



ED 398 Géosciences, Ressources Naturelles et Environnement

Proposition de sujet de thèse pour la rentrée universitaire 2020-2021

Titre : Cartographie électrique multi-fréquentielle en milieu urbain par méthode électrostatique pour la prospection archéologique et le réaménagement.

Nom, label de l'unité de recherche (ainsi que l'équipe interne s'il y a lieu) : UMR 7619 METIS, département H2GS2 (Hydrologie-Hydrogéologie-Géophysique de Sub-Surface)

Localisation (adresse) : Sorbonne Université, Campus Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, tour 56-46 3^{ème} étage, case 105, 75005 Paris

Nom du directeur de thèse HDR (et du co-directeur s'il y a lieu) : Roger GUÉRIN, professeur des universités (UMR METIS)

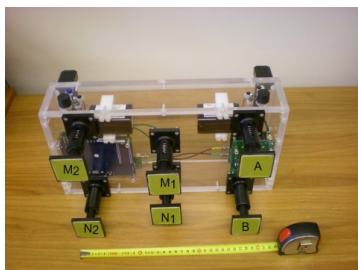
Nom, prénom et affiliation des co-encadrants éventuels : Cyril SCHAMPER, maître de conférences (UMR METIS) ; Julien THIESSON, maître de conférences (UMR METIS)

Adresse courriel du contact scientifique : cyril.schamper@sorbonne-universite.fr

Description du projet/sujet de thèse :

La mesure de la conductivité électrique par contact galvanique (électrodes plantées dans le sol) est complexe voire impossible à mettre en œuvre en milieu urbain. La méthode électrostatique par contact capacitif permet à l'aide de plaques de métal en guise de pôles électriques d'effectuer des mesures par glissement d'un tapis sur le macadam. La mesure de la conductivité électrique du sous-sol permet (selon le contraste) de distinguer par exemple des structures anthropiques résistantes électriquement d'un sol environnant plus conducteur (ex. limoneux et/ou argileux). La mesure des propriétés électriques peut aussi servir à cartographier l'hétérogénéité des matériaux sous la chaussée pour guider de futurs réaménagements.

Les mesures électrostatiques peuvent également se faire à plusieurs fréquences, dans la gamme 10-30 kHz, ce qui donne accès à la capacité de polarisation du milieu via l'estimation de la permittivité diélectrique. Ce paramètre physique peut avoir des valeurs particulièrement élevées pour les formations argileuses avec leur architecture en feuillets. Sa détermination, en plus de la conductivité électrique, est un atout supplémentaire pour discriminer les matériaux.



Hexapôle – mesures décimétriques murales



MP3 – mesures métriques



Tapis – mesures pluri-métriques

Prototypes électrostatiques développés au sein de l'UMR METIS

A travers le présent projet de thèse le(la) doctorant(e) devra : (1) développer des outils numériques de traitement, d'inversion, et de visualisation permettant une interprétation rapide (en quasi direct) et fiable des mesures ; (2) faire des analyses de sensibilité pour proposer une ou des nouvelle(s) géométrie(s) d'acquisition plus performantes ; (3) fiabiliser la mesure de la permittivité diélectrique avec une campagne de prospection « grandeur nature » en plus des essais sur des sites tests.

Argumentaire scientifique présentant les enjeux de la thèse :

Plusieurs versions de prototypes d'acquisition ont été développées au sein de l'UMR METIS (Tabbagh *et al.*, 1993 ; Flageul *et al.*, 2013) pour différentes profondeurs d'investigation et pour principalement des prospections archéologiques en milieu urbain (Benech *et al.*, 2017 ; Blary *et al.*, 2017). Récemment la méthode électrostatique a aussi été utilisée pour une problématique de réaménagement en Suède (Rejkjær *et al.*, 2020). Les outils de traitement et d'inversion des données associées aux acquisitions par ces prototypes ont besoin d'amélioration et surtout d'interfaçage (sous Python) afin de rendre l'exploitation d'un plus grand nombre de données (venant statistiquement d'une quantité de sites variés plus important) plus aisée, ce qui contribuera à rendre cette méthode de prospection plus répandue.

Les mesures électrostatiques s'effectuant dans une gamme de fréquences 10-30 kHz, elles peuvent également renseigner sur une autre propriété du sous-sol, la permittivité diélectrique (capacité de polarisation), qui peut atteindre des valeurs élevées à ces fréquences dites intermédiaires à cause de la polarisation d'interface, principalement dans les argiles. La mesure de cette propriété qui permet d'obtenir un critère de discrimination de la structure du sous-sol supplémentaire à la conductivité électrique n'a pas encore fait l'objet de publication et reste à fiabiliser. La difficulté technique vient de la séparation nette entre la réponse en phase renseignant sur la permittivité et la réponse en quadrature informant sur la conductivité électrique. Identifier un site d'étude où la mesure de la permittivité peut être confirmée par une autre méthode (ex. mesures sur échantillons en labo) est aussi un obstacle que le(la) doctorante devra surmonter.

Conditions matérielles de réalisation du projet de recherche : Aucun programme n'est lié spécifiquement aux développements en électrostatique, mais plusieurs projets en cours à METIS : ODYSSEY (2019-2021 avec l'US Air Force, qui porte sur l'exploitation des mesures EM pour la caractérisation de la capacité portante des sols) et PIREN (Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Eau et l'Environnement) Seine pourront financer les déplacements pour certaines campagnes de mesures. Le(la) candidat(e) aura accès à toutes les bases de données constituées au préalable dans l'unité dans le cadre de différents projets. Il(elle) aura accès aux ressources informatiques de l'unité.

Connaissances et compétences requises : le(la) candidat(e) devra avoir suivi un parcours géosciences avec un minimum de formation aux méthodes géophysiques appliquées à la proche surface, ou un parcours en mesures physiques appliquées (idéalement en contrôle non destructif).

Références :

Benech C., Audebert M., Chevalier A., Darras L., Flageul S., Fourrier S., Rabot A., Rejiba F., Schamper C., and Tabbagh A., 2017, Revealing the topography of the Ancient Kition (Larnaka, Cyprus): an integrated approach, 12th International Conference of Archaeological Prospection (University of Bradford, UK, 12-16 September).

Blary F., Sosnowska P., Charruadas P., van Nieuwenhove B., Dabas M., Flageul S., and Tabbagh A., 2018, Prospection de la «grand place» de Bruxelles: utilisation de la méthode électrostatique, 11^{ème} colloque GEOFCAN (Antony, France, 20-21 November).

Flageul S., Dabas M., Thiesson J., Rejiba F., and Tabbagh A., 2013, First in situ tests of a new electrostatic resistivity meter, *Near Surface Geophysics*, 11(3), 265-274.

Rejkjær S., Finco C., Schamper C., Rejiba F., Tabbagh A., König J., and Dahlin T., 2020, Determination of the resistivity distribution along underground pipes in urban contexts using galvanic and capacitive methods, in revision for *Near Surface Geophysics*

Tabbagh A., Hesse A., and Grard R., 1993, Determination of electrical properties of the ground shallow depth with an electrostatic quadrupole: field trials on archaeological sites, *Geophysical Prospecting*, 41(5), 579-597.

Visa de la direction de l'unité.

L'UMR développe depuis de nombreuses années des techniques pour la géophysique basées sur les méthodes électrostatiques. Elles sont déjà donné lieu à des applications très significatives. Il est nécessaire de continuer à progresser dans ce domaine pour rester une équipe de référence. Le sujet a été examiné en conseil d'unité. Avis très favorable.



Jean-Marie Mouchel
Directeur de l'UMR 7619 Metis