CARTOGRAPHIE DES PROPRIETES DIELECTRIQUES DES SOLS A L'AIDE DE RADARS DE FORAGE LARGE BANDE - ESTIMATION DE LA TENEUR EN EAU

CETE Normandie Centre – laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Rouen

LCPC Laboratoire Central des Ponts et Chaussées – isyphe

F. SAGNARD[(1)] , F. REJIBA[(2)] , M. FROUMENTIN[(1)]

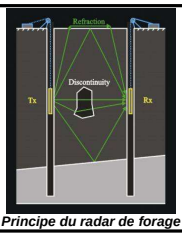
[(1)] LRPC, CER, CETE NC, 10 Chemin de la Poudrière, 76121 Grand Quevilly

[(2)] SISYPHE, UMR CNRS 7619, 4 Place Jussieu, 75252 Paris cedex 05

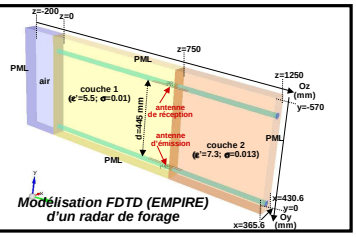
florence.sagnard@equipement.gouv.fr, faycal.rejiba@upmc.fr

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

- **Etude de faisabilité de radars de forage étroits ($2r_1$~26 mm et 60 mm) dans la bande [10 MHz ; 1GHz]** destinés à cartographier les gradients de teneur en eau volumique dans les sols
- **Développement d'un outil complémentaire à la double sonde gamma** (masse volumique humide) **associée au prélèvement d'échantillons** (teneur en eau massique)
- **Etude des performances du système global :** modélisations électromagnétiques numériques fondées sur la FDTD, et validation expérimentale à partir de mesures réalisées sur un remblai expérimental



Principe du radar de forage

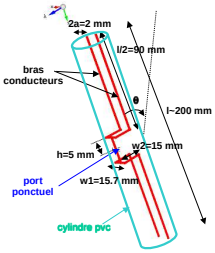


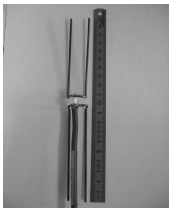
Modélisation FDTD (EMPIRE) d'un radar de forage

2. GEOMETRIE DES ANTENNES

Dipôle replié

forages: d=44.5 cm; $2r_1$=25.9 mm

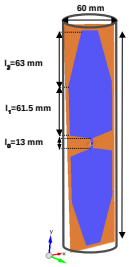




Géométrie du dipôle replié

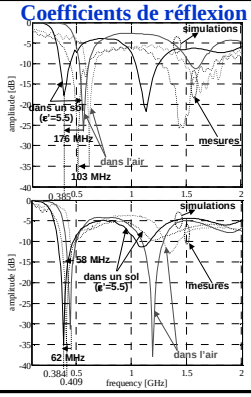
Dipôle planaire ailette

forages: d=61 cm; $2r_1$=60 mm



Géométrie du dipôle planaire ailette

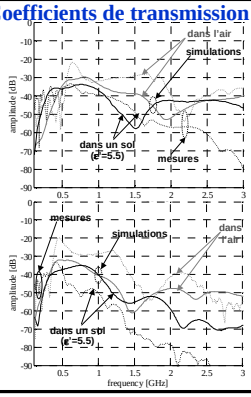
Coefficients de réflexion



Coefficients de transmission S21(f)

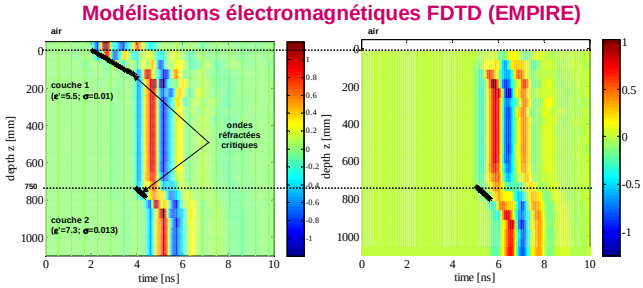
Dipôle replié — d=44.5 cm

Dipôle planaire ailette — d=61 cm



3. RESULTATS EXPERIMENTAUX ET DE MODELISATION

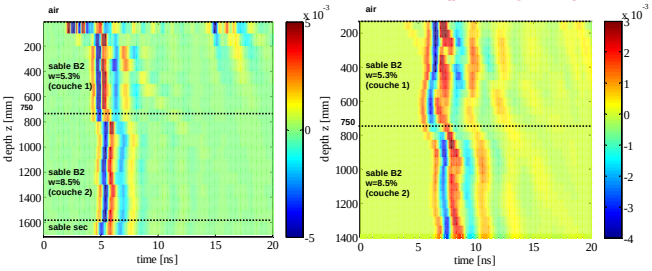
Modélisations électromagnétiques FDTD (EMPIRE)



(a) d=44.5 cm — Dipôle replié

(b) d=61 cm — Dipôle planaire ailette

Mesures sur un remblai de sable B2 (peu argileux)



(a) d=44.5 cm

(b) d=61 cm

Analyse des résultats expérimentaux

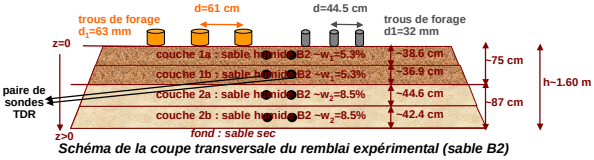


Schéma de la coupe transversale du remblai expérimental (sable B2)

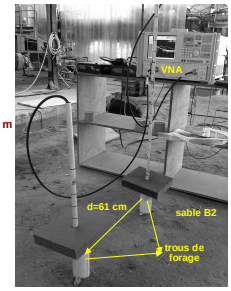
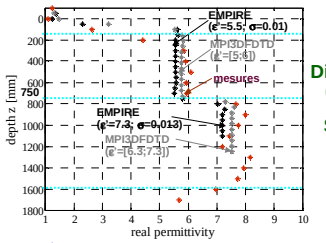


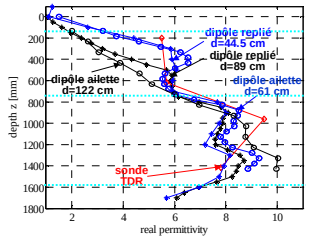
Photo du banc de mesures sur le remblai de sable B2

Estimation des permittivités réelles en fonction de la profondeur



Dipôles repliés (d=44.5 cm)

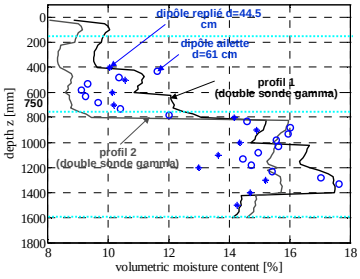
Simulations FDTD et Mesures



Dipôles repliés et dipôles planaire ailette

Mesures

Estimation de la teneur en eau volumique en fonction de la profondeur



4. CONCLUSION-PERSPECTIVES

- **Réalisation de 2 radars de forage étroits dans la bande [100 MHz ; 2 GHz] : antennes large bande, protocole de mesures, modélisations FDTD de la chaîne complète, validation expérimentale sur un remblai de taille réelle, inversion de données**
- **Détection de gradients d'humidité en profondeur : estimation de la permittivité réelle et de teneur en eau volumique. Comparaison avec les résultats de mesures de la double sonde gamma**
- **Etude de la dispersion entre trous de forage au sein du remblai : estimation du coefficient d'atténuation**
- **Etudes futures : Poursuite des mesures sur d'autres types et structures de sols**

Étude pour la réalisation d'un radar de surface large bande pour la caractérisation de sols

Références : [1] F. SAGNARD, Y.L. BECK, "Experimental study of the influence of moisture and dry density on a silt soil using monopole probes", Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 51, n. 3, March 2009, pp. 820-826

[2] F. SAGNARD, F. REJIBA, "Development of a narrow borehole radar for sub-surface characterization: FDTD modeling and experiments", 5th International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar (IWAGPR), 27-29 May 2009, Granada (Spain)