

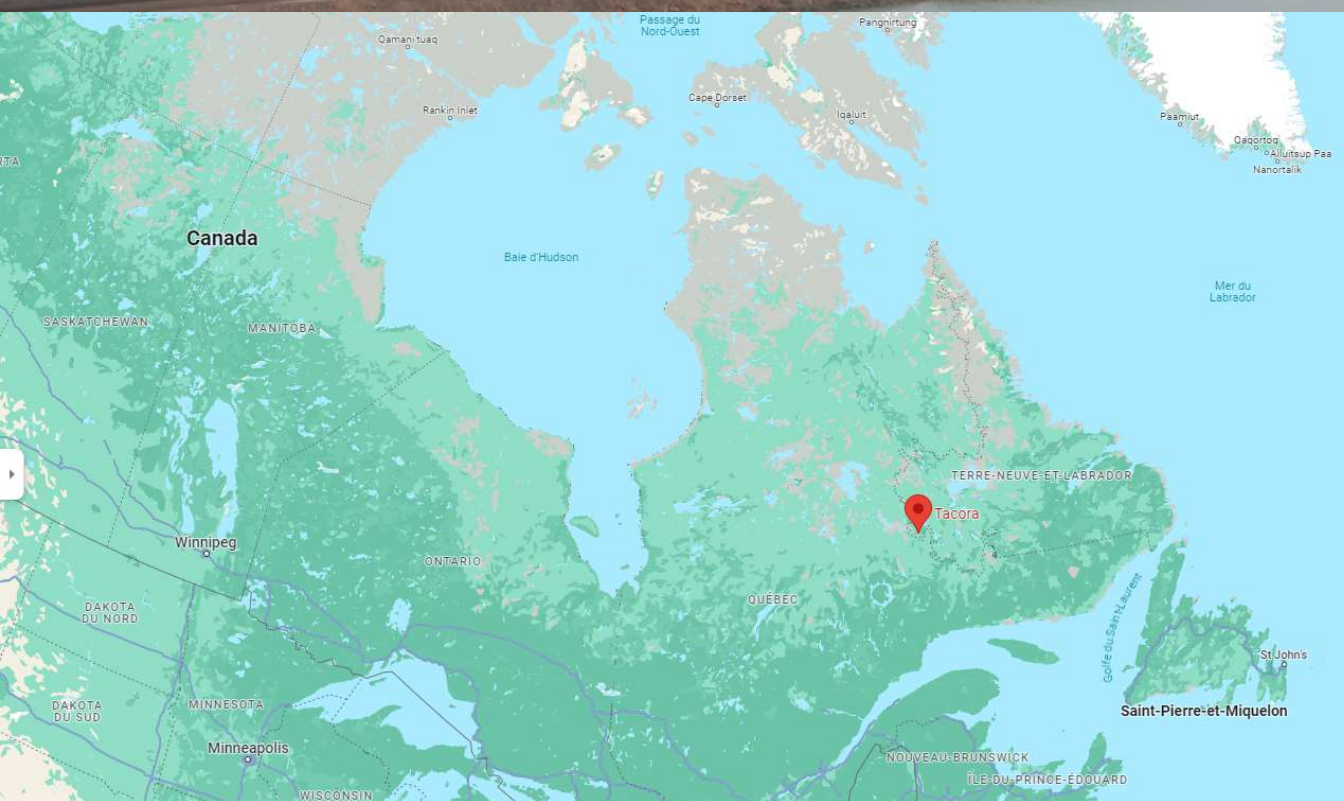
**Precise and safe blasting :  
Digital Twin and sismographs connected to the mine  
network to preserve the structural integrity of a bridge**

By Daniel Roy, P. Eng.

## **Dynamitage Précis et Sécurisé : Jumeau Numérique et Sismographes connectés à la mine de Tacora pour préserver l'intégrité structurelle d'un pont**

Par Daniel Roy, ing.

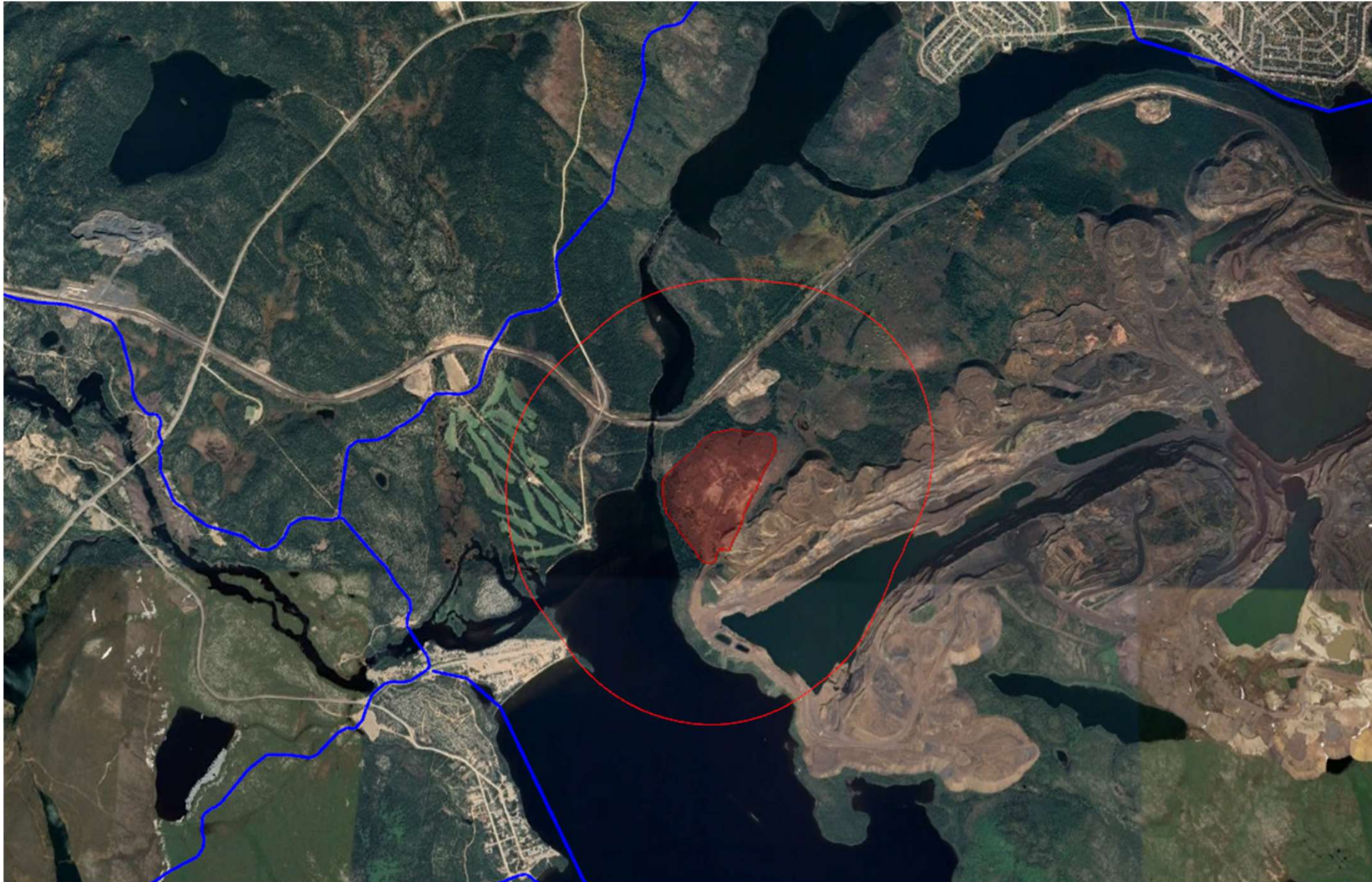
# Mine de TACORA Resources



**OUR  
COMPANY**



# Tacora – Dynamitages de la fosse Boot





- Définir les conditions optimales de forage et sautage applicables et permettant une réduction des coûts d'opération de la mine.
- Déterminer quelles sont les conditions opérationnelles permettant à la mine de se conformer aux normes environnementales en terme de vitesse des particules des vibrations , ainsi que les surpressions d'air et les émissions de gaz de type Nox.
- Établir quels sont les diamètres de forage applicables, ainsi que les limites de charges d'explosifs en lien avec les infrastructures avoisinantes (pont de la rivière Canning).
- Procéder à la collecte de mesures spécialisées en chantier, afin de valider la précision et la représentativité de la réponse dynamique du pont versus son modèle établi à partir des critères de conception obtenus pour ainsi confirmer ses limitations structurales lors de stress dynamiques tel que les sautages, ou les passages fréquents de trains de minerai.
- Durant une période de plusieurs mois, compiler suffisamment de données de vibration pour développer un modèle de prédiction précis et représentatif des conditions réelles de terrain de la fosse Boot.
- Raffiner le degré de corrélation du modèle, le valider en poursuivant les collectes de données de vibration et continuellement défier les pratiques et l'exécution des opérations de forage et chargement.

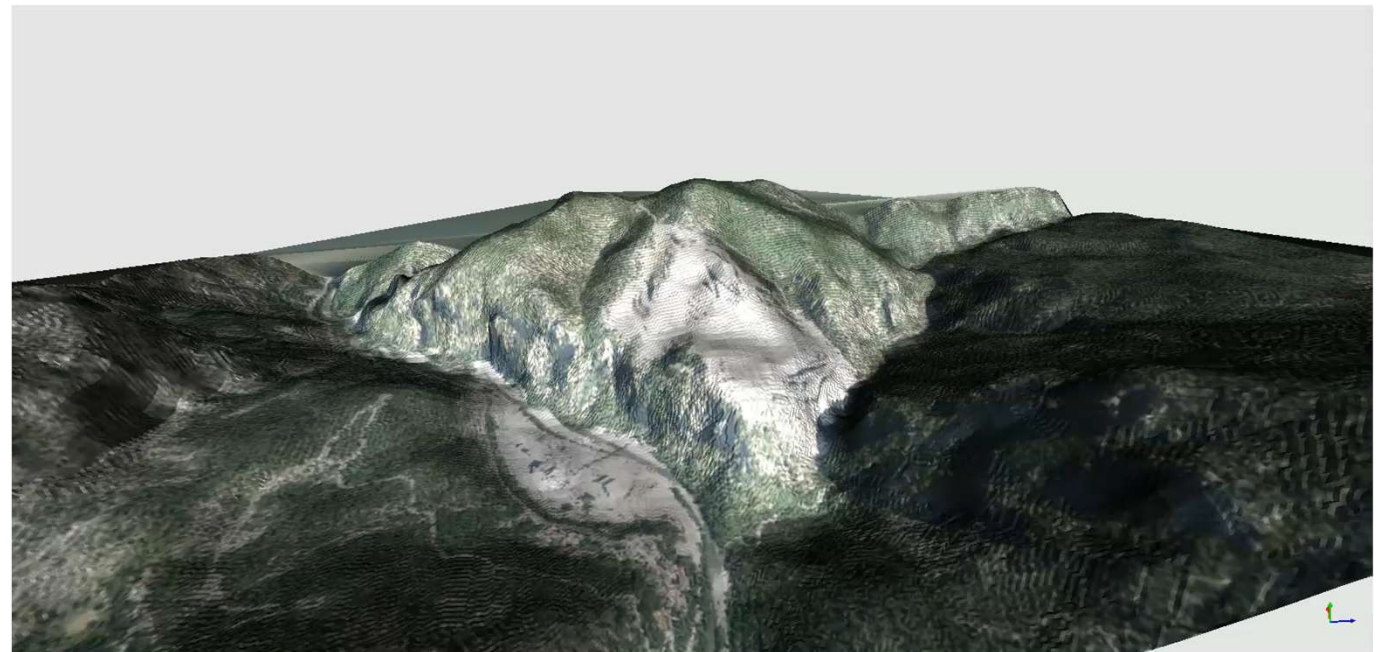
- Define optimal drill and blast conditions that will optimize mining operation costs.
- Provide operational conditions that will comply with environmental regulations in terms of peak particle vibrations, air over pressure and Nox fumes generation.
- Establish applicable blast hole diameters and explosives charge limits in relation to surrounding infra structure (Canning river bridge in partiular).
- Conduct specialized field measurements that will serve to validate the accuracy and representativity of a bridge dynamic model and also establish it's structural limitations
- During a period of multiple months, compile enough blast vibration data to develop an accurate site specific 3D prediction model.
- Refine correlation rate, validate by field measurements and keep challenging field excutions by field quality controls.



# APPROCHE TECHNIQUE UTILISÉE POUR CONTRÔLER LES VIBRATIONS

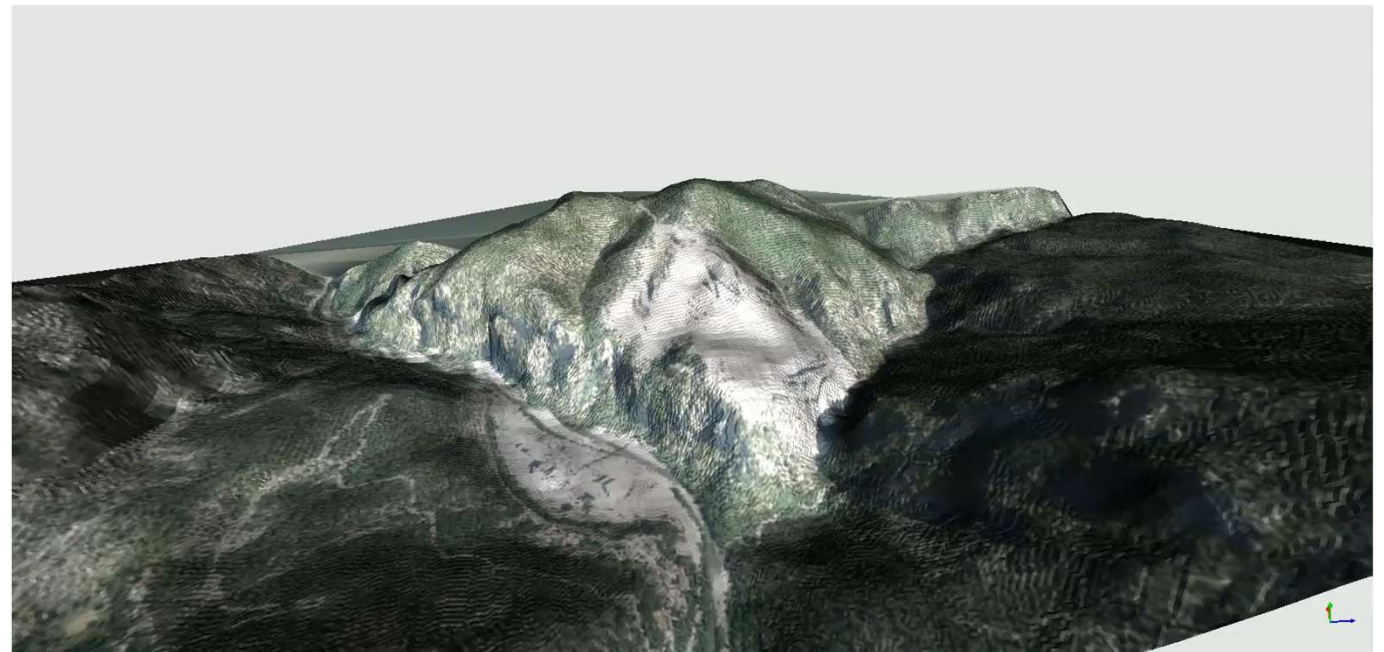


Le jumeau numérique du design d'un tir est basé sur l'application de la technique de trou signature.



# The technical approach utilized to control vibrations

The Digital Twin of a blast design is based on the signature hole technology

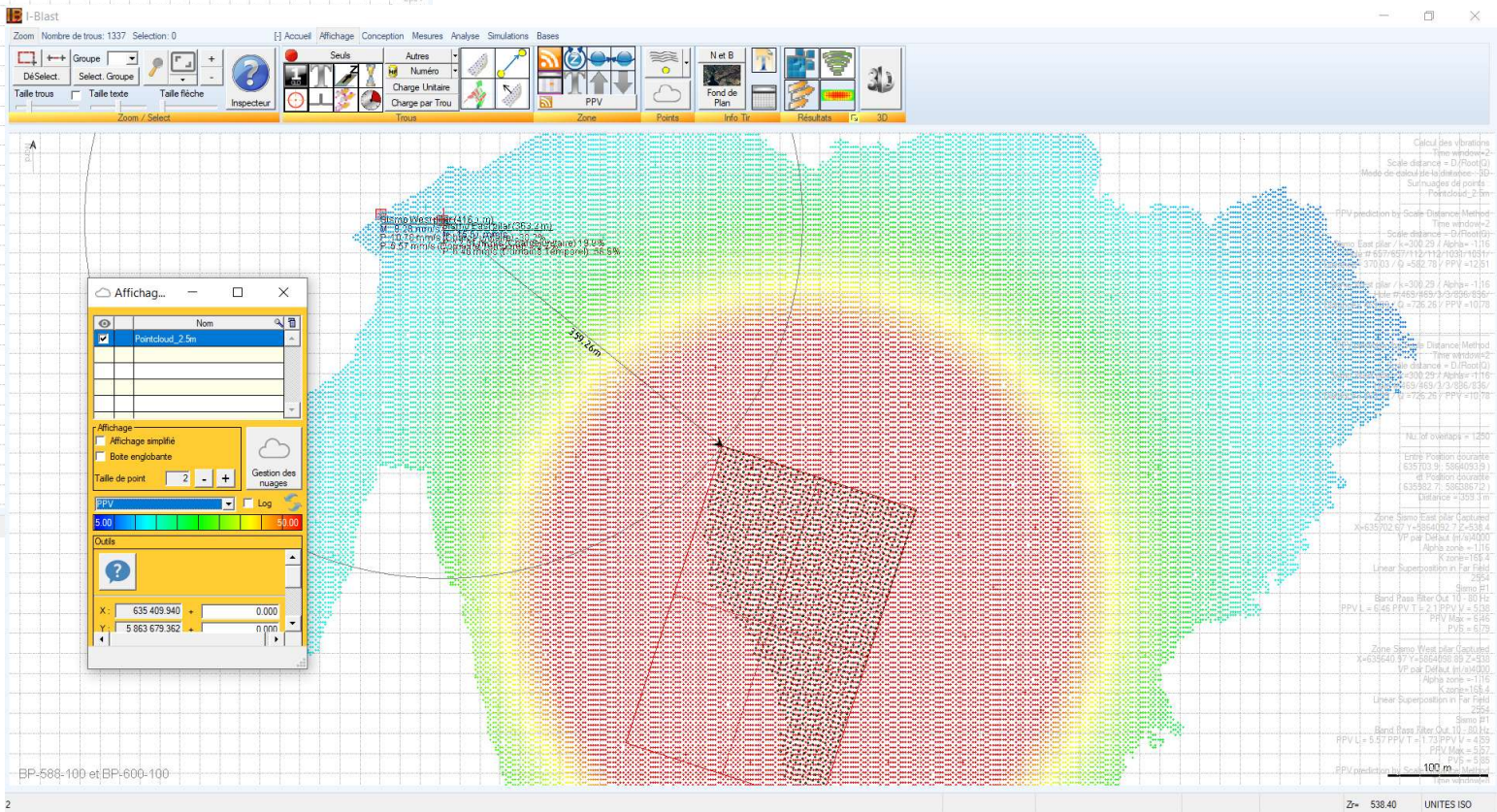
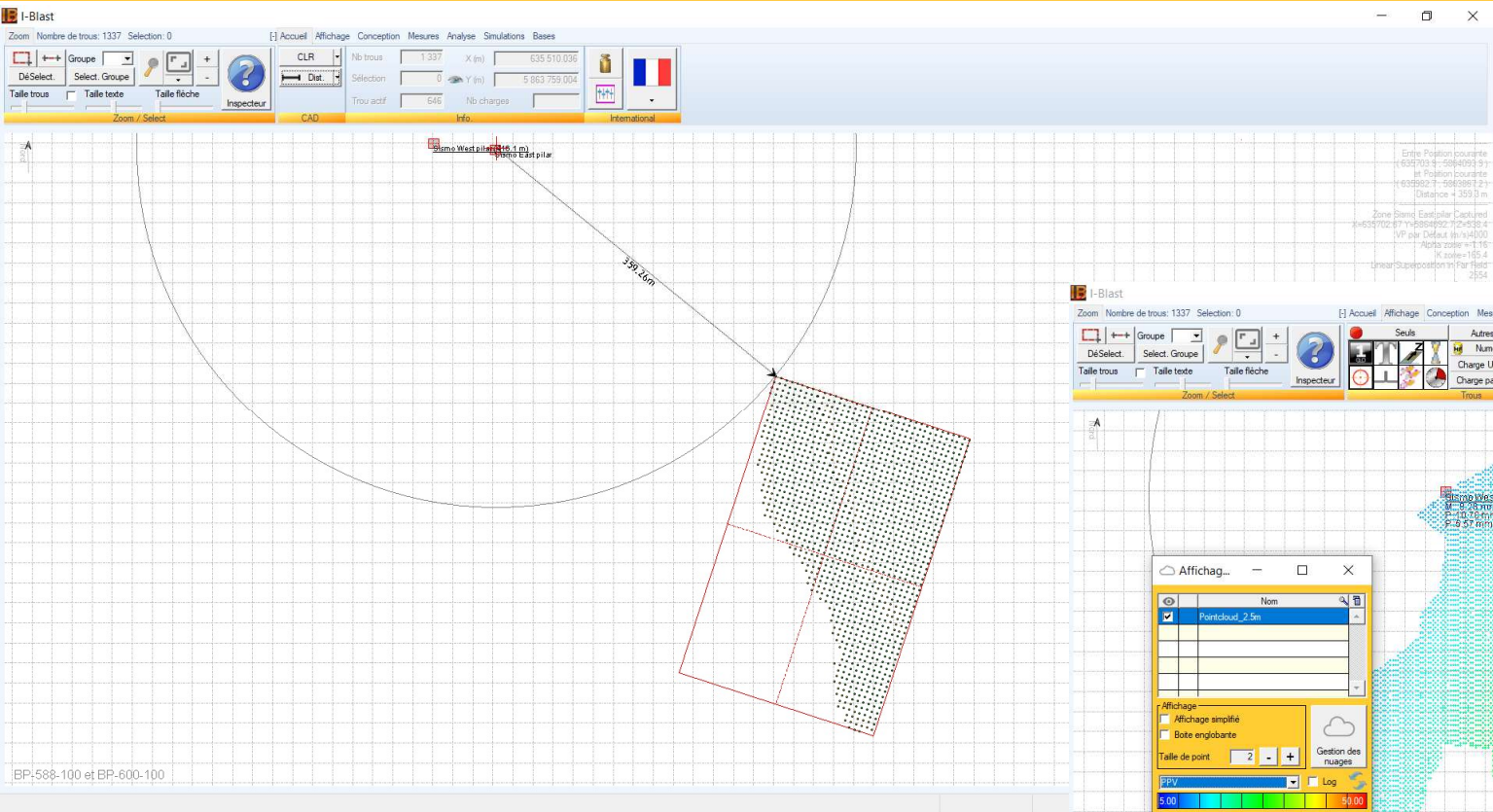




# Revue du modèle initial

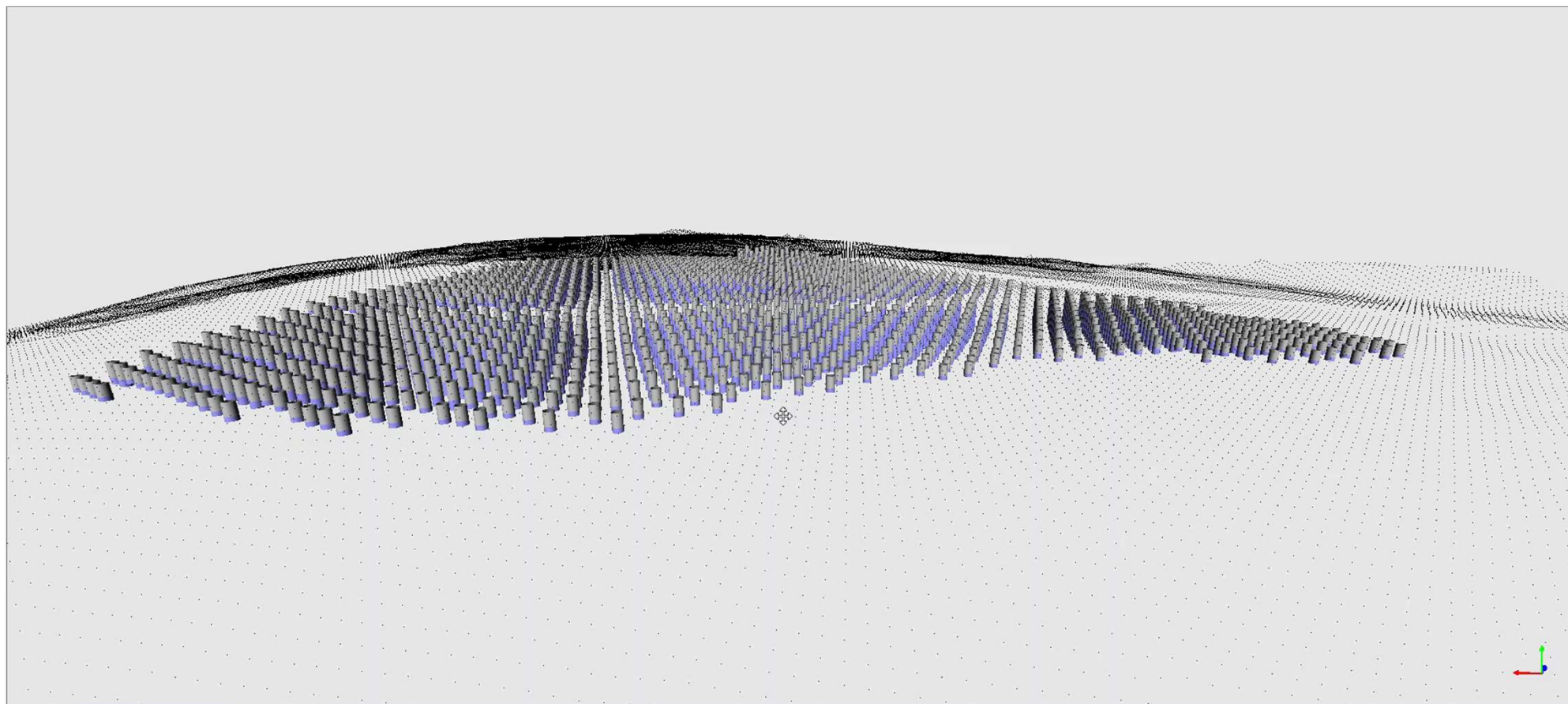
## Tir BP-588-600-100

# Création du modèle I-Blast 3D

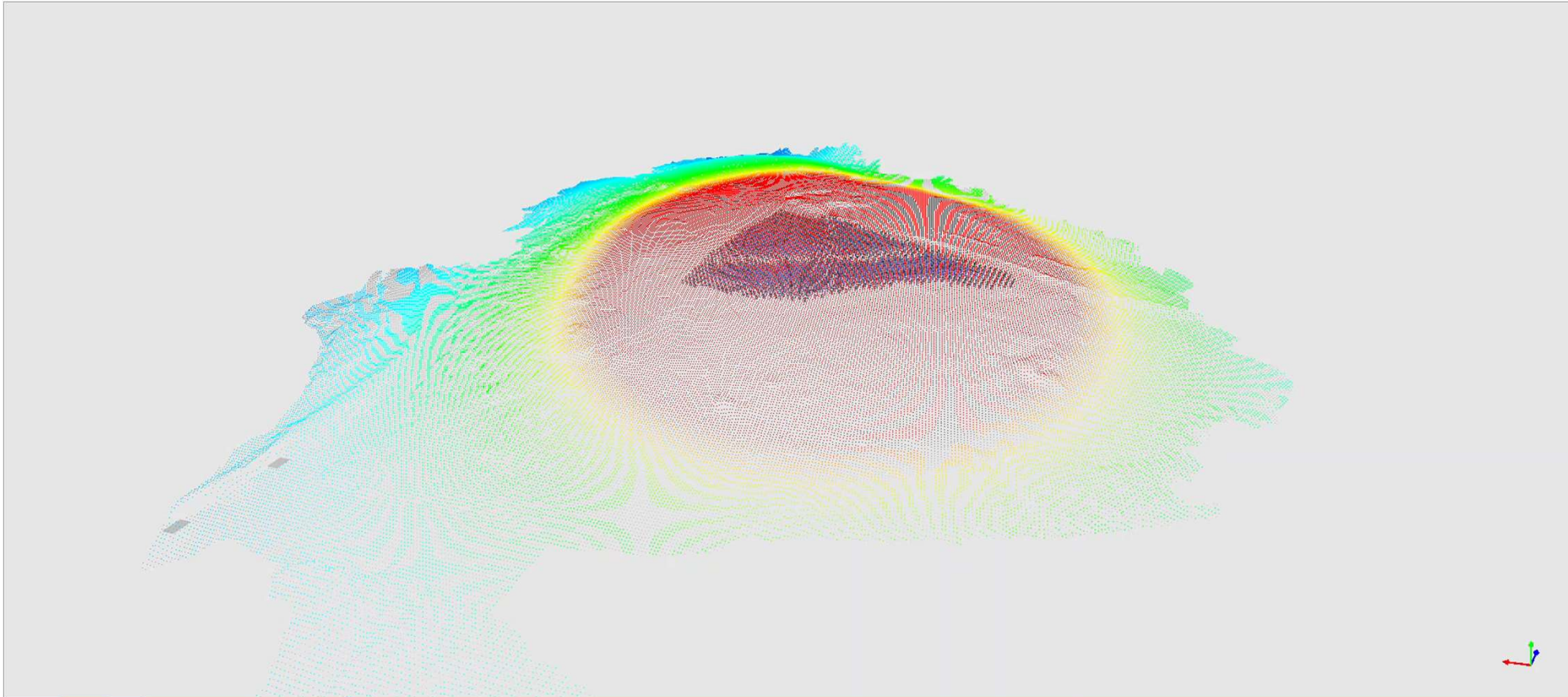




# Capacités du modèle 3D



# Capacités du modèle 3D





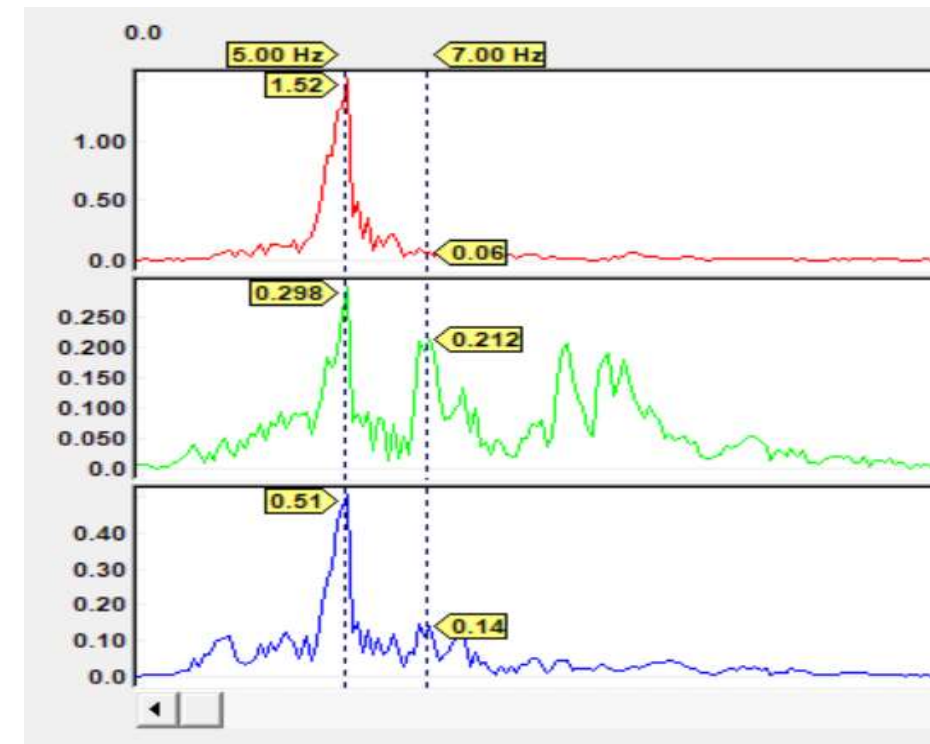
# Emplacement du pont de la rivière Canning vs la fosse Boot





# MESURES DES VIBRATIONS À L'AIDE DE SÉISMOGRAPHES

Des séismographes réguliers ont été installés sur les piliers et les arches principaux du pont.



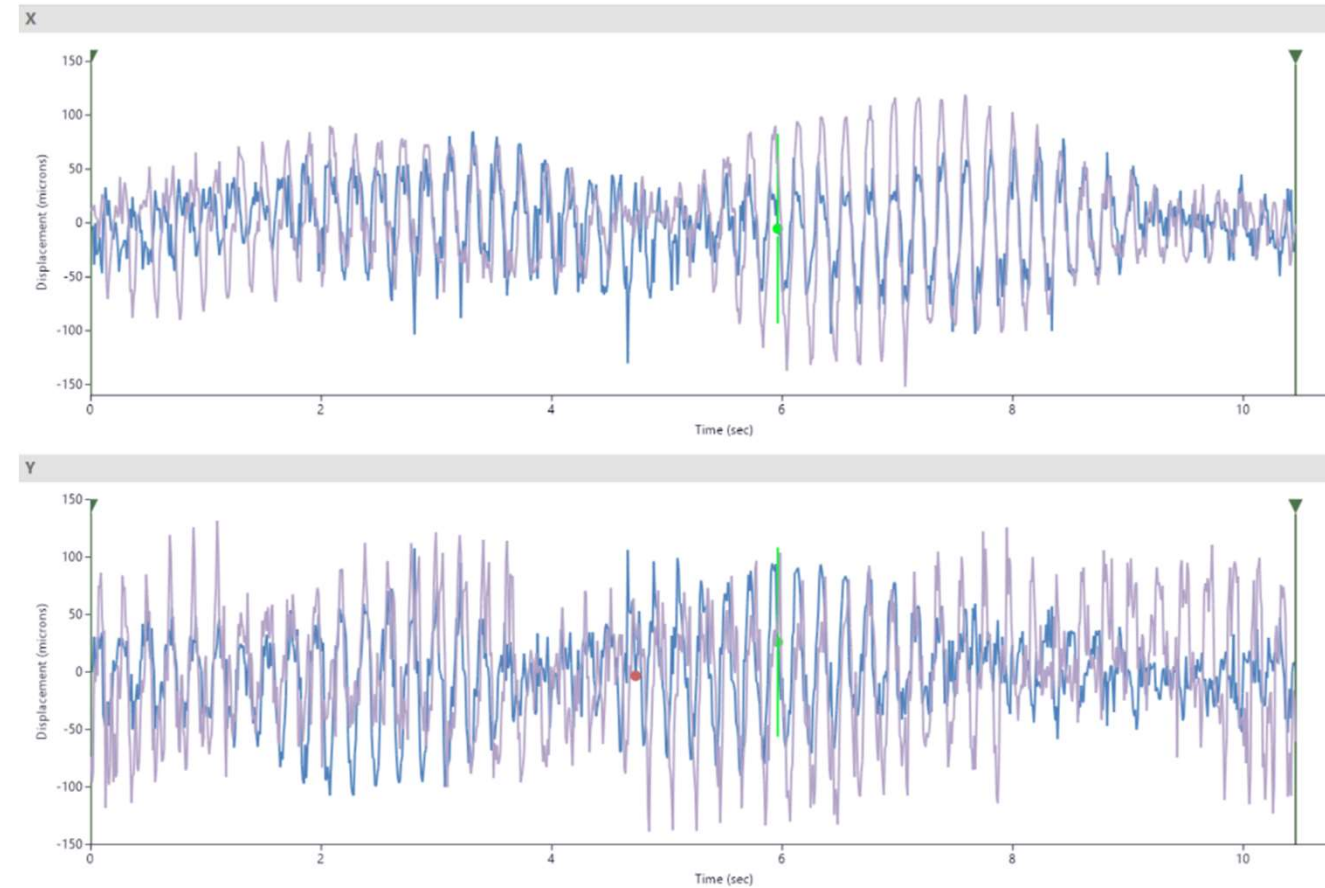
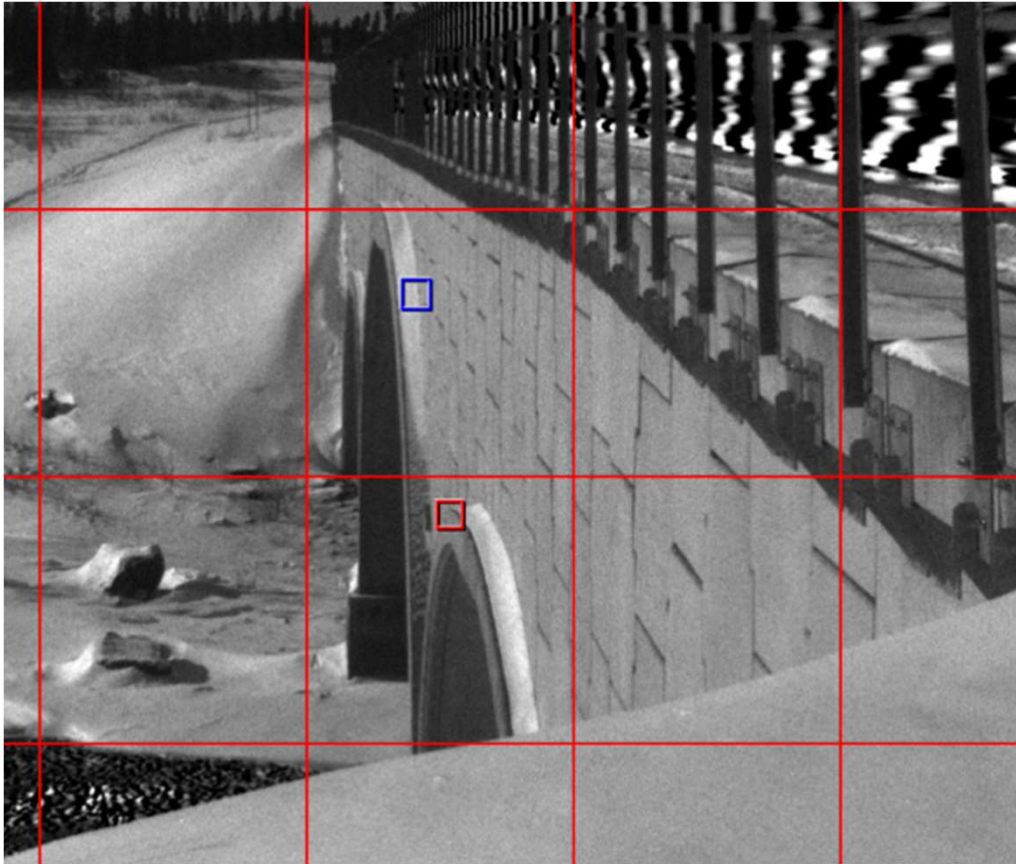
# ÉTUDE DE VIBRATION – AMPLIFICATION DU DÉPLACEMENT

Une caméra permettant d'amplifier la visualisation et la mesure du déplacement fût installée près du pont afin de confirmer les hypothèses émises pour le comportement de la structure.

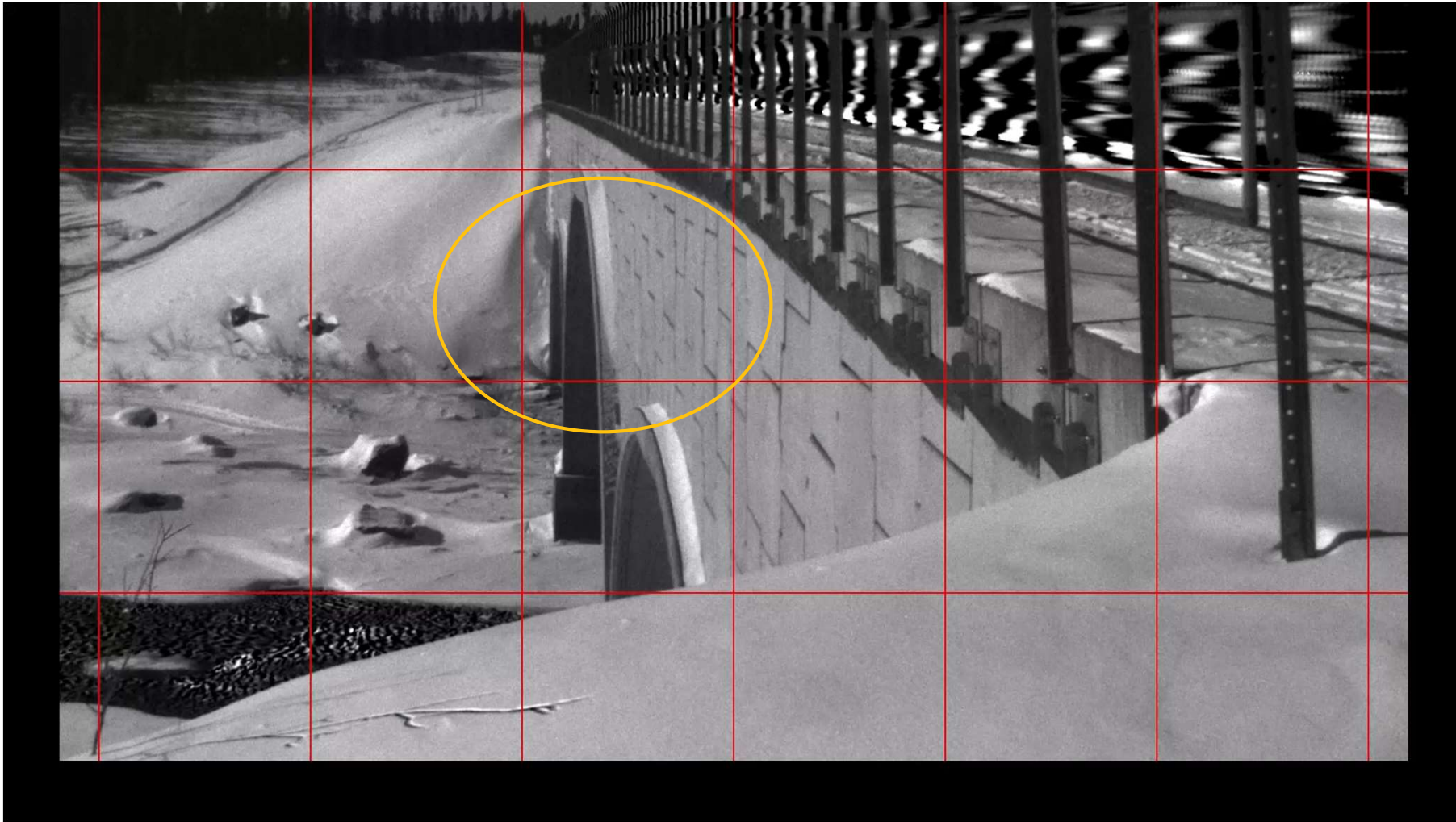




# PRISES DE MESURES DYNAMIQUES OBTENUES

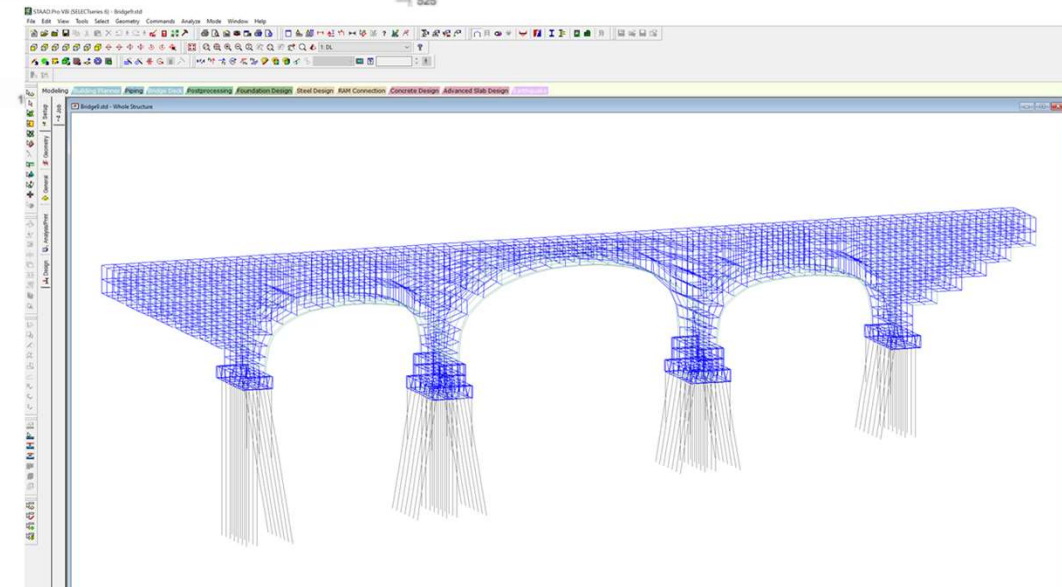
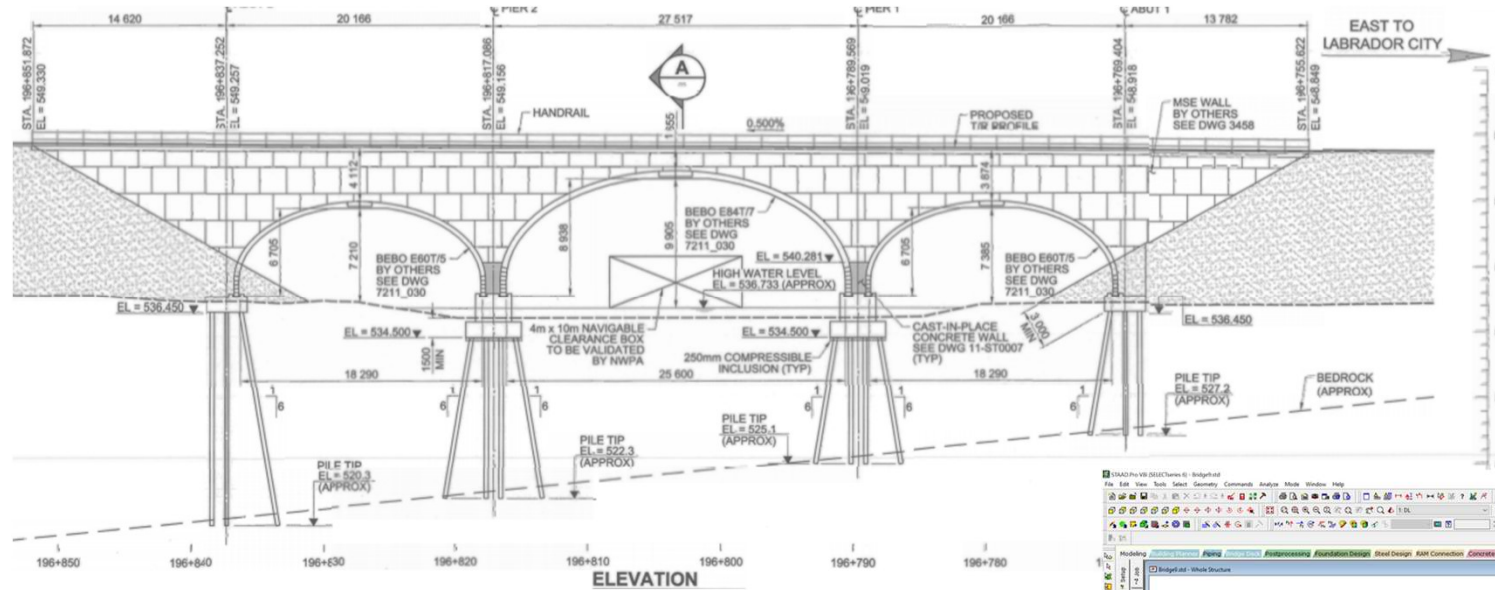


# CAMÉRA D'AMPLIFICATION DU MOUVEMENT





# PONT DE LA RIVIÈRE CANNING – ANALYSE STRUCTURALE





# ÉTAPES SUIVANTES



- Effectuer de nouvelles collectes de trous signature sur une base annuelle.
- Installer des stations de mesures autonomes , localisées sur la propriété de Tacora, ainsi que le long des axes du pont de la rivière Canning.
- Utiliser les signaux des trous signature pour optimiser la sélection des délais applicables aux séquence d'initiation électroniques des larges tirs de production afin de minimiser, voir dans certain cas annuler, les venues d'énergies associées aux spectres de plus basses fréquences.
- Ultimement, maintenir des niveaux d'amplitude de vibration suffisamment bas pour créer des opportunités de gains de productivité en utilisant des trous de forage de plus grands diamètres aux secteurs le permettant.
- Installer des stations de mesure météorologiques équipées de capteurs de gaz.



ROCK avec plaque de montage



## NEXT STEPS



- Proceed with new vibration signature wave forms monitoring (every year).
- Install permanent autonomous monitoring stations, located on Tacora's property, along the axis going to the Canning river bridge, at an elevation offering an all year long access.
- Signature hole recording will also need to be done simultaneously on the bridge pillars and arch to validate its response via specific the natural frequencies that were previously identified.
- Once representative signature hole wave forms are captured directly on the soil interface, Blast modelling will be conducted with an ultimate objective to determine optimal firing delays that will cancel all energy spectrum associated to these lowHz bands.
- Ultimately, maintain ultra low vibration amplitude signal, as measured directly on the bridge structure, thus creating opportunities for gains in productivity and use of larger blasthole diameter (350mm).

# AGENDA

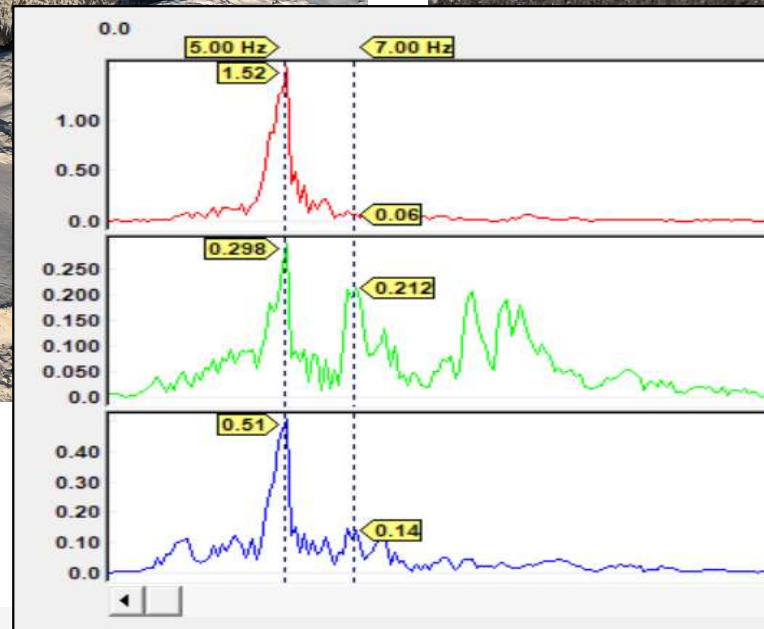
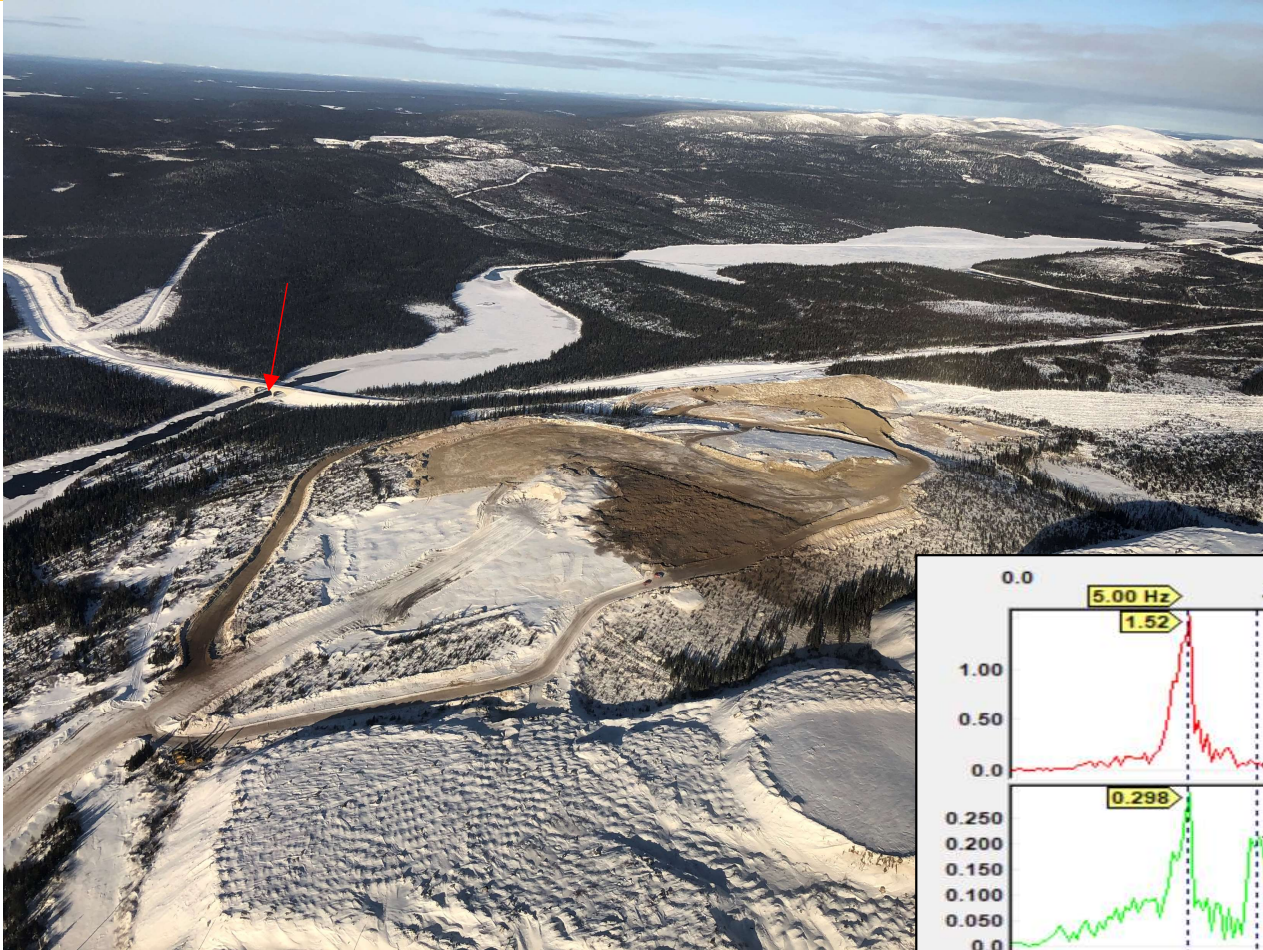


- TACORA Mine
- Le défi du pont
- Un jumeau numérique pour contrôler les vibrations
- Exemple d'un tir
- Le rôle du numérique
- Conclusion



# TACORA RESOURCES

## Le défis de contrôle des vibrations sur le pont de la rivière CANNING





# TACORA RESOURCES 08-31-2023: 4 tirs de production (~ 1M m.t)





# CONTRÔLE DES VIBRATION CHEZ TACORA RESOURCES





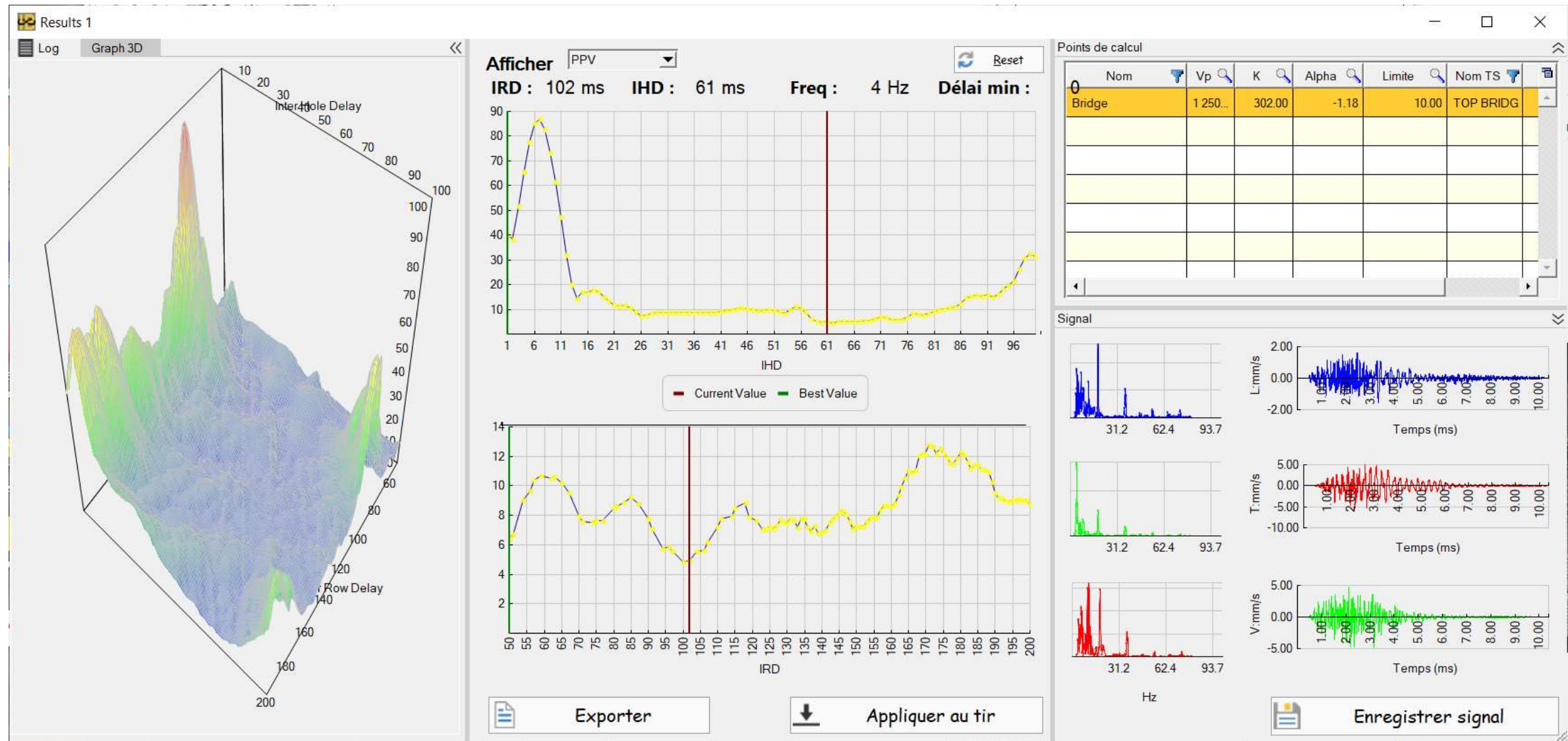
**BP 564/100-101**  
**Ø trous 200mm**

**BP 576-107**  
**Ø trous 311mm**

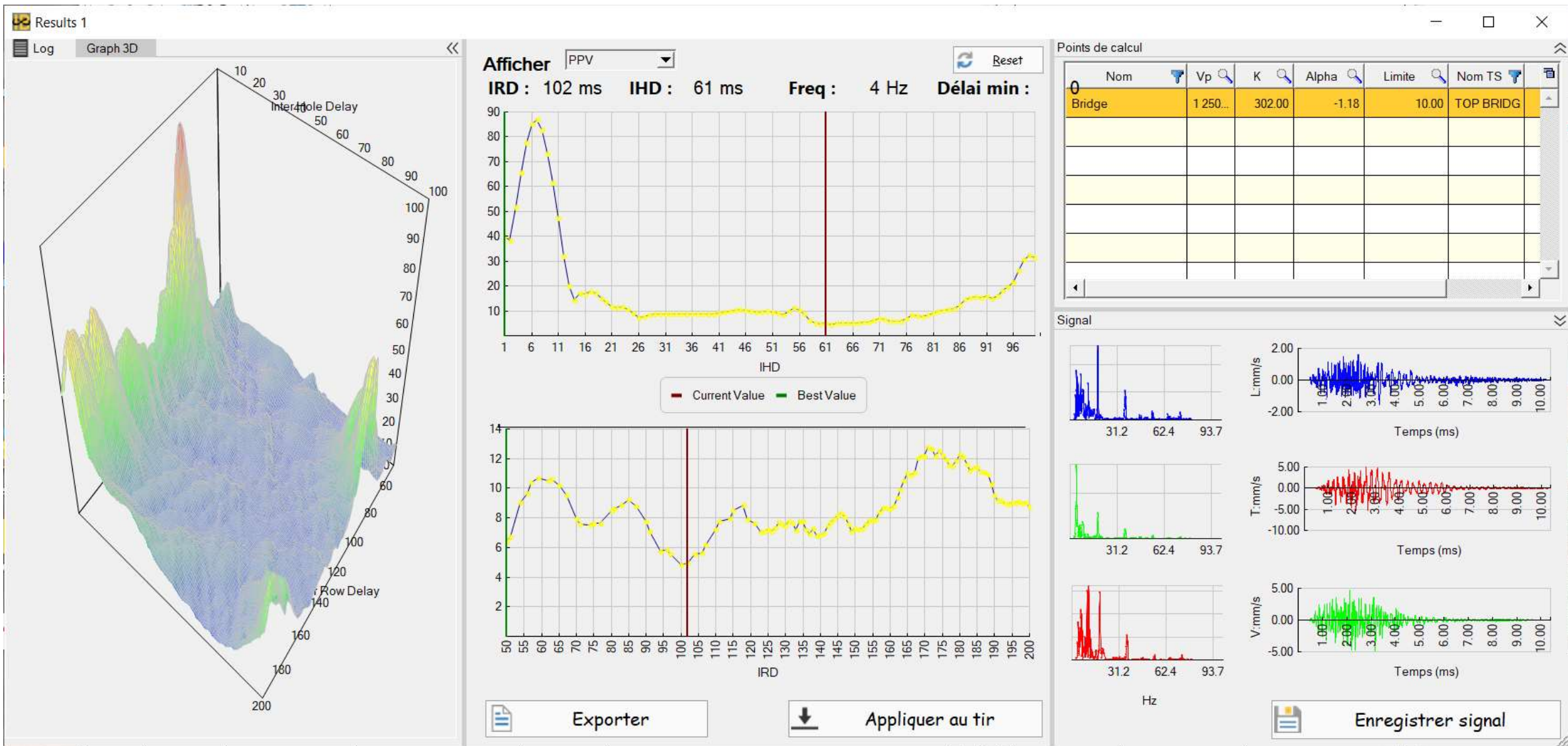




# Initiation sequence optimization based on the signature hole analysis technology



# Optimisation de la séquence d'initiation basée sur la méthode du trou signature





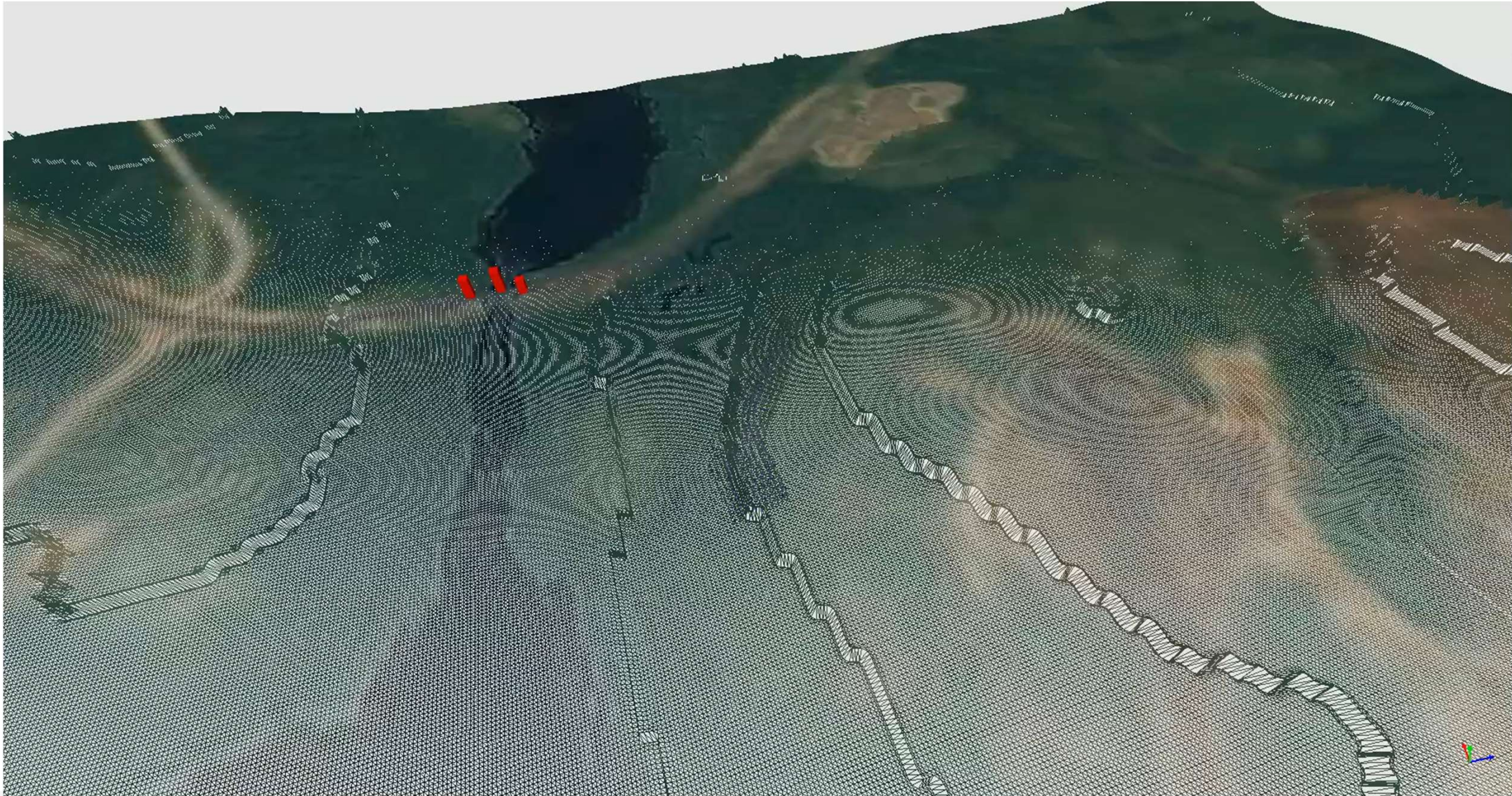
**BP 564/100-101**  
**Ø trous 200mm**

**BP 576-107**  
**Ø trous 311mm**



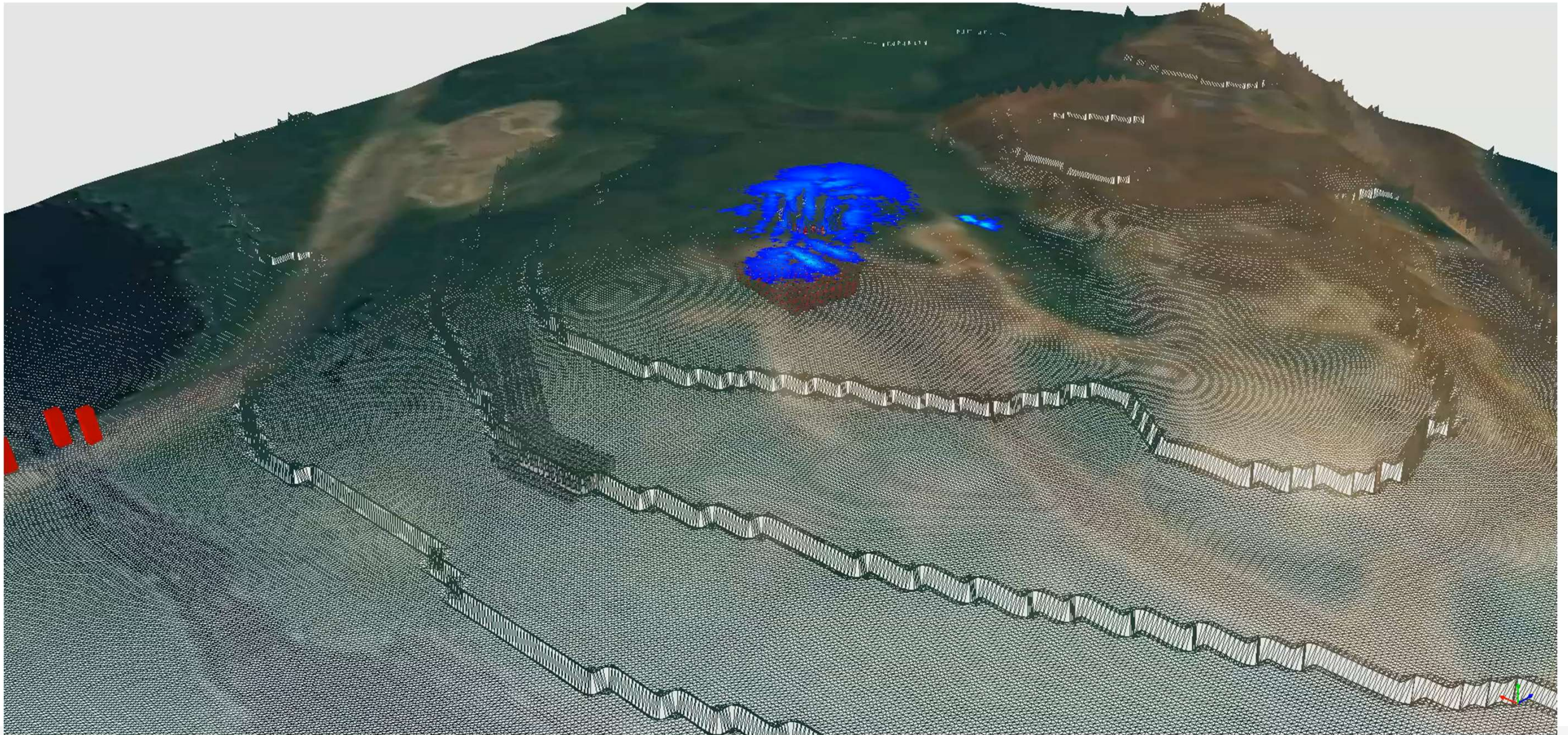


# BP 564/100-101 trous de 200mm





# BP 576-107 trous de 311mm





# CONCLUSION



- A major break through in the domain of mine blasting
  - The Tacora mine case study, with the proximity of rail road bridge infra structure calls for a precise and secure blast design process.
- The implementation of a numerical twin, boosted with live seismic data captures allowed the optimization of the electronic initiations sequence of the explosives charges and limiting the transmission of energy in the soil at specific lower Hz band that were defined by the bridge structural analysis (under 10 mm/s at the top arch of the bridge).
- This technological integration assured the infrastructures protection while improving the efficiency of the mine blasting process..
- The constant dialog between the seismic data and our numerical twin has created a dynamic feedback system that continuously adjust the blasting parameters, demonstrating the direct correlation of the seismic data collection activities and the blasting practices.
- This classic example put the lights on the positive impact of such innovations on the safety of the surrounding infrastructures, the mining costs reductions and the valorisation of the mining operations.

# CONCLUSION



- Avancée majeure dans le domaine du dynamitage minier
  - le cas de la mine Tacora, où la proximité d'un pont ferroviaire exige une précision et une sécurité opérationnelle accrue.
- L'implémentation d'un jumeau numérique, enrichi de données sismiques a permis d'optimiser la séquence d'initiation des charges explosives, limitant les vibrations à 4Hz et les réduisant en dessous de 10 mm/s au sommet du pont.
- Cette intégration technologique assure la protection des infrastructures tout en améliorant l'efficacité des tirs de mines.
- Le dialogue entre les données sismiques et le jumeau numérique a créé un système de feedback dynamique qui ajuste en continu les paramètres de dynamitage, démontrant une corrélation directe entre la collecte de données sismiques et l'amélioration des pratiques de dynamitage.
- Ce cas exemplaire met en lumière l'impact positif de telles innovations sur la sécurité des infrastructures environnantes, la réduction des coûts, et la valorisation des opérations minières.



# REMERCIEMENTS A TOUS NOS CONTRIBUTEURS...

