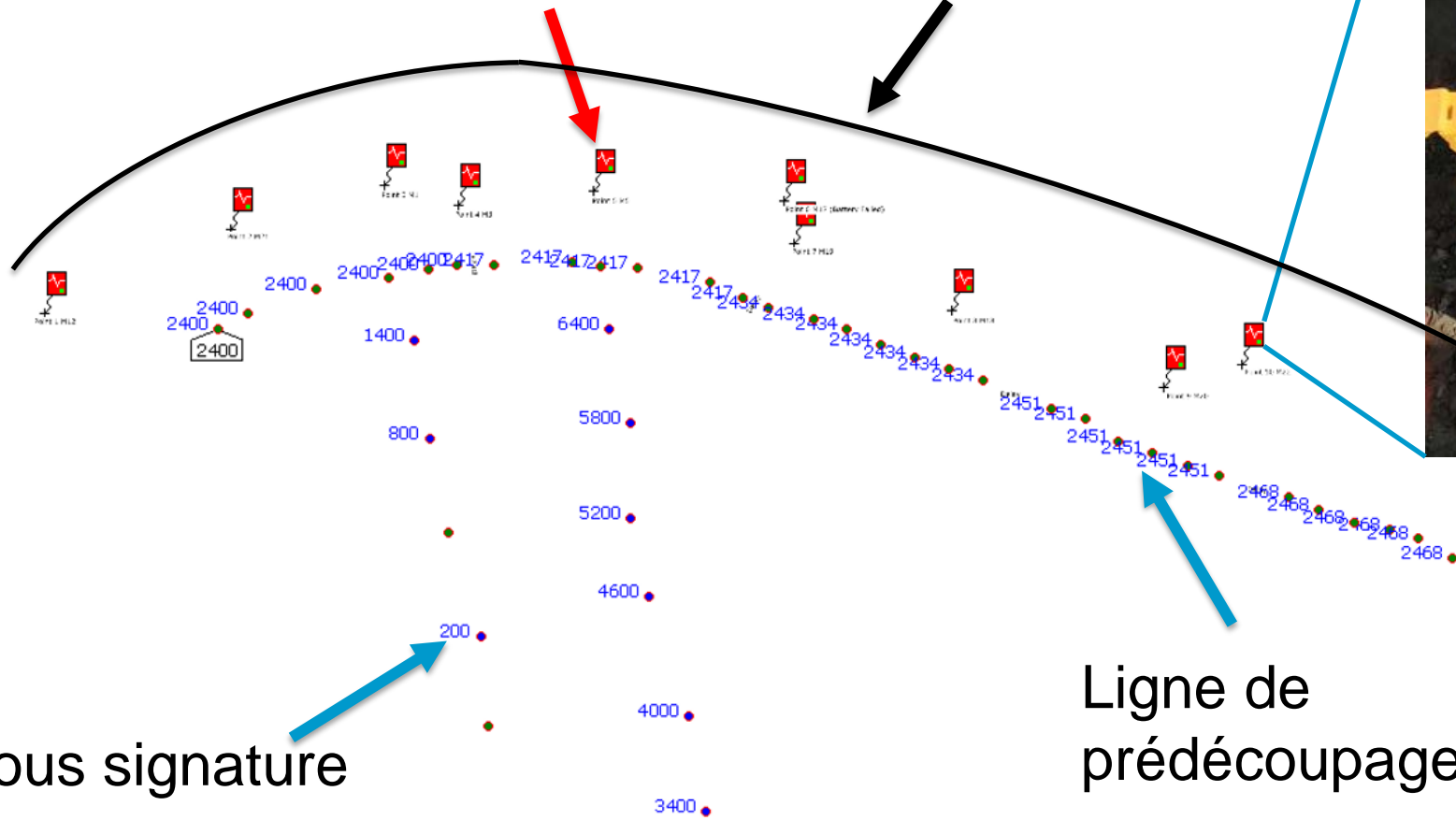


Distance par rapport au sautage du trou signature

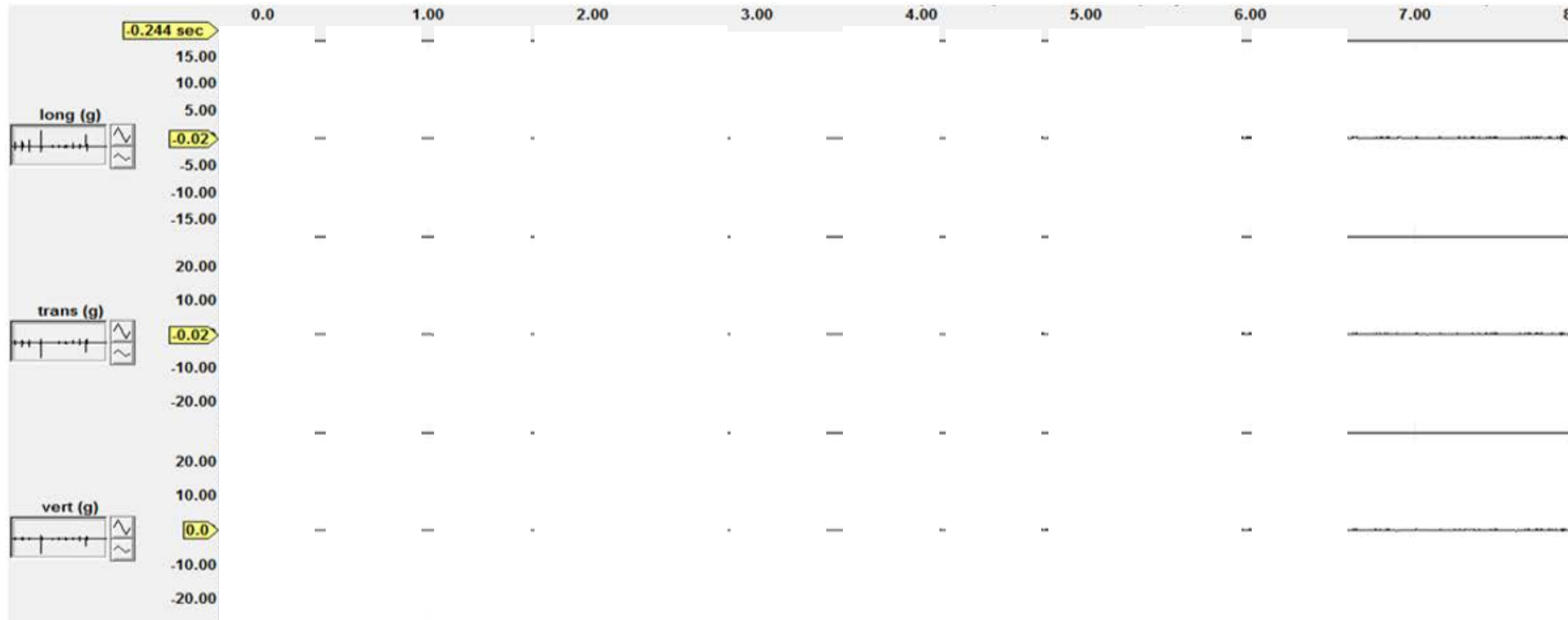
# Mise en place d'un système de surveillance des sautages dans le minerai

Points de surveillance

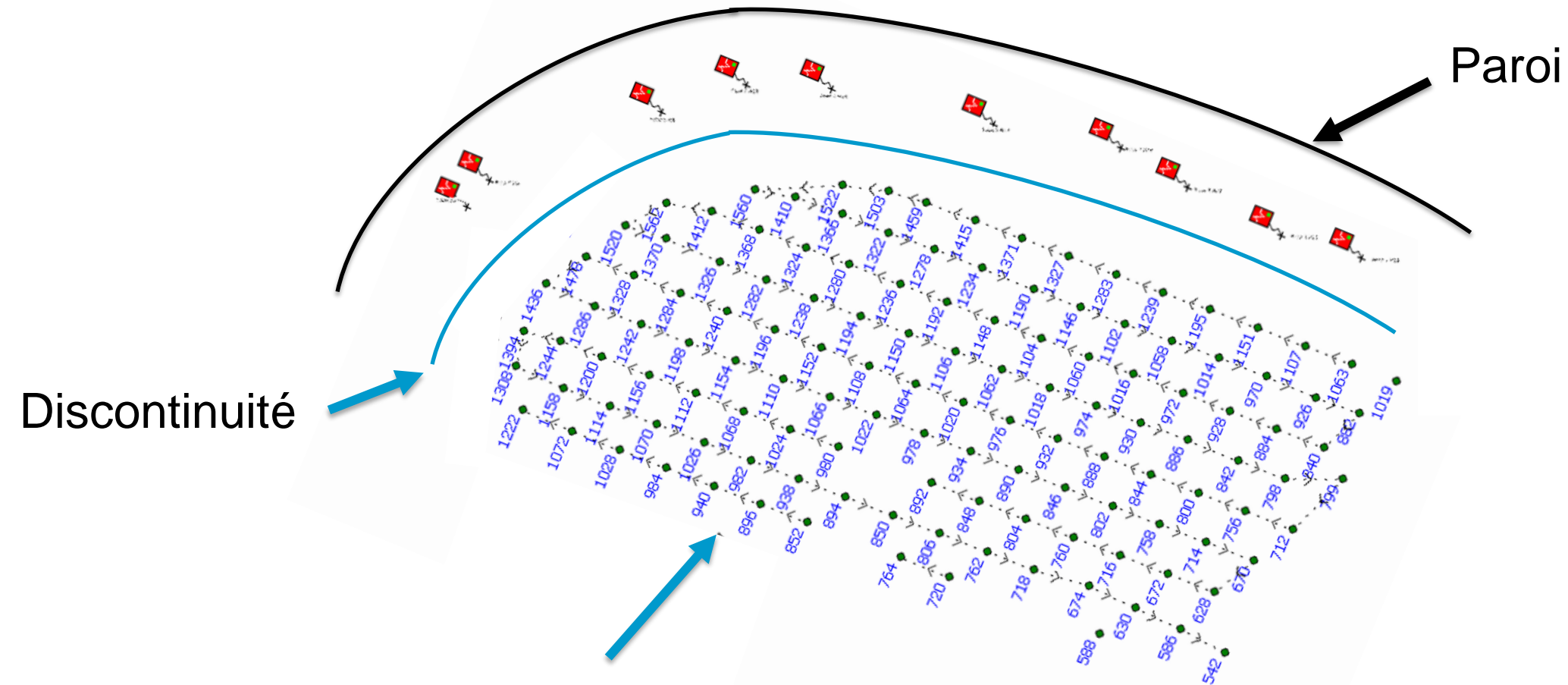
Paroi



# Trace de vibration dans le minerai



# Sautage de calibration dans le minerai



Sautage de production et  
sautage adoucie combiné

# Montage de la surveillance du sautage dans la roche stérile

Ligne de prédécoupage

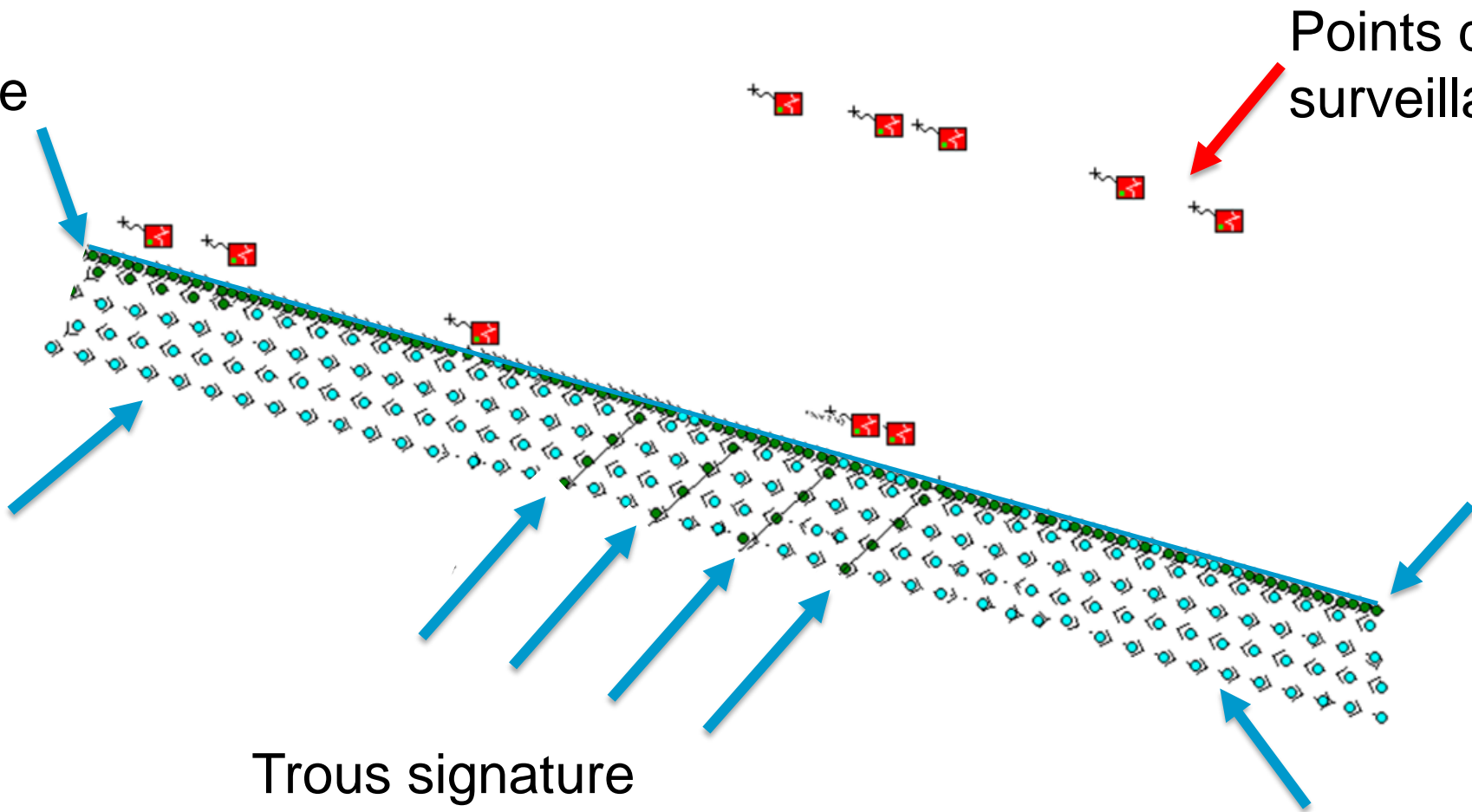
Points de surveillance

Patron de sautage adoucie

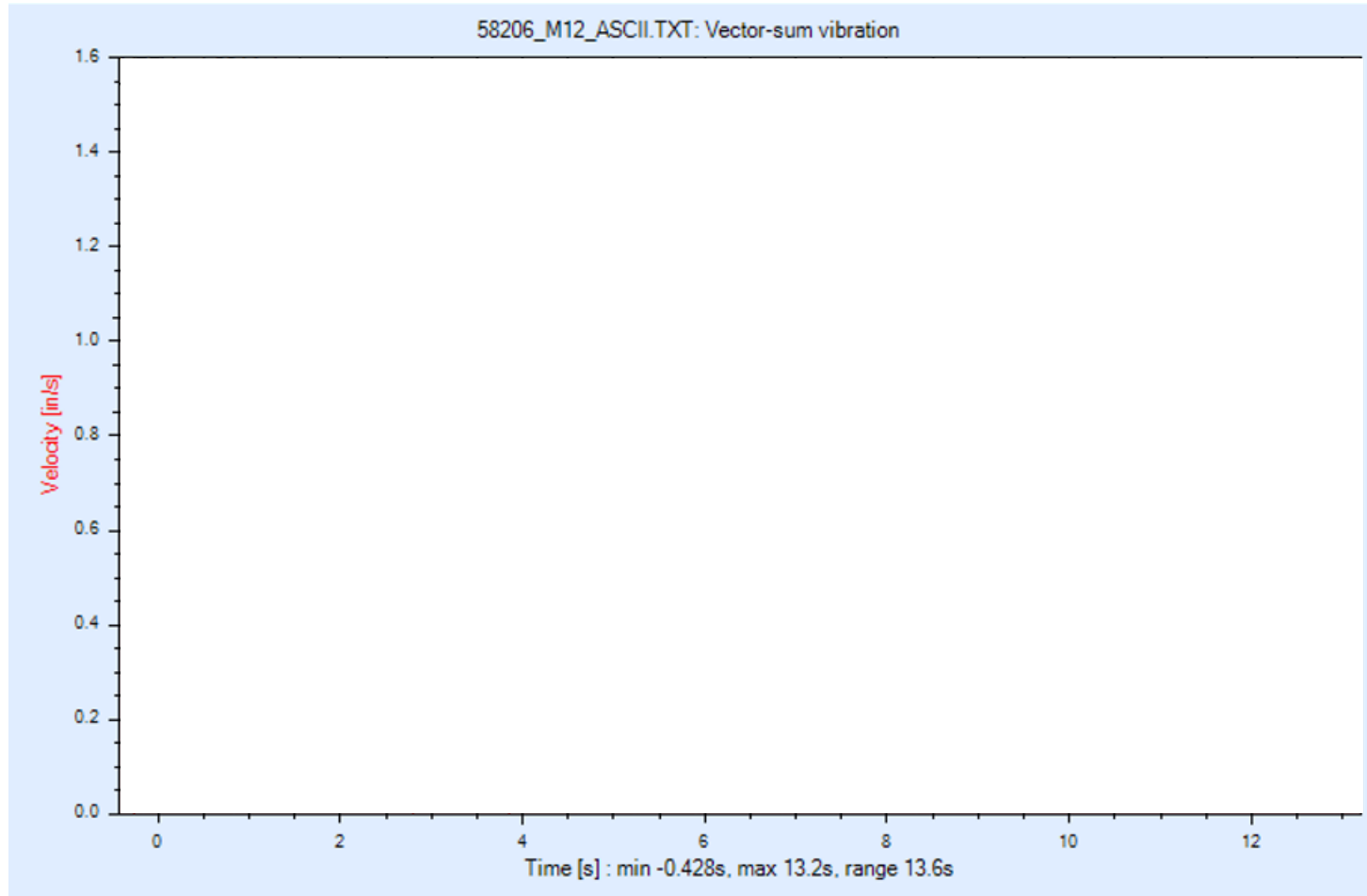
Tir du prédécoupage

Trous signature

Tir du sautage adoucie



# Trace de vibration dans la roche stérile



TS  
G1

TS  
G2

PD

TS  
G3

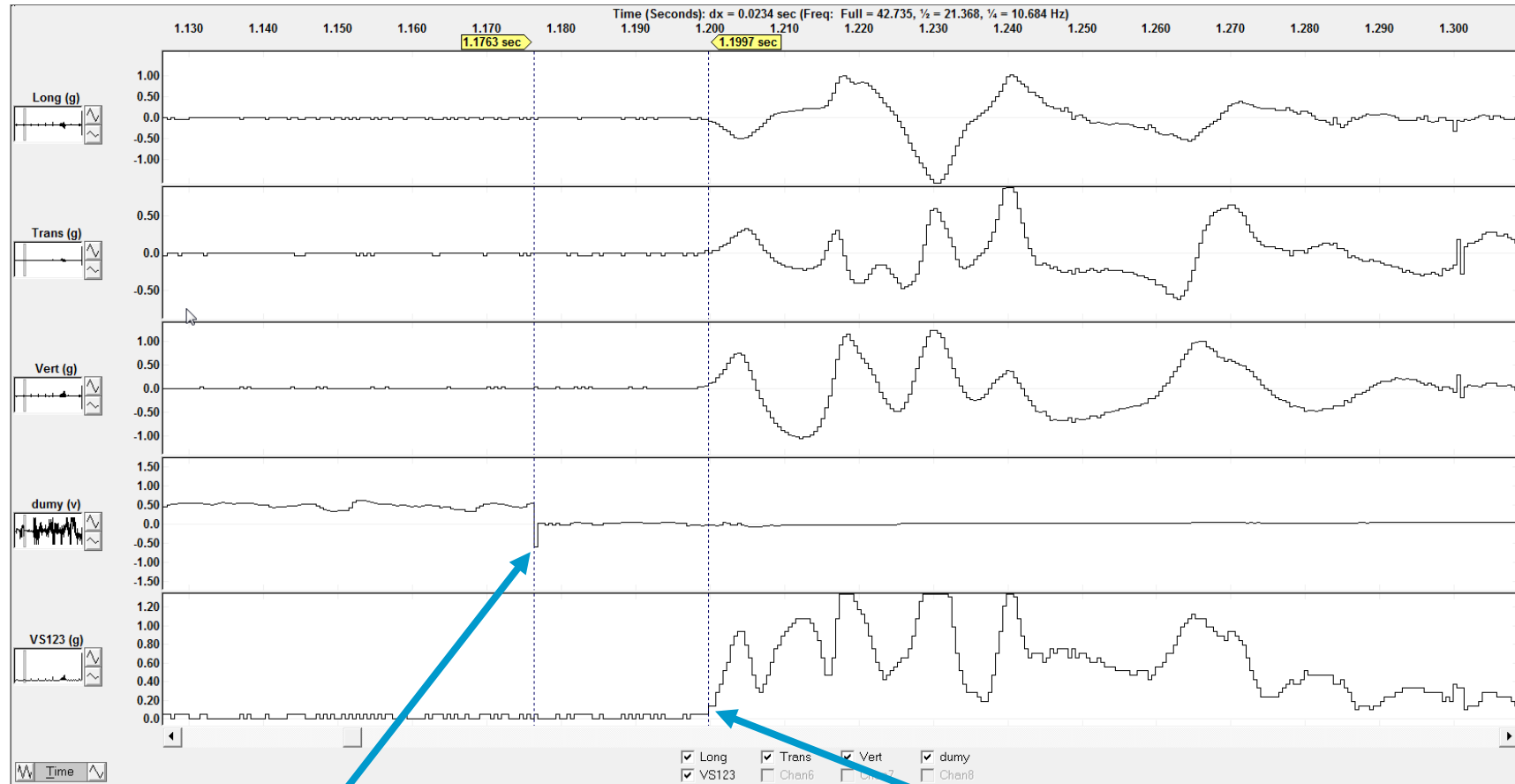
TS  
G4

Sautage  
adoucie

# Table des matières

- Objectifs du projet d'atténuation des vibrations
- Survol de la modélisation des ondes séismiques à points multiples (MSW) et du traitement sur le terrain
- Analyse des données et modélisation de scénarios
- Conclusions et recommandations

# Mesure de la vitesse sonique



Longitudinale

Transversale

Verticale

Vitesse sonique

Somme vectorielle

Temps de détonation de la charge

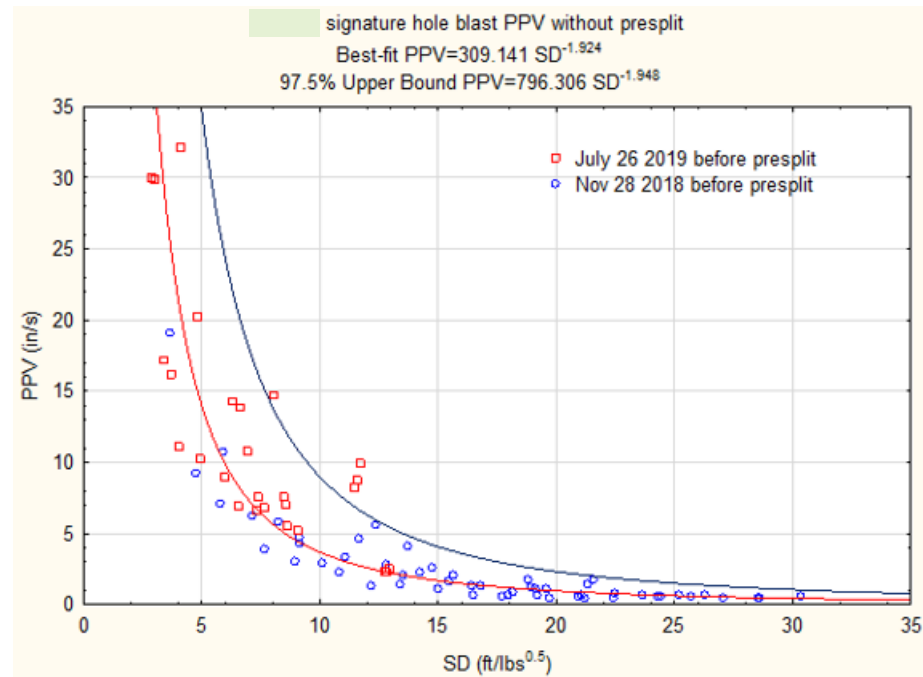
Temps d'arrivée de la vibration

$$\text{Vitesse sonique} = \text{Distance} / \text{Temps}$$

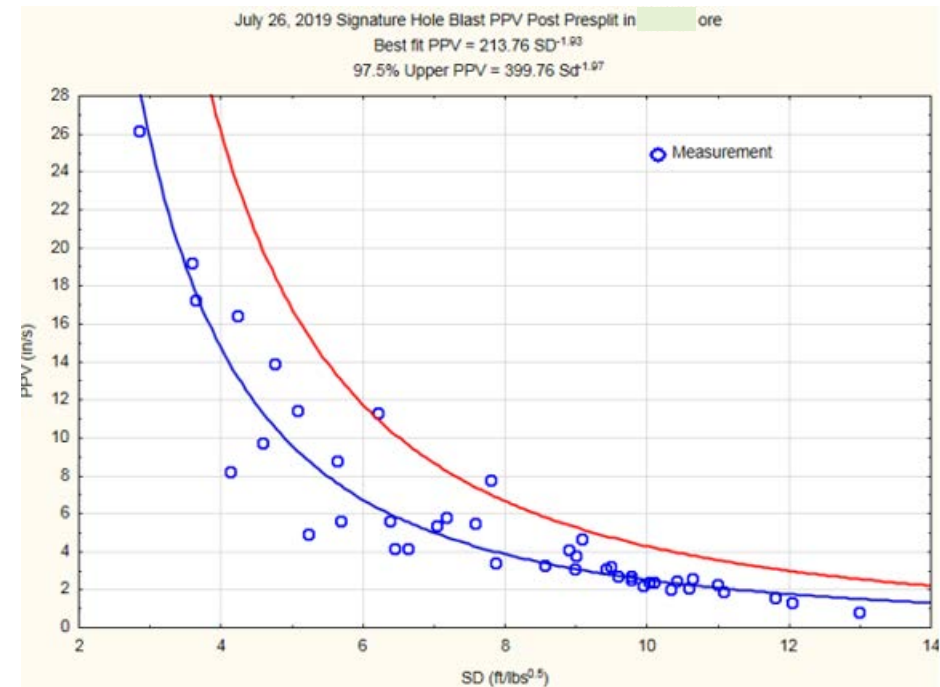
# Vitesses soniques

Hard Ore			Soft Waste		
Distance (ft.)	Time (s)	P-wave velocity (ft./s, m/s)	Distance (ft.)	Time (s)	P-Wave velocity (ft./s, m/s)
142.5	0.0152	9,375 ft./s (2,858 m/s)	184.8	0.0259	7,135 ft./s (2,175 m/s)
126.7	0.0102	12,422 ft./s (3,796 m/s)	156.8	0.0181	8,663 ft./s (2,641 m/s)
195.5	0.0151	12,947 ft./s (3,946 m/s)	193.0	0.0234	8,248 ft./s (2,514 m/s)
<b>Average</b>		<b>11,581 ft./s (3,530 m/s)</b>	<b>Average</b>		<b>8,015 ft./s (2,443 m/s)</b>

# Effet de filtre de prédécoupage dans le minerai

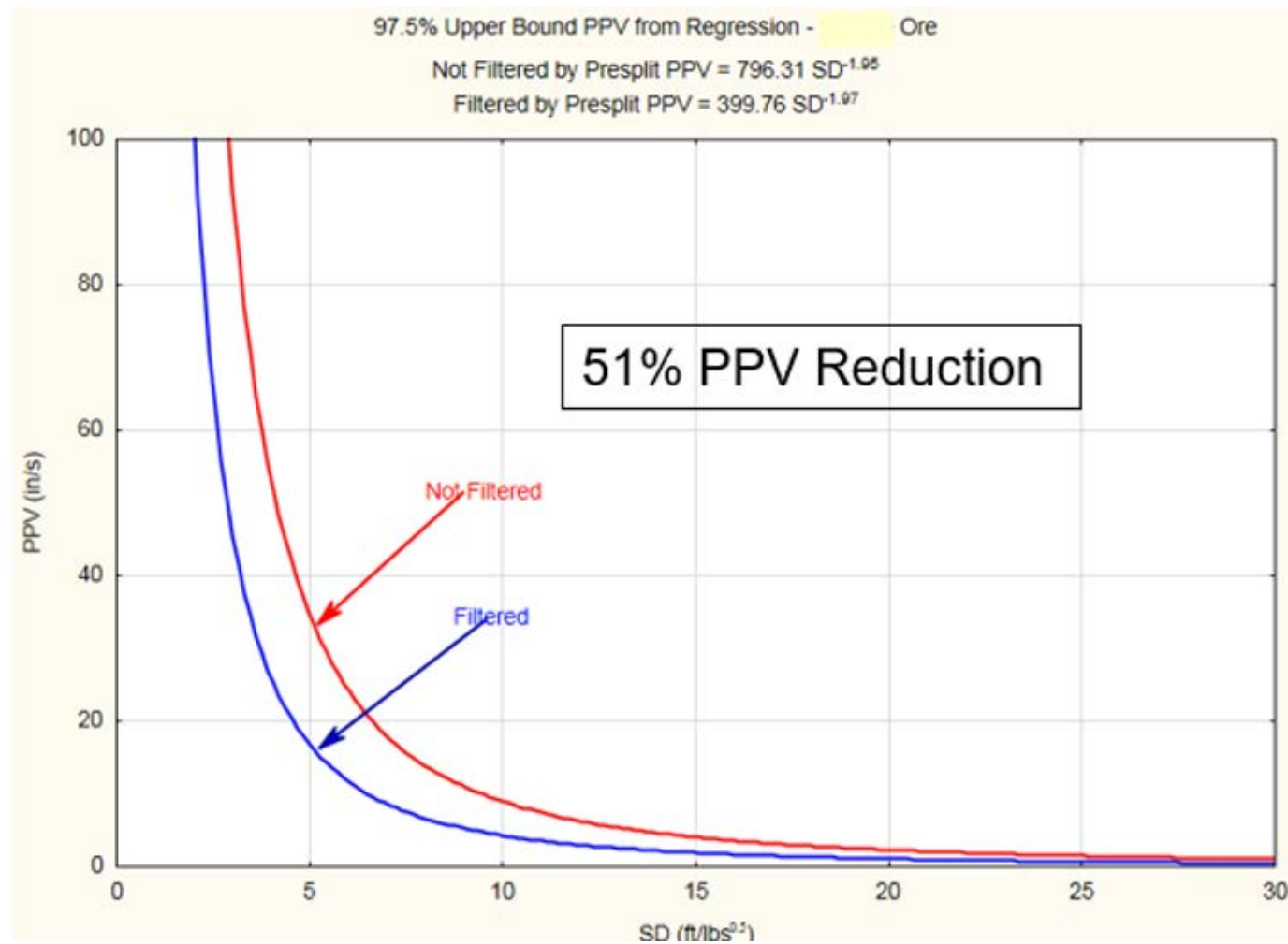


Avant le  
prédécoupage

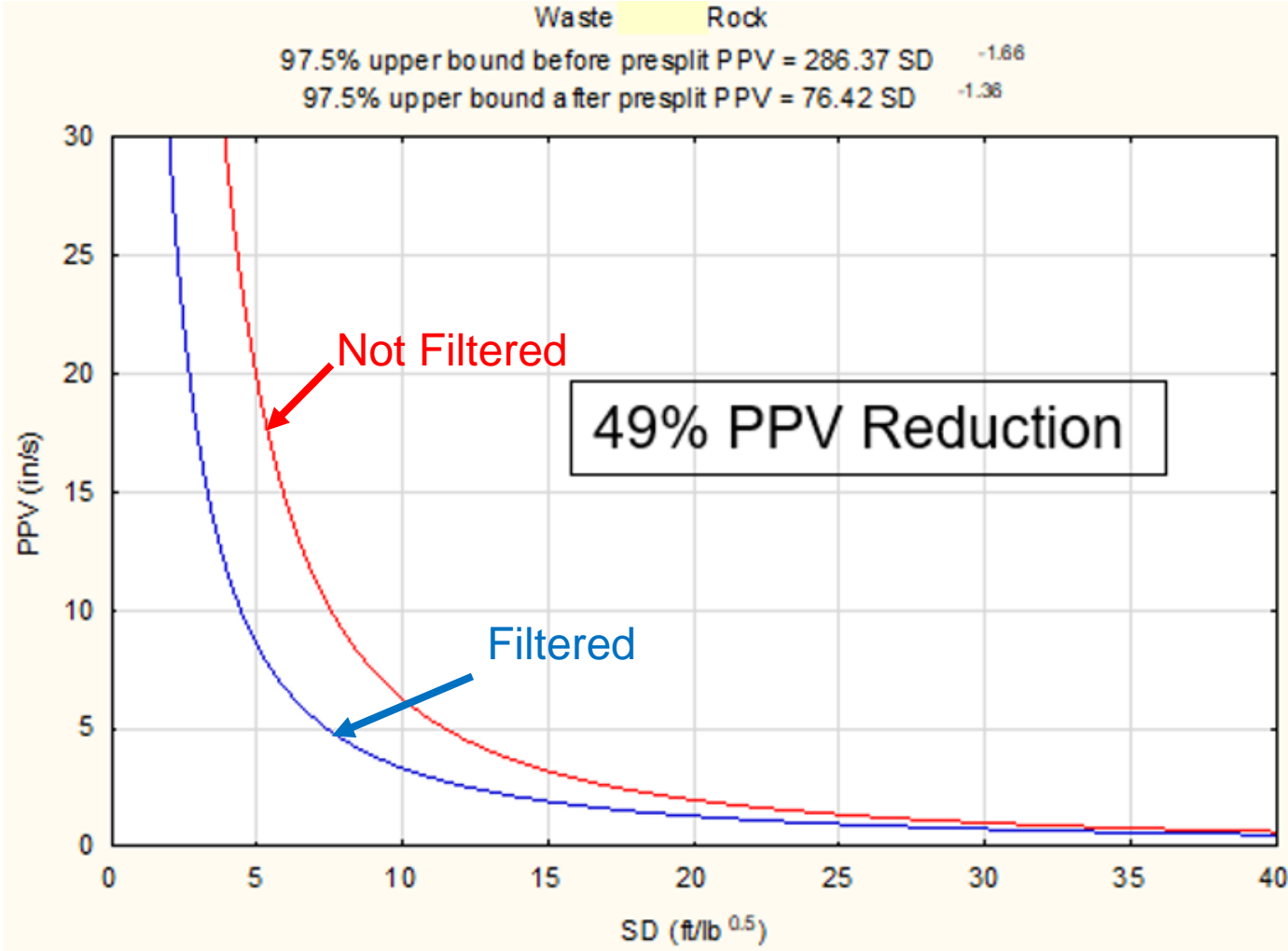


Après le  
prédécoupage

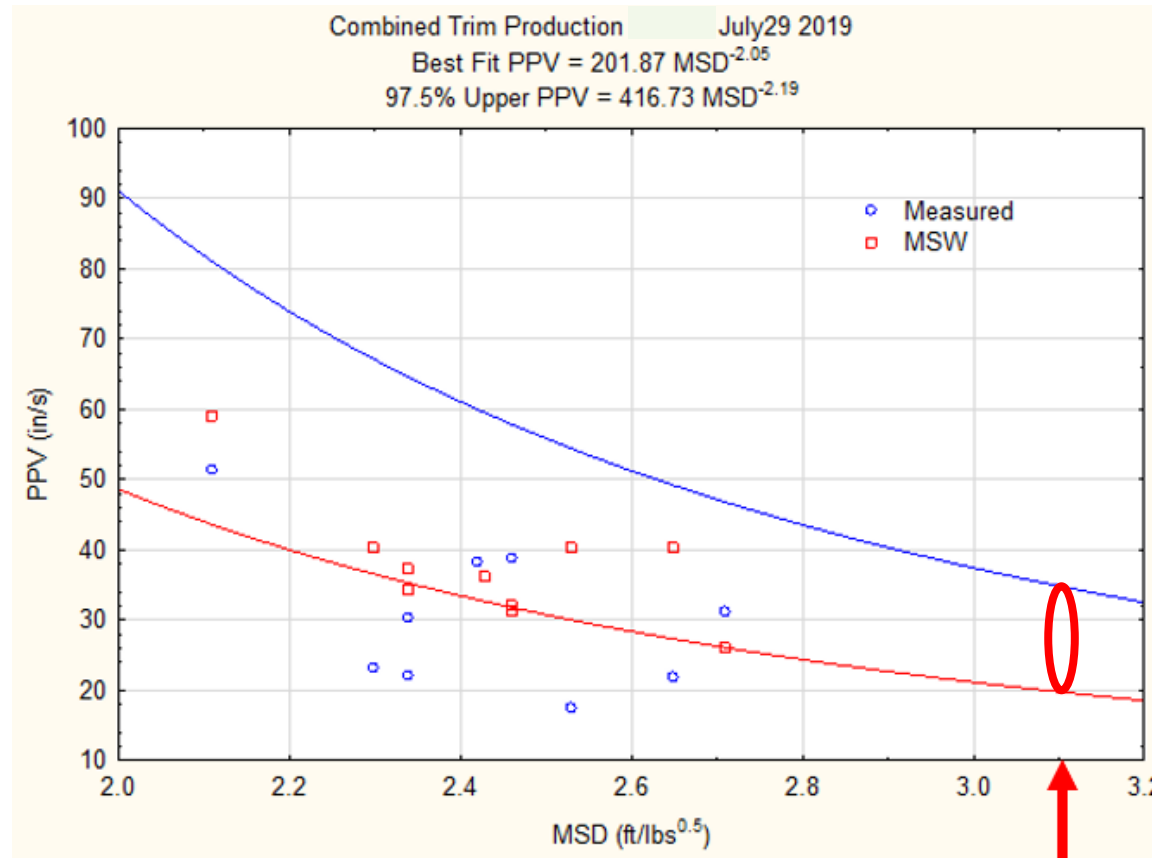
# Effet de filtre de prédécoupage dans le minerai



# Effet de filtre de prédécoupage dans la roche stérile



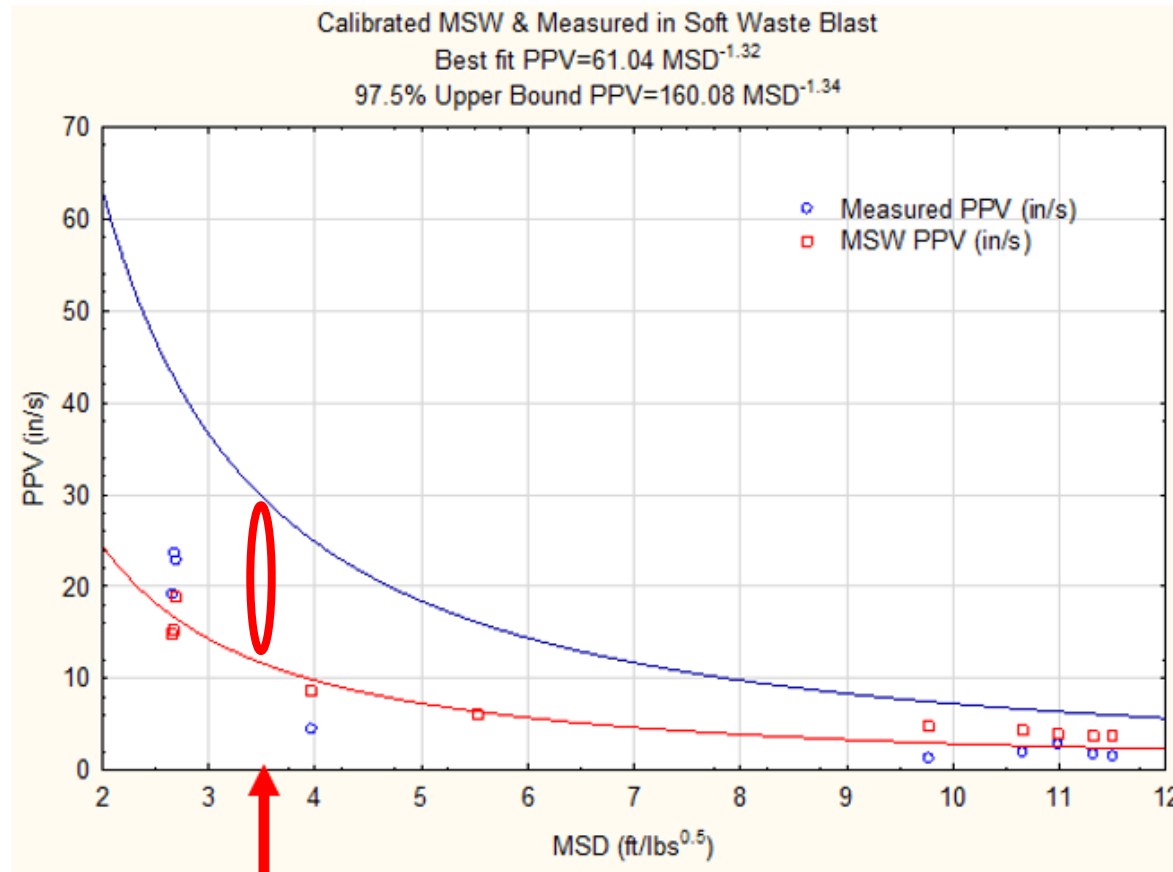
# Estimation de la vitesse maximal des particules au pied de la paroi en minerai



PPV range  
at highwall  
toe 20-35 in/s 500-890 mm/s

Toe of highwall  
DSM = 3,1

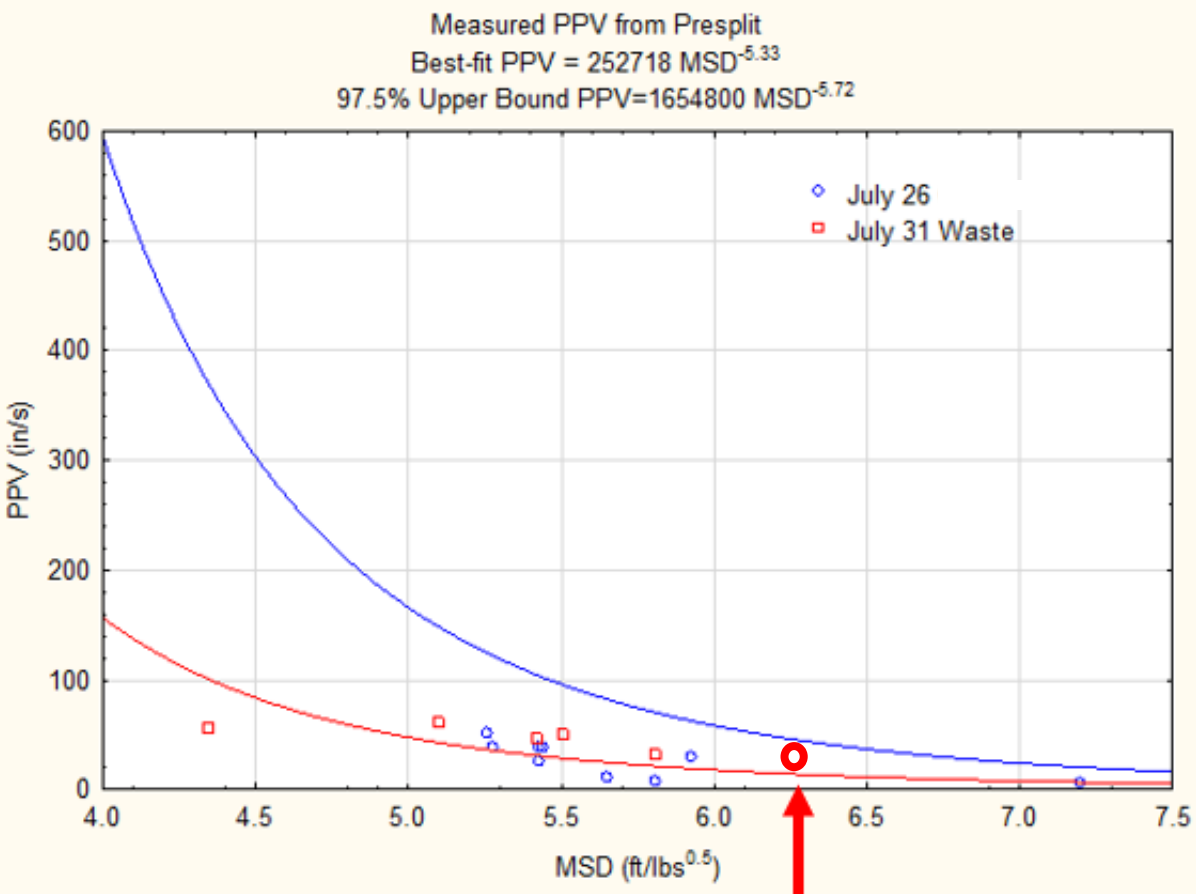
# Estimation de la vitesse maximal des particules au pied de la paroi en la roche stérile



Toe of highwall  
DSM = 3,6

PPV range  
at highwall  
toe 11-29 in/s    280-740 mm/s

# Estimation de la vitesse maximal des particules au pied de la paroi provenant du tir de prédécoupage



Toe of highwall  
DSM = 6,3

PPV range  
at highwall  
toe 10-44 in/s    250-1120mm/s

# Calculs de la vitesse maximal critique des particules

Where:

$\sigma t$  = Tensile strength

$V_p$  = P wave velocity, obtained from field measurements

$E$  = Young's modulus

PPVc = Critical peak particle velocity

$$PPVc = \frac{\sigma t * V_p}{E}$$

	<b>E (psi)</b>	<b><math>V_p</math> (ft./s)</b>	<b><math>\sigma t</math>(psi)</b>	<b>PPVc in/s (mm/s)</b>
<b>Hard Ore</b>	7,455,000	11,581	1,416	<b>26.4 in/s (671 mm/s)</b>
<b>Soft Waste</b>	7,036,000	8,015	1,042	<b>14.2 in/s (361 mm/s)</b>

# Comparaisons de la vitesse maximal des particules

PPV <sub>C</sub> - PPV	Ore in/s (mm/s)	Waste in/s (mm/s)
PPV <sub>C</sub>	26 (671)	14 (361)
PPV (Best Fit)	20 (508)	11 (279)
PPV Presplit (Best Fit)	10 (254)	10 (254)

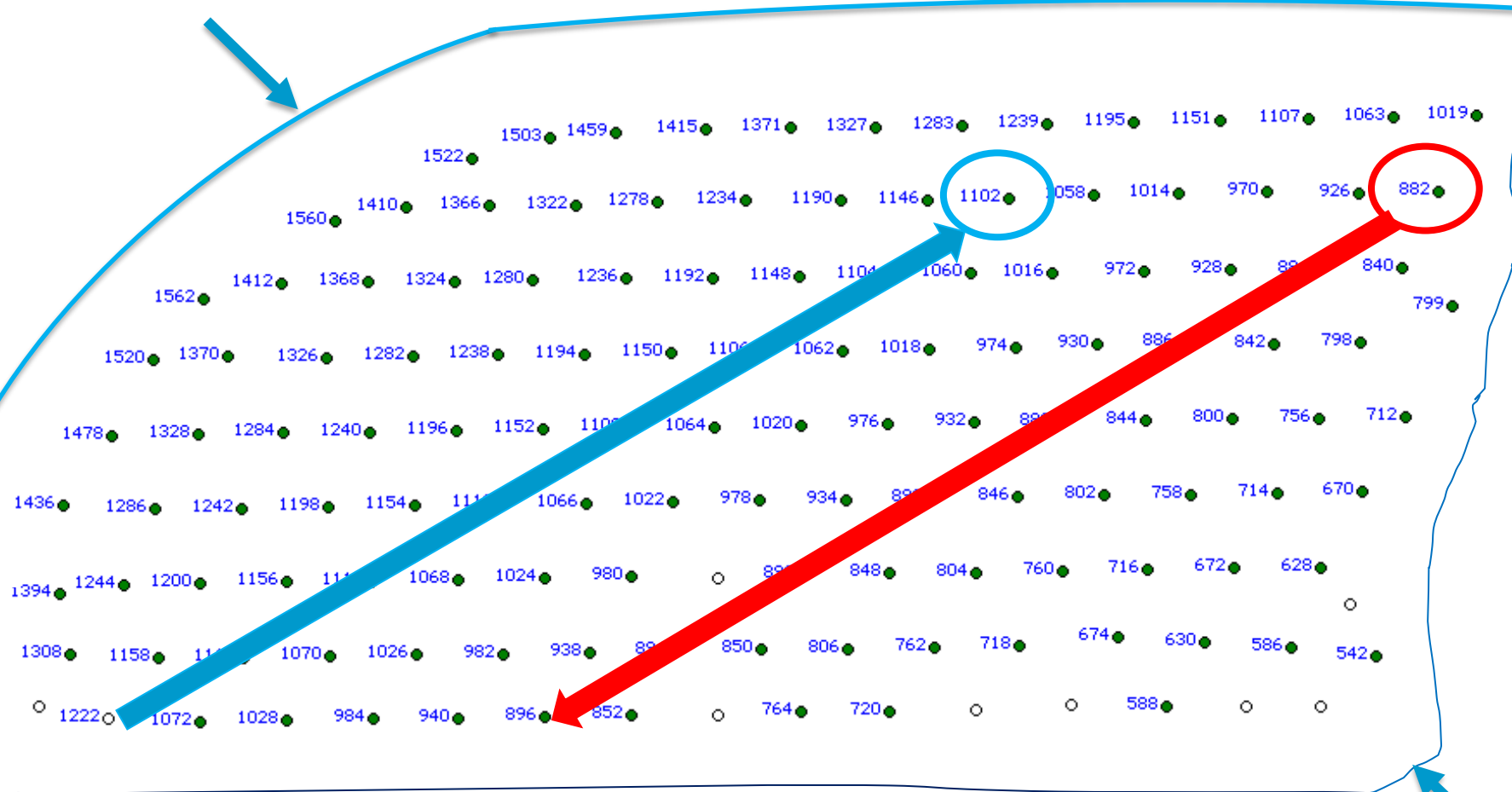
# Modélisation de scénarios

- Original: 1 buffer row, 18' stem, 70/30 emulsion blend, original V1 timing direction using 44ms/42ms
- Redesign 1: 2 buffer rows, 18' stem, 12' stem, 70/30 emulsion blend, original V1 timing direction using 44ms/42ms
- Redesign 2: 2 buffer rows, 18' stem, 15' stem, 70/30 emulsion blend, original V1 timing direction using 44ms/42ms
- Redesign 2.1: 2 buffer rows, 18' stem, 15' stem, 70/30 emulsion blend, opposite V1 timing direction using 42ms/44ms
- Redesign 2.2: 2 buffer rows, 18' stem, 15' stem, high energy 70/30 emulsion blend in the core of the blast, opposite V1 timing direction using 42ms/44ms
- Redesign 3: 1 buffer row, 18' stem, 70/30 emulsion blend, opposite V1 timing direction using 42ms/44ms

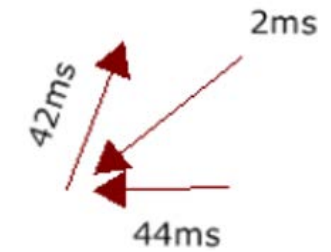
# Modélisation de scénarios

Facteur primordial était la direction de la synchronisation V1

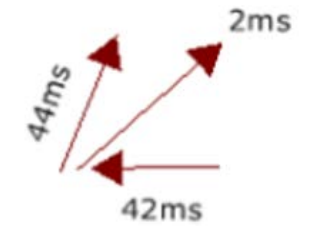
Discontinuité



Current V1 timing 44ms-42ms



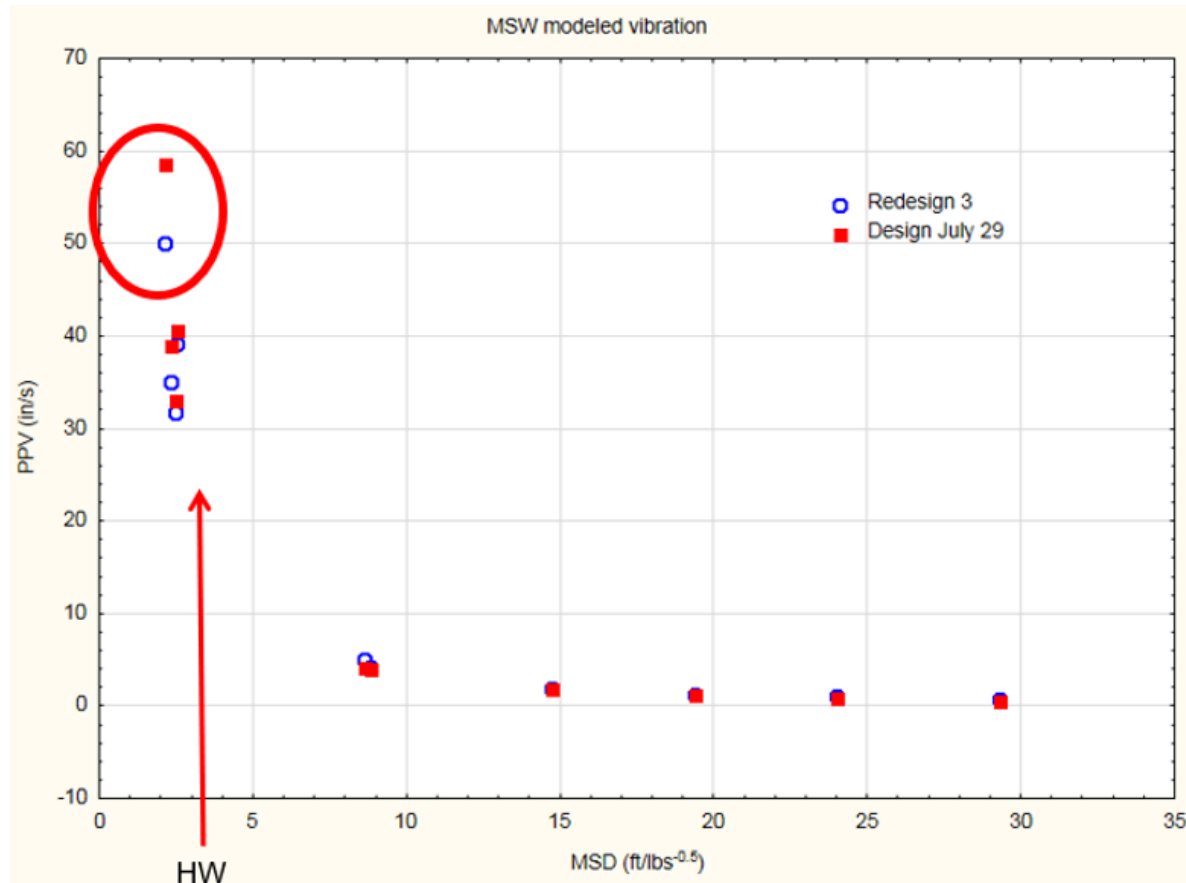
Opposite V1 timing 42mms-44ms



Sautage de production et sautage adoucie combiné

Front de dégagement

# Prévision des vibrations modélisées



Changement de direction de la synchronisation

Vitesse maximal des particules est réduite de 16 %

# Table des matières

- Objectifs du projet d'atténuation des vibrations
- Survol de la modélisation des ondes sismiques à points multiples (MSW) et du traitement sur le terrain
- Analyse des données et modélisation des scénarios
- Conclusions et recommandations

# Conclusions et recommandations

- Le recours à la technique du prédécoupage permet d'obtenir un effet de filtrage important et de réduire de 50 % les vibrations sur la paroi ou le mur final.
- La vitesse maximal des particules estimée au pied de la paroi est inférieure à celle de la  $VMP_C$  lorsque l'on tient compte des valeurs moyennes des deux types de roches.
- Un sautage de production et un sautage adoucie combiné dans le minerai ne crée pas de vibrations excessives sur la paroi. Il conviendrait d'envisager d'étendre son utilisation pour accroître la productivité des mines.
- Le tir du prédécoupage en lui-même ne produit pas de niveaux de vibration supérieurs au seuil  $VMP_C$  pour les deux types de roches.
- La modélisation du scénario dans le minerai a mis en évidence l'importance de l'allègement du fardeau dans la conception du sautage qui peut réduire de manière considérable les vibrations du sautage, en particulier pour les petites distances scalaire.

**Merci!**

