

J'ai le plaisir de vous convier à la soutenance de ma thèse intitulée :

**«Contribution au développement de la résistivité complexe et à ses applications en environnement »**

qui aura lieu **Vendredi 2 mars 2007 à 10h00** dans la **salle Darcy**  
**Tour 56-46 3ème étage à l'université Pierre et Marie Curie Campus Jussieu**

devant le jury composé de :

M. Ph. Cosenza	Invité
M. N. Florsch	Directeur de thèse
M. A. Revil	Examineur
M. A. Tabbagh	Examineur
M. K. Titov	Rapporteur
Mme M. Zamora	Rapporteuse

Vous trouverez ci-joint le résumé. Vous êtes cordialement invités à la soutenance, et au pot qui suivra.

Cordialement,

Ahmad GHORBANI

**Contribution au développement de la résistivité complexe et à ses applications en environnement**

Ahmad GHORBANI  
UMR-Sisyphé, Université Pierre et Marie Curie-Paris6

**Résumé :** Ce mémoire est divisé en deux chapitres. Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique sur la méthode de Polarisation Provoquée (PP). Il passe en revue les derniers résultats théoriques et expérimentaux et insiste sur les applications environnementales de la méthode Polarisation Provoquée Spectrale (PPS ou Spectral Induced Polarization ou SIP en anglais), encore souvent appelée résistivité complexe.

Le deuxième chapitre comprend cinq sous-chapitres. Dans un premier sous-chapitre, l'approche bayésienne est développée pour inverser les paramètres du modèle de Cole-Cole dans les domaines temporel et fréquentiel. Nous avons évalué la pertinence et la robustesse de la méthode des moindres carrés pour l'inversion des données issues de la méthode PP. Les résultats montrent que l'approche classique dans domaine temporel ne peut pas mener à une évaluation appropriée des paramètres de Cole-Cole. Même l'emploi des harmoniques des signaux PP pour obtenir un plus large spectre ne peut pas permettre l'estimation correcte des paramètres de Cole-Cole. À l'opposé, les paramètres de Cole-Cole peuvent plus correctement être inversés dans le domaine fréquentiel. Dans un deuxième sous-chapitre, nous avons conçu un algorithme d'inversion par homotopie pour récupérer les paramètres du modèle Cole-Cole à partir des données de PPS pour un problème 1D. Cet algorithme permet de découpler les effets associés à la seule PP de ceux issus de couplages électromagnétiques parasites se produisant dans une

large bande de fréquences. Nous avons employé le code numérique, CR1Dmode, développé initialement par Ingeman-Nielsen et Baumgartner (2006), qui permet de résoudre le problème direct. L'interface utilisateur graphique, que nous avons conçue, facilite les entrées des données et des paramètres du modèle *a priori*, ainsi que la définition de la configuration géométrique du dispositif (géométrie des câbles). Nous présentons deux exemples synthétiques pour illustrer la récupération des paramètres spectraux à partir de données de résistivités complexes.

Dans un troisième sous-chapitre, la PPS est appliquée pour le suivi de l'infiltration d'eau dans un sol limoneux-argileux. L'infiltration a été réalisée à partir d'une pluie artificielle (à débit de pluie quasi-constant) et au cours de deux expérimentations, l'une menée in situ et l'autre sur une colonne de sol. Les expériences ont été basées sur l'acquisition couplée de données de tensiomètres et de spectres de PPS durant l'infiltration. Cette approche a confirmé l'existence d'une baisse significative de la phase (ou de la conductivité imaginaire) dans la partie haute fréquence du spectre (typiquement, 1-12 kHz) qui a été corrélée avec le remplissage d'eau dans des pores de diamètres compris dans la gamme de [30-85]  $\mu\text{m}$ . Ces baisses de phase sont interprétées comme un effet de type Maxwell-Wagner. Les résultats de cette étude suggèrent que la méthode PPS serait en mesure de fournir des informations sur le remplissage par l'eau des plus gros pores et ainsi d'estimer indirectement des propriétés structurales.

Dans un quatrième sous-chapitre, la mesure de la résistivité complexe est employée pour le suivi de la teneur en eau et des microfissures induites thermiquement sur des échantillons quasi-saturés d'argillite. Les mesures de PPS ont été enregistrées durant deux trajets consécutifs en dessiccation: (a) le premier trajet a consisté en une phase de désaturation à l'air ambiant et (b) durant le deuxième trajet, les échantillons ont été soumis à quatre paliers de chauffe (température égale à 70, 80, 90 et 105 °C). Durant la phase de désaturation, l'amplitude de la résistivité complexe a été extrêmement sensible au changement de teneur en eau (un facteur de 3 à 5). Pendant la phase de chauffage, la résistivité a augmenté de deux ordres de grandeur comparativement à l'état initial. Les modèles Cole-Cole et Cole-Cole Généralisé sont les meilleurs modèles pour inverser respectivement les données de PPS pour la phase de désaturation et la phase de chauffage. Cependant, les résultats prouvent que le développement de l'anisotropie et les changements par conséquent de texture peuvent induire différentes signatures spectrales et processus de polarisation.

Dans le dernier sous-chapitre, le modèle empirique de Cole-Cole qui est très largement utilisé dans les études PP est employé pour l'étude de la compaction par dissolution sous contrainte de formations sédimentaires. Notre contribution dans cette étude a consisté à écrire l'algorithme nécessaire à l'application du modèle de Cole-Cole dans le domaine temporel.