

L'utilisation d'un jumeau numérique de tir pour contribuer à l'exploitation durable des mines et carrières.

par Thierry BERNARD (T.B.T – DNA-Blast Group)



45^e

**Session d'étude
sur les techniques de sautage**



LE FUTUR DE L'INDUSTRIE MINIERE



Numérique



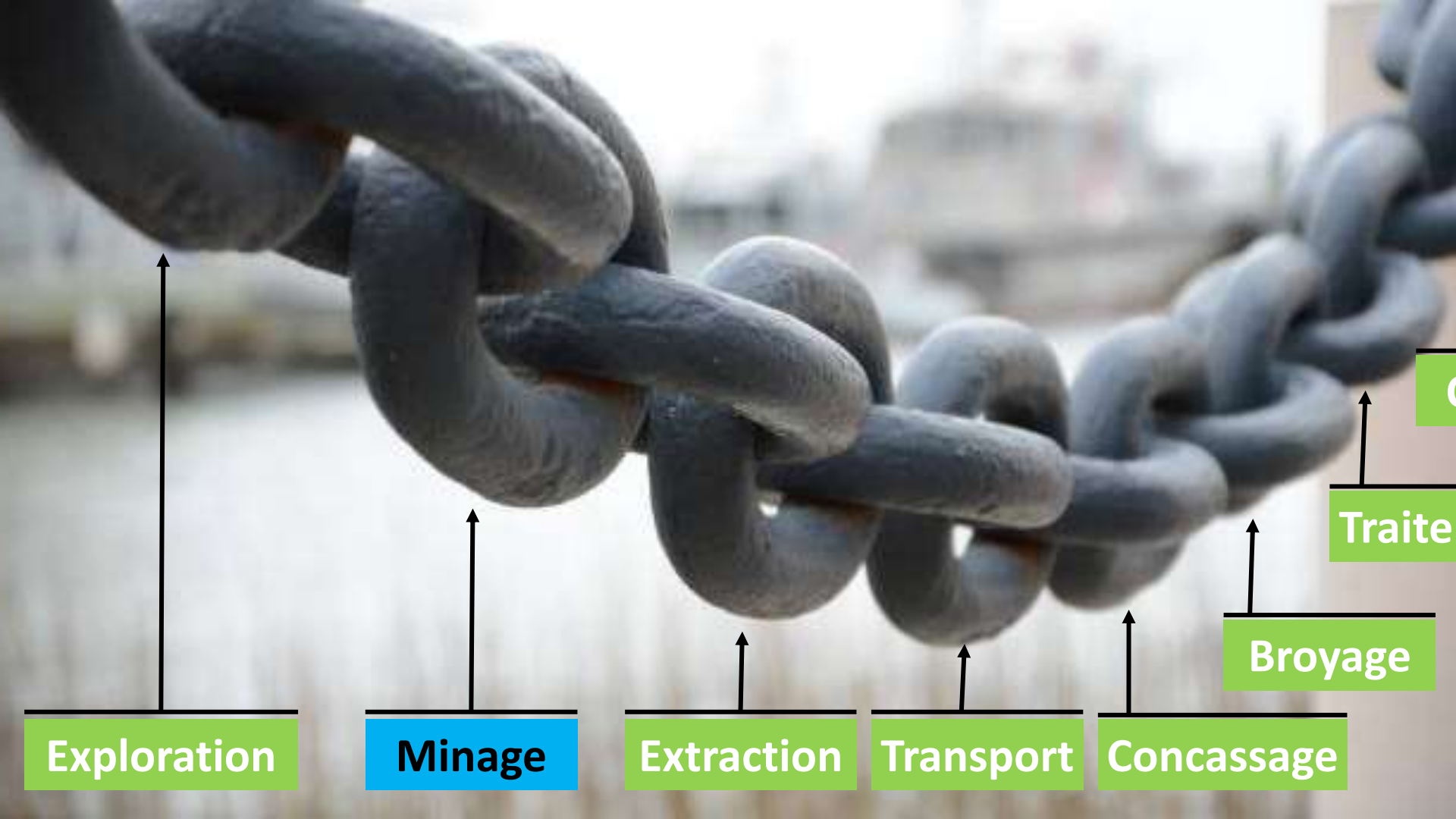
Le futur
de l'industrie
minière



Autonome
I.A.



Durable, Décarboné
Eco responsable



Exploration

Minage

Extraction

Transport

Concassage

Broyage

Traite

C



Le futur du minage sera

**durable, décarboné
éco-responsable**

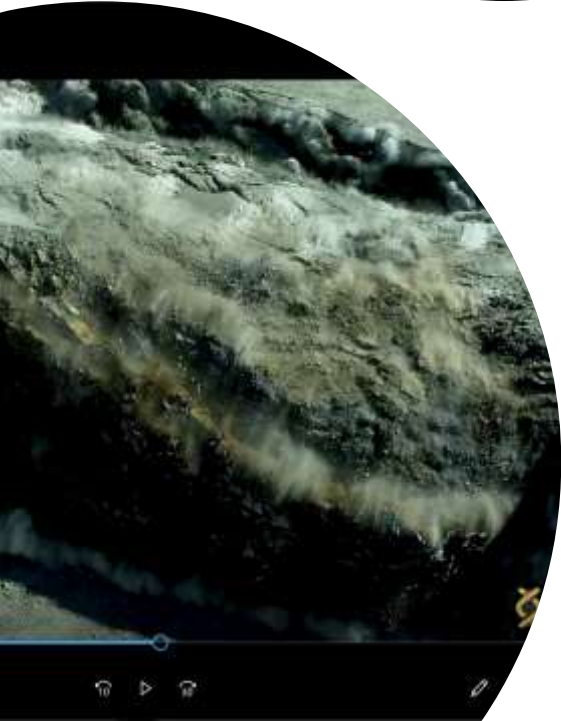
supporté par haut niveau de

technologie numérique

et

d'automatisation (I.A.)

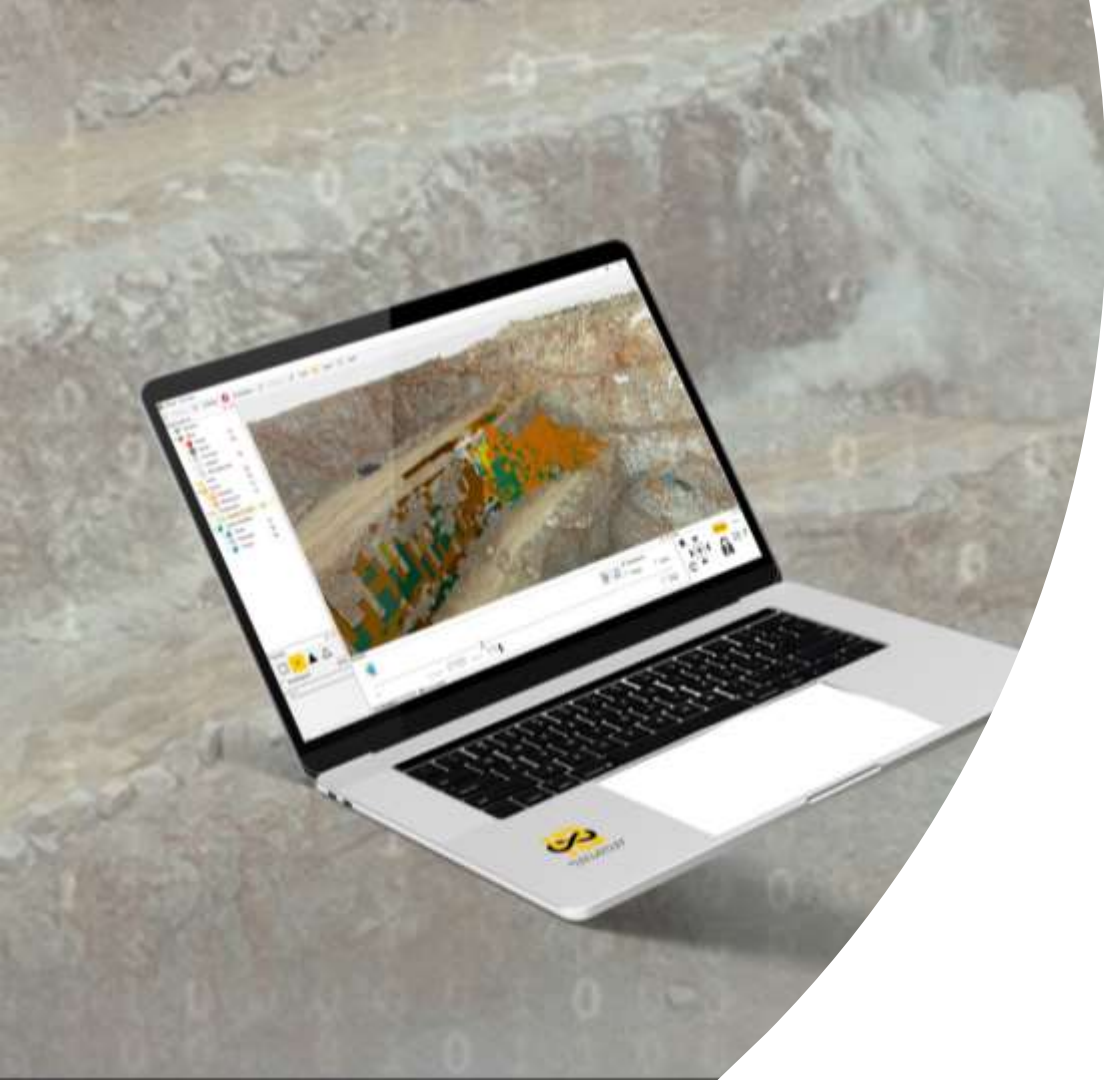




Minage & **Exploitation durable**

Le défi : **Déchets** => **Valeur**



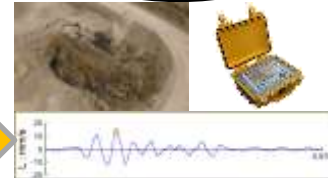


Jumeau Numérique d'un Tir de mines

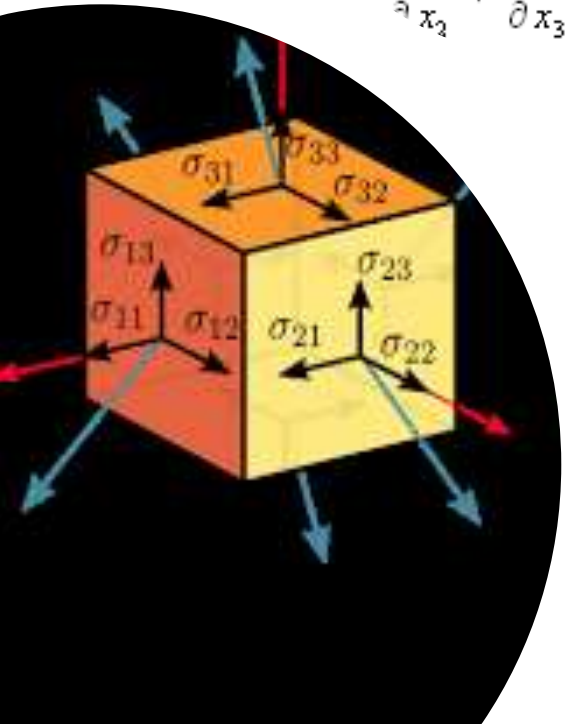
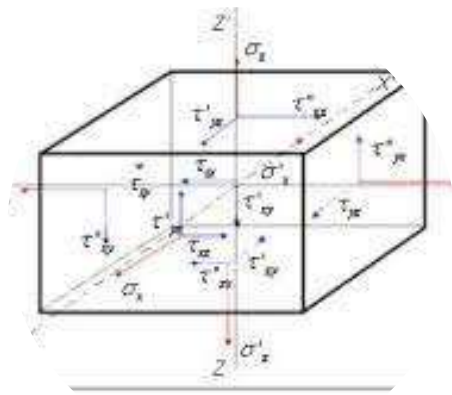


Jumeau Numérique

Un clone numérique d'un objet ou processus connecté et calibré en temps réel avec la réalité



$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial x_2} + \frac{\partial \sigma_{13}}{\partial x_3} &= 0 \\ \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{22}}{\partial x_2} + \frac{\partial \sigma_{23}}{\partial x_3} &= 0 \\ \frac{\partial \sigma_{13}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{23}}{\partial x_2} + \frac{\partial \sigma_{33}}{\partial x_3} &= 0 \end{aligned} \right\} = f_i + \sum_j$$



Blast Digital Twin Realistic 4D Blast Emulation

$$\begin{aligned} \frac{\partial s}{\partial r} &= \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(-\dot{\Psi} \right) \\ &= -\frac{1}{r^2} \frac{\partial \Psi}{\partial r} + \\ &= \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial r^2} \end{aligned}$$

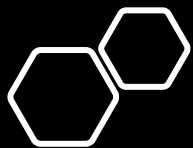
$$g = \frac{r_B}{\rho g} + z_B + \frac{U_B^2}{2g} +$$

$$j = (P_B - P_A) + \rho g(z_B - z_A)$$

$$) = \rho g(z_A - z_B) + \rho g(z_B - z_A)$$

$$U_A^2 - U_B^2 = 2gJ$$





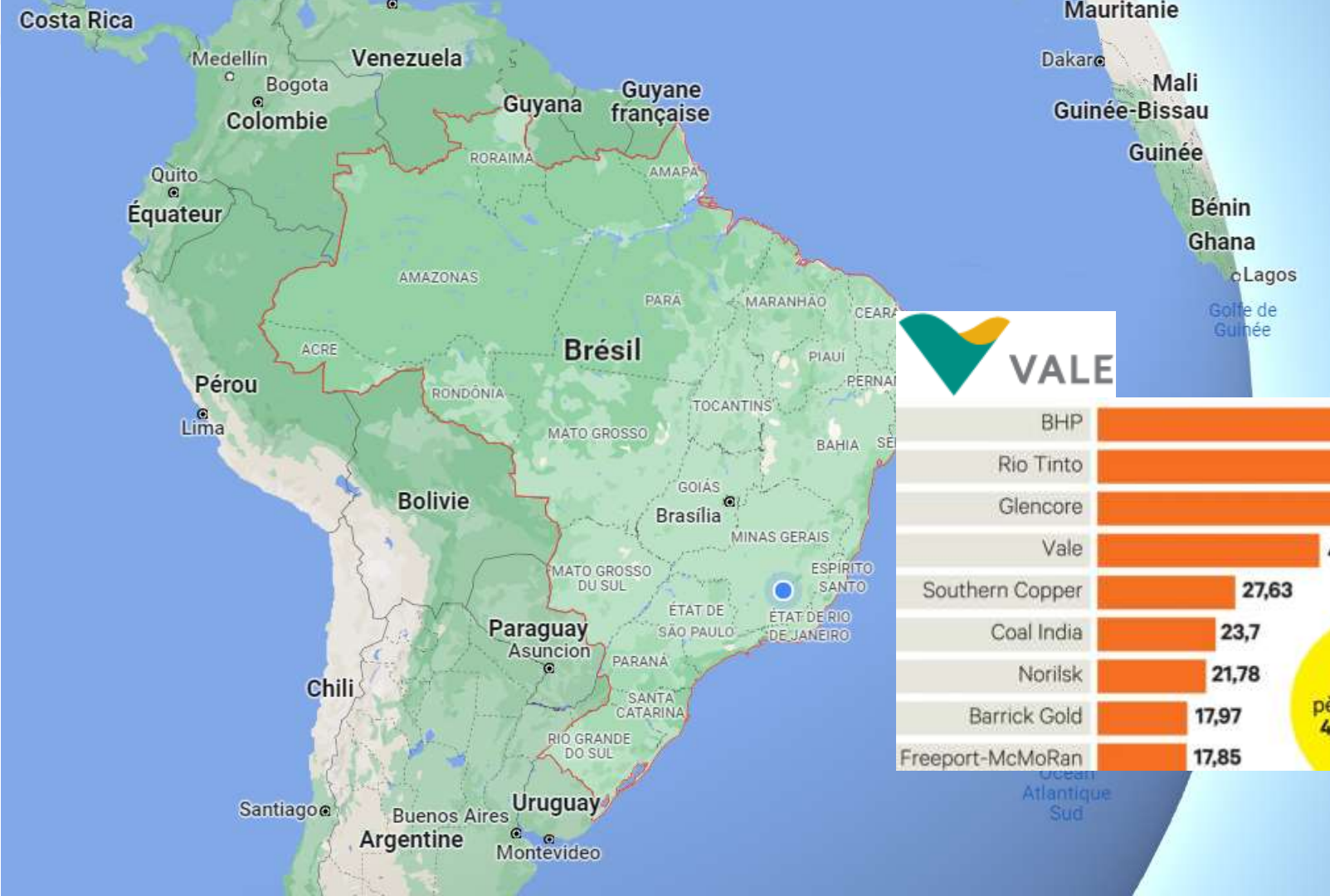
Jumeau Numérique

de tir de mines



Jumeau Numérique d'un Tir de mines





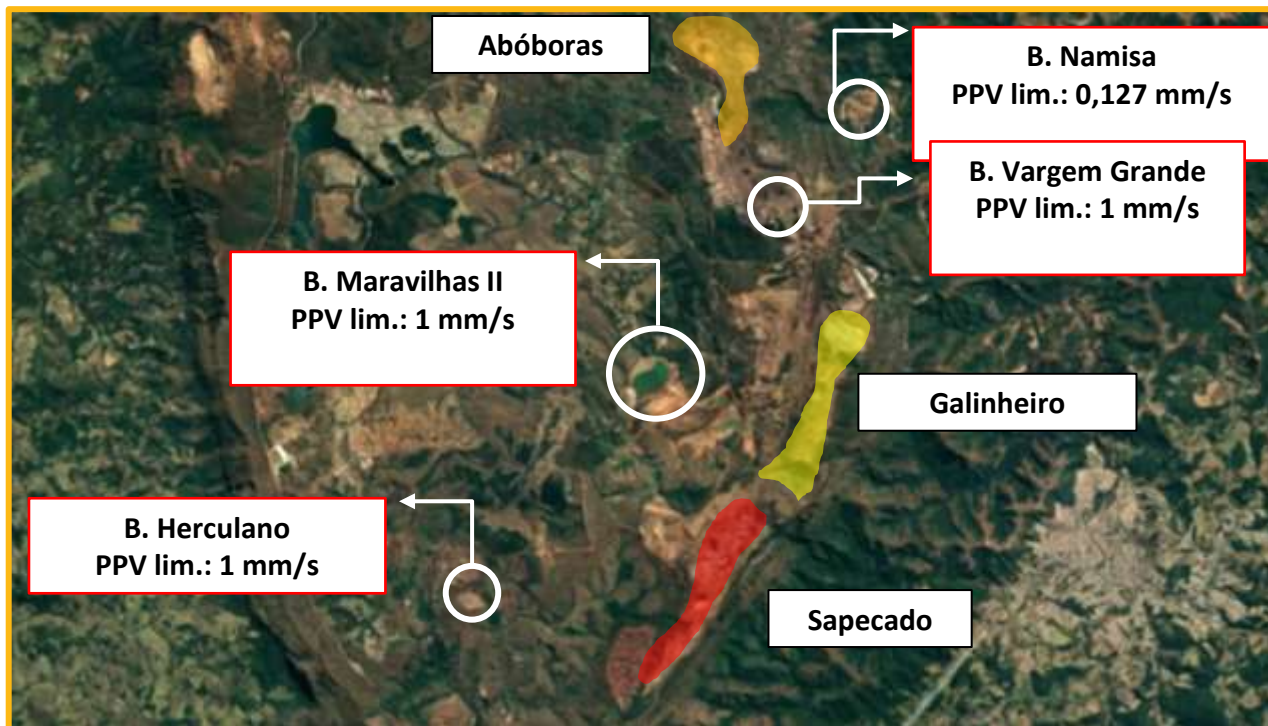
Les 10 premiers pèsent plus de 400 milliards de dollars.

La tragédie du barrage de Brumadinho



CONTEXTE GENERAL

Structures géotechniques critiques (Barrages)



Structures géotechniques critiques (Barrages)



CONTEXTE GENERAL

Cavités naturelles souterraines (zones de biodiversité)

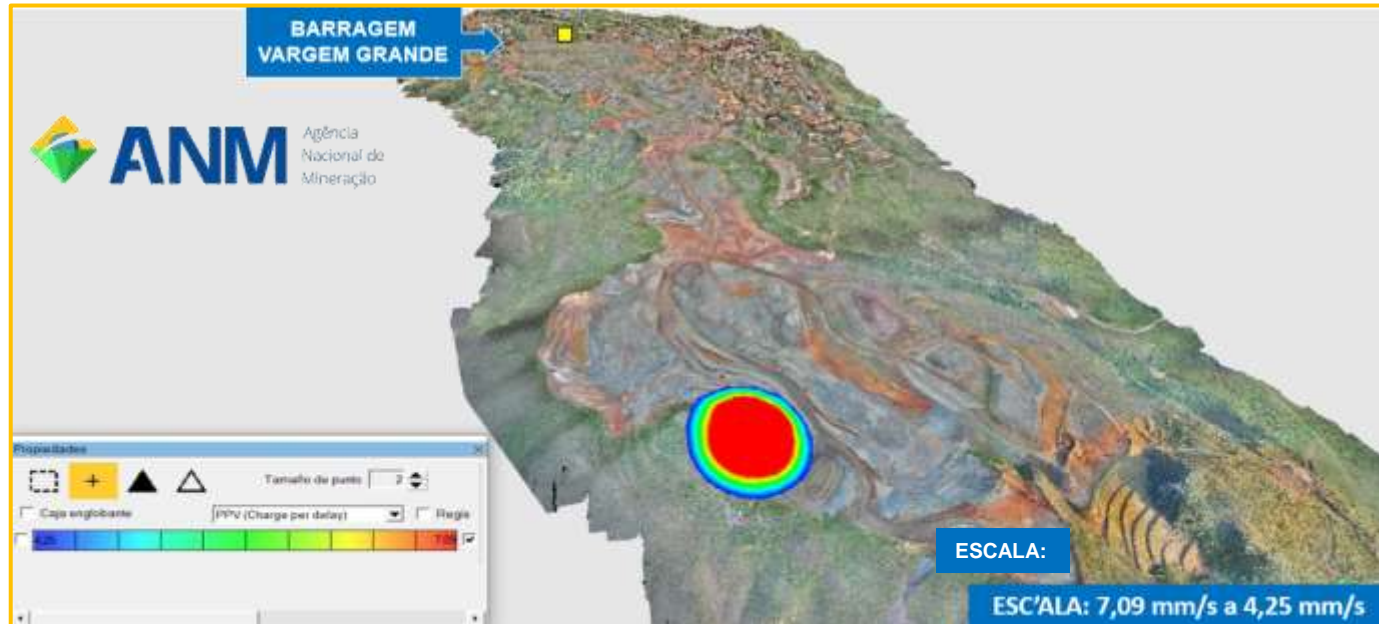


Cavités naturelles souterraines



UTILISATION DU JUMENTO NUMERIQUE

- Etude avec simulations numériques pour libérer une zone minière
- Reprise du minage à proximité des barrages, des cavités naturelles



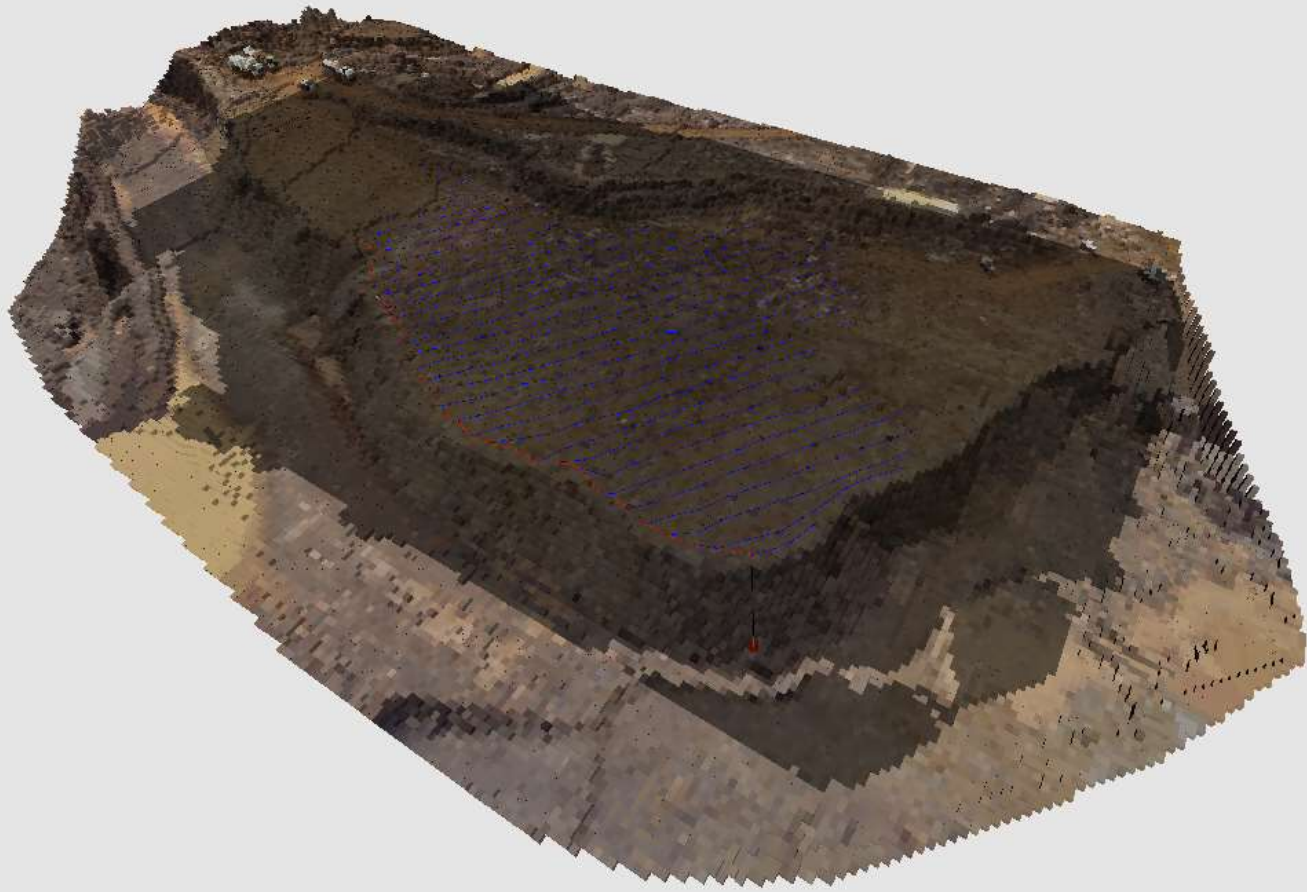
UTILISATION DU JUMENTAU NUMERIQUE

Cavités
(160m)

Barrage
(3 km)

- 512 trous
- D=205 mm
- 180 kg explosive par trou
- CU = 90 kg

UTILISATION DU JUMENTAU NUMERIQUE



UTILISATION DU JUMENTO NUMERIQUE

Simulation des vibrations sur les cavités naturelles et le barrage

Barrage

cavités
naturelles



UTILISATION DU JUMENTO NUMERIQUE

Simulation des vibrations sur les cavités naturelles et le barrage



UTILISATION DU JUMENTAU NUMERIQUE

Controle des vibrations sur les cavités naturelles



RETOUR UTILISATEUR

« En ce qui concerne l'utilisation du jumeau numérique de tir, cela nous a permis de reprendre nos activités de dynamitage, qui ont été paralysées par l'accident de Brumadinho.

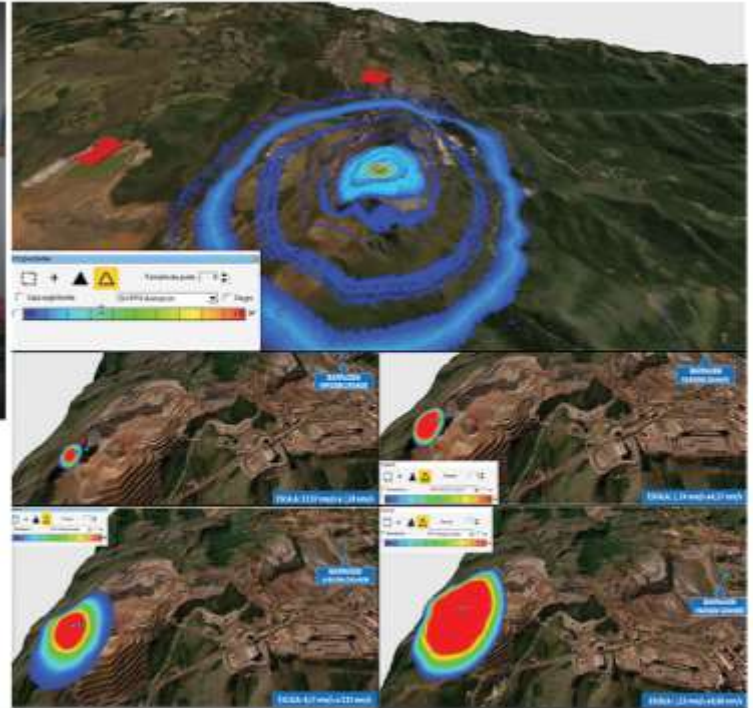
En plus de la reprise des travaux, nous disposons maintenant d'une avancée technique opérationnelle pour le minage et la création de **modèles préventifs** pour **contrôler les vibrations** induites dans les **barrages** de résidus et d'autres structures telles que: **cavités, talus et habitations**.

Par conséquent, l'action prédictive des simulations avec I-Blast a été positive, car dans les études d'atténuation et la surveillance sismique automatisée, **aucune valeur n'a dépassé les règles de sécurité du barrage**.

Les enregistrements sont également bénéfiques pour les données simulées »



Sérgio Augusto Ferreira
Specialist
Seismographic Analysis - Vale
Itabirito, Minas Gerais, Brazil



This partnership has been of great value to Vale's objectives. Thanks!!



Défis gérés par un jumeau numérique de tir



- Fragmentation



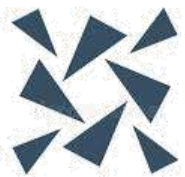
- Vibrations



- Projections
- Déplacement matériaux



- La dilution

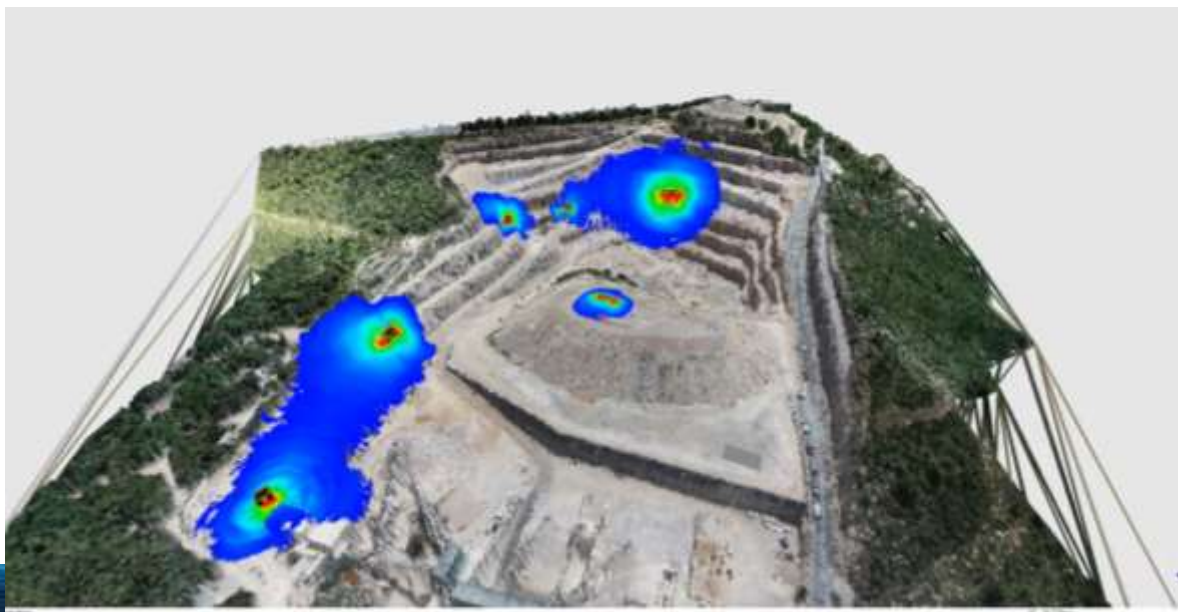


- Endommagement des talus



- Emprunte carbone

Jumeau Numérique



Emprunte Sonore &
Carbone du transport
des matériaux

Tirs de mines, Jumeau Numérique et l'exploitation durable des mines et carrières





BLAST DIGITAL TWIN

FOR A SUSTAINABLE MINING

Environmental

Vibration and air blast
impact control

Waste to value

Ore grade recovery
improvement

Decarbonization

Fragmentation improvement

Risk management

Geotechnical failure prevention

