

Développement d'une méthodologie de modélisation de l'endommagement du recouvrement des cavités dans le sel

Diego Mercerat, Mountaka Souley, Lynda Driad-Lebeau

▶ **To cite this version:**

Diego Mercerat, Mountaka Souley, Lynda Driad-Lebeau. Développement d'une méthodologie de modélisation de l'endommagement du recouvrement des cavités dans le sel. Rapport Scientifique INERIS, 2008, 2007-2008, pp.102-104. ineris-01869208

HAL Id: ineris-01869208

https://ineris.hal.science/ineris-01869208

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.

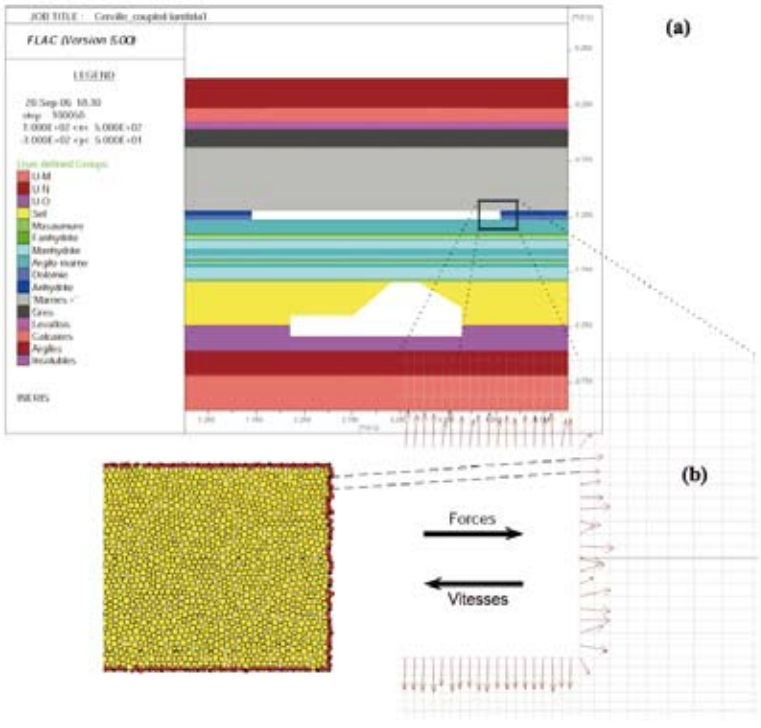
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Développement d'une méthodologie de modélisation de l'endommagement du recouvrement des cavités dans le sel

> DIEGO MERCERAT, MOUNTAKA SOULEY, LYNDA DRIAD-LEBEAU

L'INERIS instrumente depuis 2005, dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique GISOS, une cavité saline en exploitation dans le bassin salifère lorrain. Le site d'expérimentation se situe à l'intérieur du périmètre de la concession minière de Cerville-Buissoncourt appartenant à la société SOLVAY. Il s'agit de mettre à profit l'occasion unique, offerte par l'évolution d'une grande cavité souterraine jusqu'à son effondrement provoqué volontairement (partie intégrante de la méthode d'exploitation), pour valider, en vraie grandeur, différentes techniques d'auscultation et de surveillance, employées par l'INERIS et d'autres partenaires du GISOS.

#1



> Modèle géométrique de Cerville-Buissoncourt : (a) domaine continu, (b) inclusion PFC du banc de Dolomie à l'aplomb de la cavité – échange des vitesses et forces à l'interface des deux domaines.

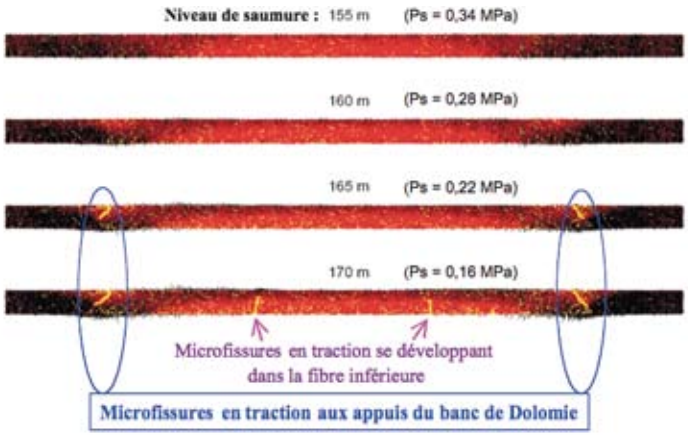
Le suivi de l'effondrement de la cavité de Cerville-Buissoncourt, opérationnel depuis 2005, entre actuellement dans sa phase ultime. En effet, plusieurs crises microsismiques importantes ont eu lieu depuis le mois de mars 2008. Ces crises ont pu être parfaitement corrélées avec des variations du niveau de saumure dans la cavité.
Parallèlement à ce suivi, des travaux de modélisation numérique du comportement mécanique complexe du recouvrement ont été entrepris. Il s'agit d'analyser l'initiation des microfissures et leur propagation dans le recouvrement et, plus généralement, les mécanismes d'instabilité mécanique associés. Une approche spécifique de modélisation associant, d'une part, une représentation explicite de l'endommagement (initiation, propagation et interaction dynamique des microfissures) pour les matériaux élasto fragiles, et d'autre part, des modèles de comportement plus ductile, écrouissable et viscoplastique, a été proposée puis appliquée afin de restituer au mieux le comportement de la cavité de Cerville-Buissoncourt suite à une diminution progressive de la pression de saumure dans la cavité.

MÉTHODOLOGIE

Une approche mixte « milieu continu – milieu discret » a été proposée pour la modélisation numérique de l'endommagement au sein des structures géologiques situées dans le recouvrement. La méthode consiste à utiliser un code aux éléments discrets (PFC2D©) pour modéliser les zones susceptibles de générer de la microsismicité (bancs relativement raides du recouvrement) et un code de milieu continu (FLAC©) pour simuler la rhéologie plus complexe de matériaux plus déformables (couches marneuses). Ce travail a conduit à l'élaboration d'un modèle géomécanique hybride à grande échelle.
Dans ce modèle hybride (figure 1), afin de reproduire le comportement élasto-fragile du banc raide composé par un niveau d'anhydrite et la dolomie de Beaumont, une inclusion PFC2D© a été

créée avec un arrangement aléatoire des particules collées aux points de contact (ciment). Le reste du modèle (extensions latérales du banc raide, les marnes intercalaires au toit immédiat de la cavité, la formation salifère et les calcaires et les grès du haut toit) a été modélisé avec le code continu FLAC© avec l'aide d'une loi de comportement élastoplastique avec écrouissage (pré et post-pic de la courbe contrainte-déformation) dont les caractéristiques mécaniques découlent directement des essais de laboratoire. Pour l'inclusion, en revanche, la calibration des microparamètres du modèle discret a été nécessaire en reproduisant les réponses macroscopiques du banc raide, déduites d'essais triaxiaux ou, plus récemment, d'essais de flexion « trois points ». Dans ce dernier cas, les facteurs d'intensité de contrainte KIC (caractérisant la propagation des fissures en mode ouverture et obtenus à partir des essais et des simulations avec PFC2D) ont été comparés.
La vérification du modèle géométrique (haut de 850 m et large de 4600 m) du type numérique hybride est réalisée en comparant avec succès les profils de déplacements et de contraintes obtenus par les deux approches : mixte et continue (dans ce dernier cas, tout le site est modélisé en milieu continu).

#2

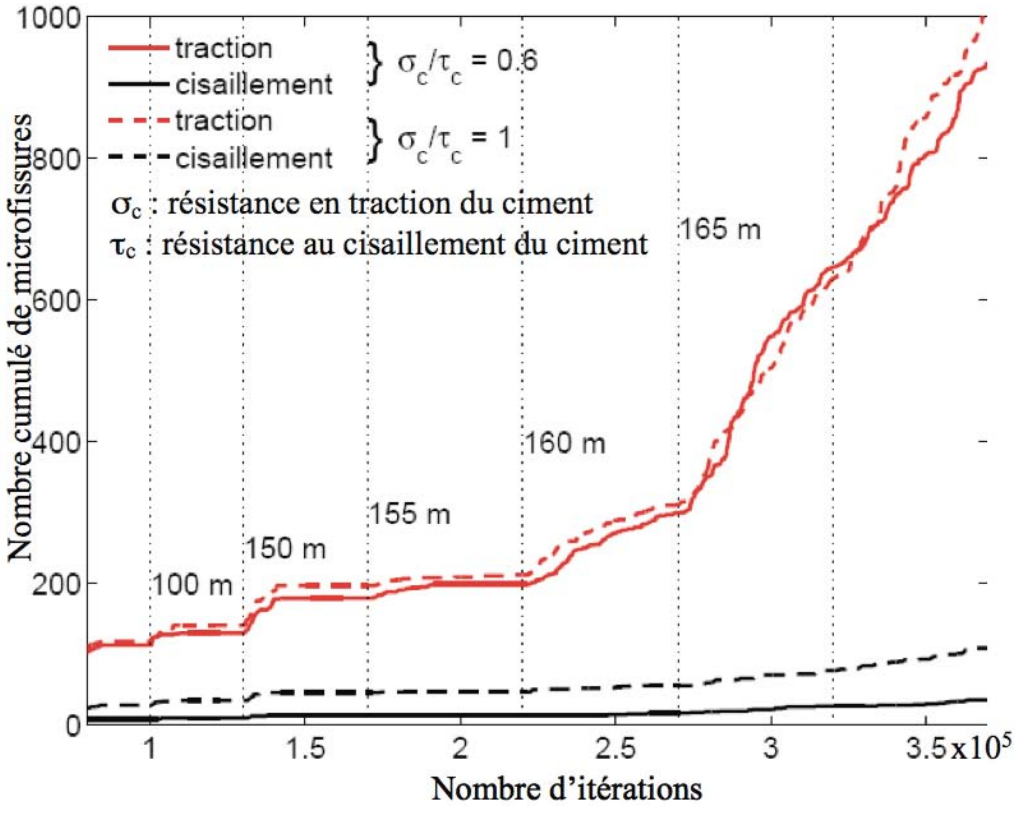


> Répartition des forces (traction et de compression intergranulaires respectivement en rouge et noir) et localisation des zones en rupture (microfissures en traction et en cisaillement, respectivement en jaune et bleu) dans le banc de dolomie suite à une diminution de la pression de saumure dans la cavité.

IMPACT D'UNE DIMINUTION DE LA PRESSION DE SAUMURE DANS LA CAVITÉ

Les simulations numériques mettent en évidence que, tant que la pression de saumure reste au-dessus de 0,28 MPa (ce qui correspond à un niveau de saumure dans le puits d'injection à 160 m de la surface, le toit de la cavité étant à 182 m), il n'y pas de développement significatif

#3



> Évolution du nombre de microfissures en traction (rouge) et en cisaillement (noir) suite à la baisse du niveau de saumure.

[RÉFÉRENCES

Mercerat D., 2007. *Sismicité induite et modélisation numérique de l'endommagement dans un contexte salin. Thèse de Doctorat INPL,* 189p.

Mercerat D., Souley M., Driad-Lebeau L. and Bernard P., 2007. *Evaluation of overburden damage in a salt mine environment evaluated by a coupled continuum-discrete numerical modelling approach.* Solution Mining Research Institute (SMRI) – Spring 2007 Conference, 29 April-2 May, Basel, Switzerland.

Souley M. , Mercerat D., Driad-Lebeau L., Bernard P., 2008. *A large scale continuum-discrete numerical modelling: application to overburden damage of a salt cavern.* Colloque Post-Mining 2008, February 6-8, Nancy, France.

de microfissures : la distribution des quelques microfissures ainsi formées reste diffuse (figure 2). La concentration des forces n'est pas très nette, même si l'on constate le développement d'une zone en traction au centre du banc de dolomie. En deçà d'une pression de 0,22 MPa (niveau de saumure à 165 m), on note une coalescence des microfissures dans deux zones localisées aux appuis dans la fibre supérieure du banc. À partir de 0,16 MPa (niveau de saumure à 170 m), des microfissures se développent dans la partie centrale à la base du banc de dolomie. Elles commencent à se propager ensuite vers le haut. Il faut noter qu'en deçà de 0,22 MPa, les calculs numériques (quasi statiques) ne mettent en évidence aucun état d'équilibre stable, ce qui peut traduire une initiation du processus irréversible d'effondrement de la cavité.
Une autre façon de mettre en évidence l'apparition d'une instabilité dès que la pression de saumure devient inférieure à 0,22 MPa est l'analyse du nombre de microfissures générées dans le banc au fur et à mesure de la diminution de cette pression. La figure 3 montre, en effet, une augmentation nette du nombre des microfissures dès que ce seuil est dépassé. Cette brusque augmentation du nombre de microfissures a été observée sur de nombreux essais de laboratoire avec suivi des émissions acoustiques. Elle indique la création de macrofractures qui entraînent la perte totale de résistance de l'échantillon de roche. Dans les simulations réalisées (figure 2), il est à noter que le mécanisme de fracturation dans le banc compétent dolomitique est essentiellement lié à des efforts de traction, le nombre de microfissures en cisaillement restant marginal (<10 %).
La localisation de la déformation par coalescence des microfissures dans les zones les plus sollicitées du banc raide ouvre des perspectives intéressantes quant à une confrontation avec les mesures microsismiques qui seront enregistrées lors de l'effondrement qui se produira dans l'avenir. Cela permettra de valider la méthodologie employée et son utilisation sur d'autres sites.

SUMMARY

With the objective to better understand the evolution of overburden damage on top of an underground solution mining, an in-situ experiment is undertaken above a salt cavity in the Lorraine region (NE of France) until 2005. The overburden overlying the salt cavity is characterized by a competent layer where most brittle damage, with the associated microseismicity, is expected. This work is focussed on a coupled continuum-discrete modelling approach to simulate the mechanics of fracture initiation and propagation in the rock mass. A methodology of a large scale coupled continuum-discrete modelling is proposed and applied to the site of Cerville-Buissoncourt. The numerical verification of the hybrid approach response is achieved by comparing the results with those from the fully continuum model at the site scale when the competent layers behave elastically. The results are quite satisfactory. Moreover, the development of microcracking is in accordance with the predicted tensile zones obtained with a fully continuum approach. The sudden rise up of the microcracks cumulative number from a specific brine depth level on, can be interpreted as the fracture development by coalescence of microcracks within the competent bed, which may possible, indicate the beginning of a generalized instability of the overburden. Finally, the coupled continuum-discrete methodology presented herein provides a good opportunity to explicitly simulate the microcraking in the overburden. A conclusive statement about failure mechanisms, with eventually a quantitative comparison, will be achieved when information about microseismic event locations and magnitudes will be available.