

EVALUATION DES PROPRIETES HYDRAULIQUES DES ZONES FRACTUREES AU VOISINAGE D'UNE GALERIE – SITE DE BURE (FRANCE)

Objectif(s) : Evaluation par modélisations particulières de la géométrie et des propriétés hydrauliques des zones fracturées et endommagées lors du creusement d'une galerie dans des argilites

Client : ANDRA

Date : 2004 – 2005

Lieu : Site de Bure, France

Partenaires : AUCUN

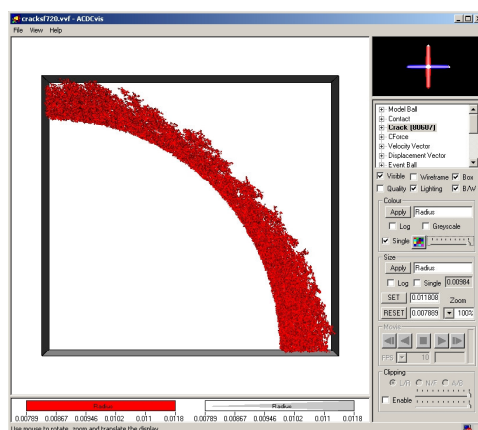
Responsable du projet : Fabian DEDECKER

Logiciel(s) utilisé(s) : PFC^{3D} & 3FLO

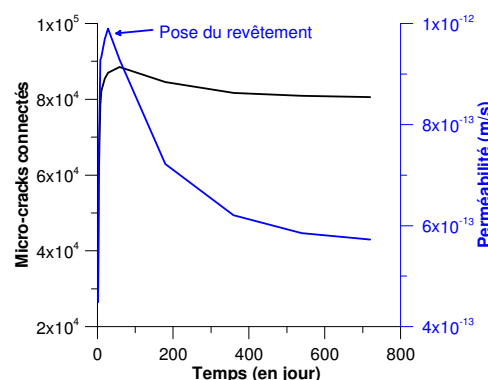
Lors du **creusement d'une galerie** (tunnel, puits), la roche avoisinante subit un déconfinement rapide pouvant entraîner une fracturation locale, voire un **endommagement** majeur, à plus ou moins long terme. Lorsque cette galerie est un ouvrage de stockage de déchets radioactifs, il est nécessaire d'analyser le **réseau de fractures** engendré, ainsi que l'**évolution de la perméabilité** liée au remaniement du massif rocheux.

C'est dans ce cadre que nous avons développé une technique d'analyse innovante, **en associant PFC^{3D}** (logiciel de modélisation du mouvement et de l'**interaction de corps discrets**) à **3FLO** (logiciel de **calculs d'écoulement** dans les milieux fracturés). PFC^{3D}, de part son principe, permet de modéliser le réseau de micro-fractures (zone endommagée) autour de la galerie, tandis que 3FLO, permet **d'estimer la perméabilité équivalente du réseau de fractures**. La perméabilité a été obtenue, en simulant un champ d'écoulement dans le réseau de micro-fractures.

Les argilites du Callovo-Oxfordien du site du laboratoire souterrain de Bure étant bien documentées, nous avons validé cette technique sur ce site, en modélisant le comportement de l'argile après deux années d'ouverture de la galerie.



Réseau de micro-fractures connectées après 2 ans d'ouverture de la galerie



Nombre de micro-cracks connectés et variation de perméabilité de la zone fracturée depuis l'ouverture de la galerie

MOTS-CLES :

- Modélisation numérique discrète
- Approche AC/DC
- Calcul parallèle
- Argilites du Callovo-Oxfordien
- Endommagement
- Perméabilité

⇒ RESULTATS :

- L'évaluation de la perméabilité induite par l'endommagement via le couplage d'un calcul mécanique de type « granulaire » et d'un calcul hydraulique de type « réseau de fracture discret » est viable numériquement.
- La micro-fracturation connectée à la galerie devient significative (plus de 40 cm de profondeur) dès le premier mois.
- La micro-fracturation se localise rapidement selon la direction des contraintes principales mineures.
- L'utilisation d'une « loi carré », liant la transmissivité à l'épaisseur de la micro-fracture (=ouverture) est adaptée à notre cas.
- La perméabilité obtenue numériquement est consistante avec celle mesurée sur site.

REFERENCES :

- Billaux D., Dedecker F. and Cundall P., 2004, A novel approach to studying rock damage: the three dimensional Adaptive Continuum / Discontinuum Code, *EUROCK 2004 & 53rd Geomechanics Colloquim*, pp. 723-728, Ed. Schubert, 2004.
- Dedecker F., Cundall P., Billaux D., and Groeger T., 2006, Evaluation of damage-induced permeability using a three-dimensional Adaptive Continuum/Discontinuum Code (AC/DC), *Physics and Chemistry of Earth, Parts A/B/C*, in press.

PERMEABILITY ASSESSMENT OF THE DAMAGED ZONES AROUND A TUNNEL IN THE BURE SITE, FRANCE

Purpose(s): Evaluation through numerical discrete modeling of the geometry of the failed/damaged zones around a tunnel

Client: ANDRA

Dates: 2004 – 2005

Location: Bure Site (France)

Partners: None

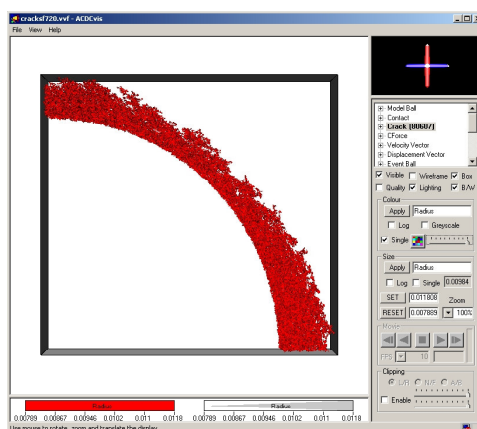
Project executive manager:
Fabian DEDECKER

Code(s) used: PFC^{3D} & 3FLO

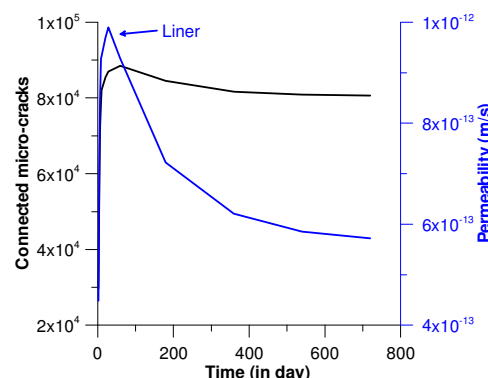
During **drilling** (shaft or drift), the surrounding rock mass is subjected to a fast unloading phase that can lead to local fracturing, or even the development of a major **damage zone** in the short or long term. When the drift is proposed for radioactive waste storage, it is necessary to foresee the **fracture network** as well as the **evolution of the permeability** caused by the induced fracture network in the rock mass.

In this framework, we have developed an innovative method by **coupling PFC^{3D}** (software modeling the movement and **interaction of spherical particles**) and **3FLO** (software **evaluating flow** in fractured media). By definition, **PFC^{3D}** models the micro-fractures network (damaged zone) around the drift, whereas **3FLO** estimates the **equivalent permeability of the fracture network**. The permeability is obtained by simulating a flow field inside the micro-fracture network.

Because much data were available from the Bure Site, France, we have validated this new method by modeling the behavior of the **Callovo-Oxfordien clay rock** over two years from its excavation.



View of connected micro-cracks 2 years after the drift opening



Number of micro-cracks connected and variation of permeability in the fractured zone versus time

KEYWORDS:

- Numerical discrete modeling
- AC/DC approach
- Parallel computing
- Callovo-Oxfordien argillites
- Damage
- Permeability

⇒ **RESULTS:**

- Assessing the permeability from the micro-crack network is a viable numerical concept.
- The "ring" of micro-cracks connected to the tunnel reaches a significant depth (more than 40 cm) during the first month after the opening of the shaft.
- A very quick localisation along the principal minor-stress direction can be observed.
- The use of a "square" relation between transmissivity and relative displacement (= aperture) is well-adapted to our case.
- The permeability obtained numerically is consistent with in-situ measurements.

REFERENCES:

- Billaux D., Dedecker F. and Cundall P., 2004, A novel approach to studying rock damage: the three dimensional Adaptive Continuum / Discontinuum Code, *EUROCK 2004 & 53rd Geomechanics Colloquim*, pp. 723-728, Ed. Schubert, 2004.
- Dedecker F., Cundall P., Billaux D., and Groeger T., 2006, Evaluation of damage-induced permeability using a three-dimensional Adaptive Continuum/Discontinuum Code (AC/DC), *Physics and Chemistry of Earth, Parts A/B/C*, in press.