

Préambule

Les vides dans le sol peuvent résulter de la présence de cavités naturelles dans les roches souterraines ou de cavités anthropiques (ex. carrières souterraines, mines). Le sol à l'aplomb de ces cavités s'y infiltre créant ainsi un vide qui remonte lentement et progressivement du bas vers le haut. Lorsque le vide approche de la surface, il engendre un affaissement de celle-ci et parfois l'effondrement soudain du sol.

Les vides sont également créés par l'érosion du sol suite aux bris des conduits enterrés tels que les aqueducs, les égouts ou les ponceaux. Avec le vieillissement croissant des infrastructures souterraines, ce problème risque de s'amplifier au cours des prochaines années.

Cela arrive souvent qu'une route, un bâtiment ou un terrain soit emporté, en tout ou en partie, suite à l'effondrement de la paroi d'un vide dans le sol. Ces vides menacent la sécurité des personnes et des infrastructures environnantes, aussi bien en zones urbaines que rurales. Par exemple, au mois d'avril 2013, l'apparition d'un trou d'environ deux mètres de diamètre dans le stationnement d'un immeuble situé à Beauport (ville de Québec) a forcé l'évacuation de ses résidents ainsi que de ceux de l'immeuble voisin [1]. Par ailleurs, les journaux rapportent régulièrement l'effondrement de chaussées à Montréal causés par des vides dans le sol [2,3,4]. En réalité, ce problème est répandu à travers le monde et la Réf. 5 donne des photographies de l'ampleur des dégâts qui en résultent. Ainsi, la détection des vides dans le sol est devenue une préoccupation réelle pour les gestionnaires d'ouvrages qui s'inscrit dans une politique de gestion et de prévention des risques.

Techniques de détection des vides

Il existe une panoplie de techniques applicables à la détection des vides dans le sol avec plus ou moins d'efficacité selon les terrains et les caractéristiques des vides [6]. L'American Society for testing and materials (ASTM) a élaboré un guide de référence (guide nro D6429-99 «Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods») qui recommande des méthodes géophysiques pour diverses applications sur les sols. Son élaboration a nécessité d'évaluer de façon critique l'utilité potentielle et le rapport coût-efficacité des méthodes géophysiques disponibles.

Pour chaque application, le guide propose des techniques primaires (1^{er} choix), et des techniques secondaires (techniques alternatives). Pour la détection des vides et des cavités, le guide de l'ASTM propose deux techniques primaires : la gravimétrie, et le Géoradar.

La gravimétrie est une technique qui mesure les variations spatiales du champ de pesanteur en différents points de la surface du sol causées en particulier par des variations de la densité volumique dans les sols (ex. vides). Théoriquement, c'est la méthode la plus fiable et sa sensibilité est élevée. Toutefois, les mesures sont ponctuelles et requièrent du temps. Ce n'est donc pas une méthode appropriée lorsque la recherche des vides concerne une grande surface. De plus, les mesures sont affectées par la vibration du sol induite par l'activité sur le site (ex. circulation des véhicules), et nécessitent de nombreuses corrections (ex. topographie).

Le Géoradar est la technique la plus appropriée dans le cas des sols peu absorbants (ex. sols non argileux, non saturés). Il permet la détection de vides de quelques décimètres à quelques mètres de diamètre jusqu'à 10 m de profondeur environ. La section suivante relate le cas d'une étude Géoradar réalisée par le personnel d'AusculTech concernant cette problématique.

Détection des vides par Géoradar

L'étude présentée ici a été réalisée avec la collaboration d'un des plus importants bureaux d'ingénieurs-conseils au Maroc (ETS-Consult, Casablanca). Ce bureau avait été mandaté par une société industrielle pour la reconnaissance du sol de son usine. L'objectif de l'intervention était de détecter, localiser et estimer l'étendue d'éventuels vides et cavités présents autour des 129 colonnes des fondations du bâtiment de l'usine car ils pouvaient porter atteinte à la stabilité du bâtiment doté de plusieurs étages.

Le sondage du sol au moyen de la technique du Géoradar a été effectué au sein du bâtiment (3000 m²) entre toutes les colonnes ainsi que sur tout le pourtour du bâtiment pour délimiter l'étendue de ces vides à l'extérieur du bâtiment. Les essais radar ont été réalisés à l'aide de deux antennes de fréquence 1.5 GHz et 400 MHz. L'antenne de fréquence 1.5 GHz a permis de sonder



Figure 1: Relevés Géoradar à l'extérieur du bâtiment

le sol sur une profondeur d'environ 60 cm, alors que l'antenne de fréquence 400 MHz a permis d'atteindre dans ce cas-ci des profondeurs de l'ordre de 5 m.

La figure 2 illustre 2 exemples de relevés Géoradar (400 MHz) collectés dans le bâtiment. Ce sont des images du sol en 2 dimensions; l'axe horizontal représente le chaînage (en m) et l'axe vertical représente la profondeur (en cm). Ces images mettent clairement en évidence des anomalies dans le sol qui se manifestent sous forme de réverbérations dans les relevés. Ces réverbérations sont des signatures typiques de la présence de vides dans le sol. Ces résultats ont permis de localiser de nombreux vides et cavités dans le sol, et d'estimer leur étendue. Suite à ces travaux, ETS-Consult a recommandé à son client de renforcer le sol par l'injection d'un produit approprié. Les résultats du Géoradar ont aidé ETS-Consult dans le choix du produit d'injection recommandé et pour estimer la quantité de produit à injecter, et donc le coût des travaux de renforcement du site.

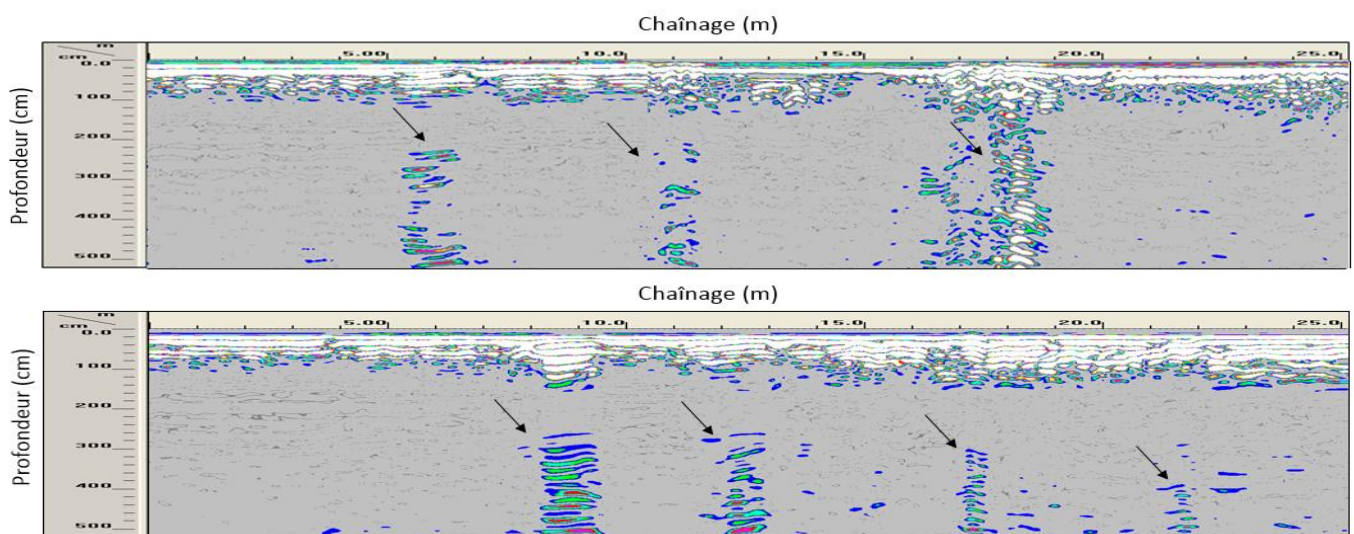


Figure 2 : Exemples de relevés Géoradar collectés sur le site

Références :

1. <http://www.lapresse.ca/le-soleil/actualites/environnement/201305/08/01-4649020-affaissement-de-sol-dans-beauport-des-grottes-trouble-fetes.php>
2. <http://www.lapresse.ca/actualites/justice-et-affaires-criminelles/faits-divers/201308/05/01-4677122-la-chaussee-cede-lors-dune-reparation-au-centre-ville.php>

3. <http://magzquebec.com/effondrement-de-la-chaussee-au-centre-ville-de-montreal/>
4. <http://www.journaldemontreal.com/videos/recherche/effondrement%20mortel%20a%20mirabel/trois-affaissements-de-chaussee-a-montreale/1092268218001/page/24>
5. <http://www.amusingplanet.com/2013/09/disastrous-sinkholes-from-around-world.html>
6. J. Rhazi (2006). Détection de vides au-dessus des ponceaux en acier. Rapport pour le ministère des Transport du Québec, 6p.