



**HAL**  
open science

# Outils numériques et géophysiques appliqués à la prédiction de la sismicité dans les mines profondes

Marwan Alheib

► **To cite this version:**

Marwan Alheib. Outils numériques et géophysiques appliqués à la prédiction de la sismicité dans les mines profondes. Rapport Scientifique INERIS, 2013, 2012-2013, pp.68-69. ineris-01869470

**HAL Id: ineris-01869470**

**<https://ineris.hal.science/ineris-01869470>**

Submitted on 6 Sep 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Outils numériques et géophysiques appliqués à la prédiction de la sismicité dans les mines profondes

CONTRIBUTEUR



Marwan  
Al Heib

La méthode de longue-taille foudroyée est une des méthodes employées au cours des dernières années dans l'exploitation des mines de charbon européennes. Cette méthode a permis d'augmenter sensiblement le rendement des travaux (panneaux de 200 m de large et plus de 1 km de long). Les quartiers de mine sont formés de plusieurs panneaux, ces vastes surfaces exploitées induisant une redistribution du champ de contraintes initiales environnant.

En présence de failles importantes situées à proximité des chantiers, les variations de contraintes sont susceptibles d'induire un « rejeu » de ces failles à l'origine des phénomènes dynamiques potentiellement ressentis par les occupants de la surface. Les mines profondes correspondant à des contextes géologiques et d'exploitation sont globalement favorables à ce type de phénomènes (profondeur supérieure à 1 000 m, présence de failles, nombreux niveaux exploités, conditions géologiques complexes, etc.). En France, le développement d'outils de prévention et de suivi a été initié par l'INERIS pour assister Charbonnages de France dans la

gestion de la sismicité induite durant l'exploitation, avant d'être poursuivi pour mieux comprendre et prévoir la survenue d'événements sismiques dans le contexte de mines profondes en Europe et dans le monde.

## Phénomènes dynamiques et sismicité induite

La sismicité induite est caractérisée par le développement d'événements sismiques d'une magnitude comprise entre -0,2 et 4 sur l'échelle de Richter. Un phénomène dynamique résulte d'une rupture brutale du massif rocheux accompagnée de l'émission d'ondes sismiques. Ces dernières sont principalement ressenties dans le voisinage du foyer sismique (zones de rupture situées généralement dans une sphère de 2 km de rayon autour des quartiers exploités) où d'importants dégâts peuvent être observés dans les chantiers. Elles peuvent toutefois également être perceptibles en surface et être alors sources de nuisances (vibrations, bruits) ou de désordres (dommages aux biens). Plusieurs facteurs peuvent favoriser la génération d'une telle sismicité :

- profondeur importante, contraintes tectoniques initiales élevées et anisotropes, roches au comportement fragile (compétentes et résistantes) ;
- fracturation du massif, notamment si elle est parallèle à l'excavation ;
- zone exploitée à proximité d'une importante surface exploitée, etc.

## Méthodologie de prédiction de la sismicité induite

Pour améliorer les conditions d'exploitation des mines profondes, une méthodologie opérationnelle a été développée par l'INERIS. Elle associe la modélisation numérique, la surveillance sismique (incluant l'analyse des incidents et accidents) et les mesures des contraintes. Elle permet d'aider à la prédiction de la survenue et de l'intensité de phénomènes dynamiques. Deux échelles peuvent être considérées : la grande échelle est celle de l'exploitation (plusieurs kilomètres), l'échelle locale est celle de l'ouvrage (plusieurs mètres).

**Surveillance sismique** Les réseaux sismiques (local et global) constituent l'outil principal de gestion du risque de sismicité induite. Un réseau sismique doit systématiquement être

## Références

Al Heib M. *Numerical and geophysical tools applied for the prediction of mine induced seismicity in French coalmines*. International Journal of Geosciences, 2012, 3 (24A), pp. 834-846

Abdul-Wahed M. K., Al Heib M., Senfaute G. *Mining-induced seismicity: seismic measurement using multiplet approach and numerical*

*modelling* – International Journal of Coal Geology, 2006, 66, pp. 137-147.

Renaud V., Driad L., Al Heib M., Noirel J. F. *Back-analysis of the rockburst in Frieda 5 and design program for panel in Seam 6* (HBL-France), «Rockbursts 2002», International symposium research and prevention

systems, Ustron, 12-15 November 2002.

Al Heib M., Sylla M., Josien J. P. *Numerical modelling and experience for design and mines control*. Application to Provence coalmines ISBM 2003, New Dehli, India, 1-5 November 2003. Ed. Ghose and Bose (Oxford & IBH publishing Co. Pvt. Ltd.), volume 2, pp 1617-1637.

mis en œuvre pour assurer la surveillance de la sismicité associée à l'avancement de l'exploitation. Une transmission continue des données est assurée vers un site de traitement automatique des sismogrammes, permettant ainsi de déterminer les paramètres essentiels des événements : localisation du foyer, magnitude, énergie libérée et paramètres à la source. L'historique de la sismicité induite d'une zone permet de déterminer et de prédire le niveau de la sismicité et les mesures de mitigation envisagées de la prochaine exploitation. La localisation des événements et leurs caractéristiques constituent une source de données essentielles pour la calibration des modèles numériques.

**Modélisation numérique à l'échelle locale et globale** La modélisation numérique est un appui précieux à la planification des travaux miniers. On l'utilise notamment pour déterminer l'orientation optimale des panneaux, l'influence de l'exploitation sur les panneaux voisins et les ouvrages en surface, ainsi que la localisation des zones les plus susceptibles de présenter un comportement dynamique. Ce type d'outil présente de nombreux avantages : possibilité de simuler le processus d'extraction, flexibilité pour l'étude de différentes configurations, haute précision, etc.

La méthode dite de « déplacement de discontinuité » (DD) a été améliorée et appliquée par l'INERIS à la problématique de l'exploitation minière. Cette méthode, très utile pour les mines tabulaires, permet la prise en compte des failles à grande échelle et l'intégration au calcul d'un grand nombre de veines et de failles. Les zones de concentration de contraintes sont ainsi potentiellement identifiées. Les méthodes des éléments finis et des éléments distincts sont, pour leur part, employées dans le but d'identifier les mécanismes de rupture et la réponse du massif à l'échelle de l'ouvrage. Par conséquent, les problèmes à grande échelle peuvent être traités plus aisément. Les failles et les panneaux sont représentés sous la forme d'un plan. Deux codes de calcul (SUIT3D, FAULT3D) ont été développés par l'INERIS en collaboration avec l'Académie des sciences de Saint-Petersbourg (Russie).

La validation de la méthodologie développée est réalisée en s'appuyant sur de configurations simples.

Des mesures de contraintes sont fortement recommandées

par cette méthodologie, notamment pour les mines susceptibles de générer une activité sismique. Elles sont réalisées en trois situations :

- concevoir un nouveau panneau;
- contrôler l'évolution des contraintes en raison des activités minières;
- comprendre l'apparition de conditions d'accident minier.

### Conclusion

Cette méthodologie opérationnelle a été appliquée aux mines de charbon françaises afin de mieux planifier les travaux miniers et de mieux prédire les conséquences de phénomènes dynamiques. Elle est également développée et améliorée grâce aux projets de recherche que l'INERIS mène avec ses partenaires européens. Les projets I2MINE (*Innovative Technologies and Concepts for the Intelligent Deep Mine of the Future*) et RFCS (*Research Fund for Coal and Steel*) permettent de continuer son développement et son application aux nombreuses mines profondes à travers l'Europe.

### ABSTRACT

Active and disused mine workings may, in some specific contexts induced seismic activity. Trying to understand and, even more, predict this kind of events appears to be very complex. INERIS developed a

methodology based on coupling seismic analysis (monitoring) and numerical modelling. It enables to define the location of the tremors as well as the released induced stresses. This methodology appears to be efficient for detecting areas of coalmines prone to rockburst hazard as well as a powerful tool for assisting the planning of underground workings in complex geological and mining conditions.