

Capacité de détection des fractures par la méthode de surface « Ground Penetrating Radar » : résultats d'expériences réalisées dans le laboratoire souterrain d'Äspö (Suède)

Justine MOLRON¹, Niklas LINDE², Ludovic BARON², Jan-Olof SELROOS³, Caroline DARCEL¹ et Philippe DAVY⁴

¹ Itasca Consultants S.A.S., 64 Chemin des Mouilles, 69130 Ecully, France.

² Université de Lausanne, Géopolis UNIL, Quartier Mouline, 1015 Lausanne, Suisse.

³ Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (SKB), Evenemangsgatan 13, Box 3091, SE-169 03 Solna, Suède.

⁴ Géosciences Rennes, OSUR, CNRS, Université de Rennes 1, 263 Avenue Général Leclerc, 35042 Rennes, France.

L'identification des fractures dans le sous-sol est essentielle afin d'évaluer les chemins potentiels de transport de contaminant depuis un site de stockage nucléaire en profondeur. De ce fait, nous avons utilisé la méthode de surface « Ground Penetrating Radar » (GPR) pour imager les fractures du sous-sol. Sa capacité de détection dépend des caractéristiques de la fracture (orientation, ouverture et taille) et du contraste diélectrique et électrique entre le remplissage de la fracture (fluide ou minéral) et la roche environnante.

L'expérience GPR a été réalisée dans un laboratoire souterrain en Suède (Äspö Hard Rock Laboratory), dans un tunnel de 20 m de long, 4 m de large et 4.5 de hauteur situé à 410 m de profondeur. Les formations géologiques sont composées de granite, diorite et granodiorite fracturés, ayant une perméabilité très faible et des fractures très peu transmissives (10^{-9} à 10^{-10} m²/s pour les plus perméables). Trois fréquences différentes (160 MHz, 450 MHz et 750 MHz) permettent d'obtenir différentes résolutions d'image et profondeurs d'investigation (atteignant 10 m, 8 m et 5 m respectivement). Les antennes radar ont été tirées sur la surface du sol, le long de lignes parallèles séparées de 0.10 m (fréquence 160 MHz) et 0.05 m pour les fréquences 450 MHz et 750 MHz. Cette configuration permet d'obtenir un bloc d'investigation 3D dans lequel les réflexions et diffractions GPR nous donnent une image des fractures.

Au total, 15 réflexions pourraient correspondre à des fractures ayant une surface comprise entre 1 et 10 m² et un pendage compris entre 0 et 35°. Afin de confirmer nos résultats, 3 forages de 9.5 m de profondeur ont été implantés. La profondeur et l'orientation des fractures GPR intersectant les puits correspondent avec celles des fractures identifiées par caméra optique dans le forage. De plus, des tests d'injection et de pompage dans les forages nous indiquent qu'elles sont situées dans les régions les plus perméables des puits. Enfin, les fractures GPR ont été comparées avec le modèle statistique du réseau de fractures construit à partir des traces 2D de fractures observées sur les parois du tunnel d'étude et de tunnels voisins situé à la même profondeur. Compte tenu de la taille moyenne des fractures imagées par le GPR et de leur orientation, nous démontrons qu'elles correspondent à la densité de fractures prévue par le modèle.

En conclusion, cette expérience nous indique que le GPR permet d'identifier 42 % des fractures dans la gamme de tailles et d'orientations détectées par cette méthode d'imagerie de surface.