

Dispositifs pour mesurer les propriétés électrocinétiques de roches en laboratoire.

E. Walker⁽¹⁾, P.W.J. Glover⁽¹⁾, J. Ruel⁽²⁾, G. Lalande⁽²⁾, M. Bergeron⁽²⁾, M. Jodouin⁽²⁾, J.Hadjigeorgiou⁽³⁾

(1) Département de géologie et de génie géologique, (2) Département de génie mécanique, (3) Département de Génie des mines, de la métallurgie et des matériaux, Université Laval, Québec, Canada
(emilie.walker.1@ulaval.ca, paglover@ggl.ulaval.ca)

Journée des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Institut National de La Recherche Scientifique, Québec, le 28 mars 2008.

Buts du projet

- Déterminer et comprendre les propriétés électriques et électrocinétiques de roches modèle en régime continu pour différents paramètres.
- Déterminer les propriétés électriques et électrocinétiques de roches modèles en fonction de la fréquence.

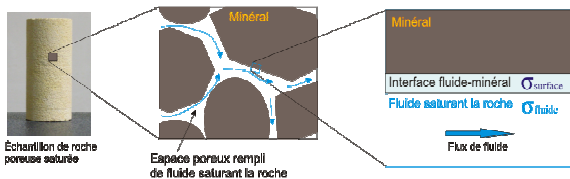
La compréhension des phénomènes électrocinétiques est importante car les variations de potentiel électrocinétique sont étudiées dans les zones hydrothermales (Corwin & Hoover, 1979), pour la prévention des séismes (Mizutani et al., 1976) ainsi que pour la surveillance des mouvement de magmas dans les volcans (Hashimoto & Tanaka, 1995). Depuis peu, le potentiel électrocinétique est mis en évidence dans les phénomènes électrosismiques qui constituent potentiellement une méthode puissante pour l'exploration des hydrocarbures (Mikhailov et al., 2000).

Cependant, les phénomènes électrocinétiques sont mal compris. Il manque en effet des données afin d'étayer les théories existantes sur le comportement du potentiel électrocinétique en régime continu et il n'existe ni théorie ni mesure effectuées afin de déterminer les propriétés du potentiel électrocinétique de roches en fonction de la fréquence, ce qui est de première importance dans les applications.

Le potentiel électrocinétique

Les flux électriques et hydrauliques sont reliés entre eux par les phénomènes électrocinétiques (Revil et al. 1999, Glover et al. sous presse); lorsque l'on fait varier le flux de fluide dans un milieu poreux saturé, il y a apparition d'une différence de potentiel électrique (appelé alors le potentiel électrocinétique). Cette variation du potentiel électrique traversant un milieu poreux engendre une variation de flux hydraulique (l'électro-osmose).

Dans une roche poreuse saturée, la création d'une interface entre minéraux et liquide induit une dissymétrie dans l'environnement moléculaire de la région de l'interface. Ce déséquilibre a pour effet une réorganisation structurale des constituants des deux phases à l'interface (Parks, 1990). Ces perturbations de l'environnement moléculaire ont pour conséquences directes la séparation des charges électriques et l'établissement d'un potentiel relatif à la phase liquide au niveau d'une couche appelée la double couche électrique (Electrical Double Layer, EDL).



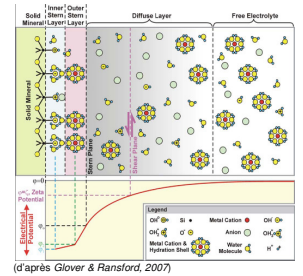
Loi de Darcy, $L_{11} = k/\eta$

$$\begin{bmatrix} Q \\ J \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \nabla P \\ \nabla \phi \end{bmatrix}$$

Phénomènes électrocinétiques $L_{21} = L_{12} = \varepsilon_0 \zeta/\eta$

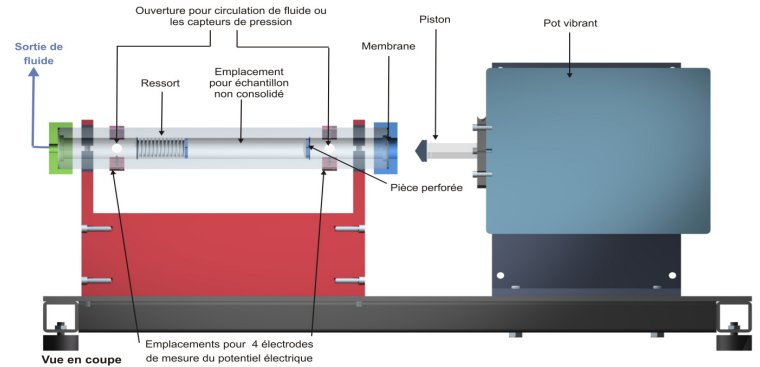
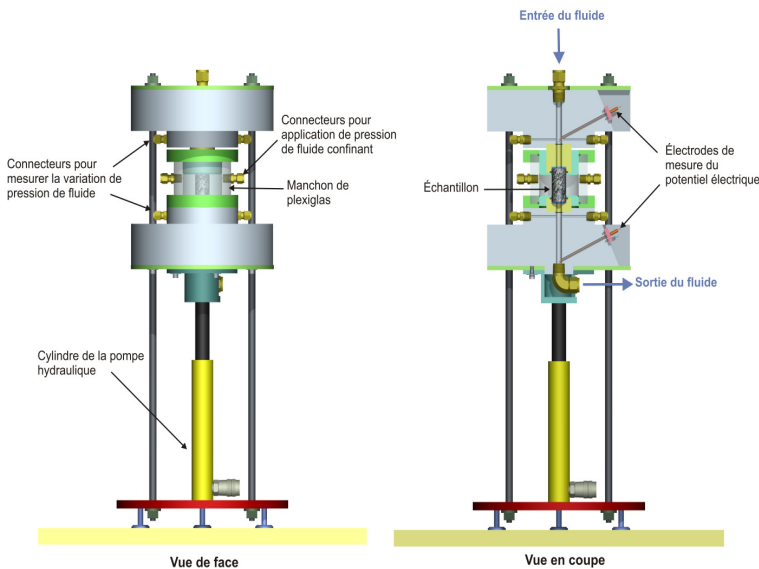
Loi d'Ohm, $L_{22} = \sigma_f$

k : perméabilité du milieu (D)
 σ_f : conductivité du fluide (S/m)
 ε : constante diélectrique du fluide
 ζ : potentiel zéta (V)
 η : viscosité du fluide (Pa.s)
 P : pression de fluide (Pa)
 ϕ : potentiel électrique (V)
 Q : flux de fluide (L/m²)
 J : densité de courant électrique (A/m²).



Dispositif de mesure en régime continu

Dispositif de mesure en fonction de la fréquence



Paramètres mesurés: Variation de pression
Potentiel électrique
Fréquence d'injection du fluide

Différentes expériences: Pour différentes roches
pH du fluide variable
Pour différentes conductivités de fluides

Test du dispositif:

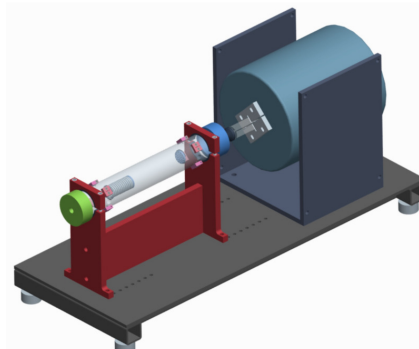
Échantillon de billes de verre → théorie connue
« Échantillons de fluides »
Échantillons préalablement testés par d'autres laboratoires
Vérification de la sensibilité et de la précision du dispositif.

Paramètres mesurés:

Variation de pression
Potentiel électrocinétique

Différentes expériences:

Pour différentes roches
pH du fluide variable → pH=2 à pH=10
Concentrations des fluides variables → 2 M. à 10-5 M.
Différentes saturations
Pour différentes températures contrôlées
Pour différents flux de fluide



Bibliographie:

- Corwin R.F. & D.B. Hoover. *The self potential method in geothermal exploration*, Geophysics 44, 226-245, 1979.
- Glover P.W.J., & T.J. Ransford, *Modeling the Complex Electrical Properties of Rocks as a Function of Frequency* Earth Pla. Sci. Lett., Sous presse.
- Hashimoto T., & Y. Tanaka, *A large self potential anomaly on Unzen volcano, Shimabara peninsula Kyushu Island*, Geophys. Res. Lett., 22, 191-194, 1995
- Jouriaux L., M. L. Bernard, M. Zamora, J. P. Pozzi, *Streaming Potential in volcanic rocks from Mount Pelee*, J. of Geophys. Res., 105, B4, 8391-8401, April 10, 2000.
- Mikhailov O.V., J. Queen, and M. N. Toksöz, *Using borehole electroseismic measurements to detect and characterize fractured (permeable) zones*, Geophysics, Vol. 65, No. 4, P. 1098-1112, July-August 2000.
- Mizutani H., Ishido T., Yokokura T., Ohnishi S. *Electrokinetic phenomena associated with earthquakes*, Geophys Res Lett, 3, 365-368, 1976.
- Parks G. A. *Surface energy and adsorption at mineral-water interface: an introduction*, Mineral water interface geochemistry, Vol. 20, Mineralogical Society of America, 1990.
- Revil A., P.A. Pezard, P.W.J. Glover, *Streaming potential in porous media 1. Theory of the zeta potential*, J Geophys Res 104: 20021-20031, 1999.