

## DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES GÉODYNAMQUES DU SOUS-SOL

L'essai Down-Hole est une variante de l'essai Cross-Hole dans laquelle l'onde sismique est générée en surface, à proximité immédiate du forage dans lequel sont mesurées les arrivées d'ondes de compression et de cisaillement. La source de surface est spécialement adaptée pour générer des ondes de cisaillement en plus des ondes de compression. L'interprétation et la restitution des résultats sont similaires à celles des essais Cross-Hole. En cas d'anisotropie marquée, les paramètres ainsi déterminés peuvent être notablement différents des paramètres déterminés par les essais Cross-Hole.

Le principe des essais géophysique de type Down-Hole est de mesurer les temps de propagation d'ondes sismiques de compression (ondes P) et de cisaillement (ondes S) entre la surface du sol et plusieurs niveaux à l'intérieur d'un forage, comme indiqué dans la figure suivante.

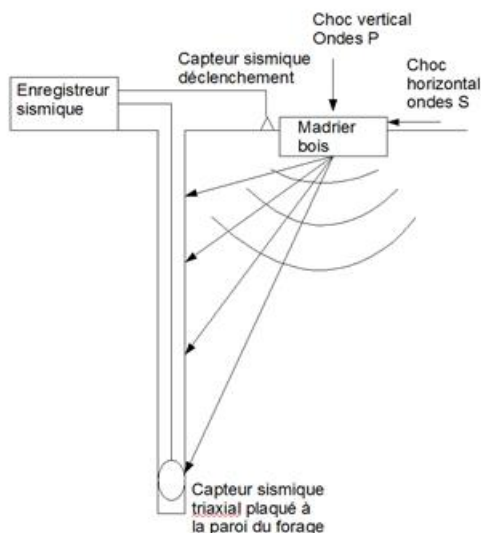


Figure 1 – Schéma de principe essai Down-Hole

Les ondes sismiques sont générées par le choc d'une masse sur un socle en bois. Les ondes P sont générées en frappant le socle verticalement tandis que les ondes S sont générées en frappant le socle horizontalement. De plus, dans le cas de la génération des ondes S, en frappant de part et d'autre du socle, on inverse la polarité des ondes S ce qui permet une meilleure identification. La masse, munie d'un capteur, est relié à l'enregistreur qui donne le signal de déclenchement ( $t_0$ ) permettant la mesure des temps de propagation.

Les ondes sismiques sont mesurées dans le forage à l'aide d'une sonde réceptrice de diamètre 70 mm plaquée à la paroi du forage par un système d'ancrage mécanique. La sonde comporte un ensemble de 3 capteurs orientés à  $90^\circ$  l'un des autres (un vertical et deux horizontaux faisant un angle de  $90^\circ$ ). Cette disposition de capteurs permet une bonne identification des trains d'ondes P, qui sollicitent principalement le capteur vertical, et des trains d'ondes S qui sollicitent principalement les capteurs horizontaux. La sonde de mesure est reliée à l'enregistreur sismique.

Les mesures sont effectuées pour différents niveaux des capteurs dans le forage, typiquement tous les mètres ou tous les deux mètres afin d'obtenir une coupe des vitesses d'ondes P et S en fonction de la profondeur.

Les temps de propagation des ondes P et S permettent de déterminer les modules dynamiques d'Young et de cisaillement ainsi que le coefficient de Poisson en fonction de la profondeur tels que :

$$G = \rho V_s^2$$

$$E = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

$$\nu = (V_p^2 - 2V_s^2) / 2 (V_p^2 - V_s^2)$$

Cette détermination nécessite de connaître ou de faire une hypothèse sur la masse volumique des terrains concernés.

Hormis dans le cas où le forage est effectué en terrain rocheux et ne présente aucun risque d'éboulement ou de coincement de la sonde, la réalisation des essais Down-Hole nécessite la mise en place d'un tubage PVC de protection afin d'éviter tout éboulement sur la sonde et son

coincement. Le tubage, de diamètre intérieur 80 mm, doit être scellé à la paroi du forage au coulis de ciment sur toute la hauteur. Afin d'éviter toute remontée de coulis dans le tubage, celui-ci doit être bouché en pied et les tubes doivent être à raccord vissé. L'injection doit se faire par tube plongeur depuis la base du tube. De la qualité du scellement dépend la qualité des résultats de l'essai. Il est également recommandé d'attendre quelques temps après la réalisation des sondages, avant de faire les essais, afin que le coulis ait le temps de faire sa prise et d'atteindre une résistance mécanique suffisante. Les forages doivent être protégés en tête et relevés en XYZ.

Dans le cas d'un sondage en terrain rocheux, il est possible d'opérer sans sceller de tube PVC sous réserve qu'il n'y ait aucun risque de coincement des sondes sismiques. Dans ce cas le forage devra être de diamètre 80 mm intérieur. Il devra être tubé en tête si nécessaire dans toute la partie risquant de s'effondrer. Le diamètre intérieur du tubage de protection devra être supérieur ou égal à 80 mm pour permettre le passage de la sonde. La partie tubée ne pourra pas faire l'objet de mesure down-Hole. La paroi du forage devra être contrôlée préalablement aux essais Down-Hole par imagerie vidéo ou acoustique afin de s'assurer de l'absence de risque de coincement. INNOGEO se réserve le droit de ne pas intervenir en cas de risque avéré au vu des diagraphies. Toutefois, dans le cas où le client souhaiterait réaliser les essais malgré le risque de coincement, il lui serait demandé de garantir le remboursement des sondes coincées ou endommagées.

Les deux à trois premiers mètres de terrain généralement déconsolidés ne permettent pas toujours d'obtenir des signaux de qualité. Dans ce cas, la détermination des modules dynamiques peut souffrir d'une moindre précision que dans les couches inférieures plus consolidées. Par ailleurs, compte tenu de la longueur des sondes, la dernière mesure est effectuée à 0,5 m du fond du forage. Les déterminations des modules dynamiques sont effectuées niveau par niveau à partir des vitesses moyennes des ondes P et S, entre la surface et le niveau de mesure, et également à partir des vitesses des ondes P et S obtenues par différence entre deux niveaux. L'essai conduit à la détermination de la stratigraphie sismique des terrains au droit du forage.



Sonde réceptrice

INNOGEO est membre de AGAP Qualité et s'engage à respecter les recommandations du Code de bonne pratique de la géophysique appliquée - INNOGEO est une marque déposée

