



Conclusion

J.-L. Mari, C. Vergnault

Cet ouvrage présente à la fois un état de l'art sur les méthodes sismiques en forage et les diagraphies acoustiques, appliquées à la géotechnique ou au génie civil, mais présente également des combinaisons d'acquisition et d'analyse du domaine pétrolier transposables pour les études de la proche surface (domaine géotechnique, hydrogéologique ou aléa sismique), de façon réaliste si les enjeux le nécessitent.

En effet, **le chapitre 1** détaille la méthodologie d'acquisition et d'analyse des mesures courantes en géotechnique pour établir un log de la vitesse de cisaillement (V_s). Il s'agit de mesures de type downhole, uphole, crosshole. La plus-value par rapport aux normes ASTM est d'apporter des préconisations sur la méthodologie d'acquisition (procédures de calibration pour la chaîne de mesure géophysique et les outils de trajectométrie ou inclinométrie, impact des ondes de tube en downhole) et traitement (réaliser une analyse en 2 phases afin d'éviter des artefacts liés aux trajets réels ou aux ondes réfractées) mais également sur les combinaisons de méthodes intéressantes (possibilité de contrôler la cimentation, possibilité de travailler avec 2 forages en crosshole sous réserve de combiner l'acquisition avec un downhole). Pour une

Ce chapitre de l'ouvrage *Sismique en forage et diagraphies acoustiques* est publié en Open Access sous licence creative commons CC-BY-NC-ND permettant l'utilisation non commerciale, la distribution, la reproduction du texte, sur n'importe quel support, à condition de citer la source.

© EDP Sciences, 2018

DOI: 10.1051/978-2-7598-2262-1.c008

reconnaissance profonde où il est possible de conserver un trou nu, incontestablement le PSSL est à préconiser. La mesure peut être complétée par une diagraphie acoustique en champ total (Sonic FWF) afin d'améliorer la résolution verticale avec les modes de Stoneley. Toutefois, il reste préférable d'avoir une redondance des données dans les premiers mètres, avec un dowhole ou crosshole, car généralement cette portion est tubée, hors nappe, et un envahissement de la formation par le coulis faussant la mesure PSSL ne peut pas être exclu.

Le chapitre 2 illustre qu'il est possible d'acquérir un PSV proche de la surface (entre 0 et 100 m), avec les moyens utilisés pour un downhole. L'apport du PSV est qu'après traitement, il fournit une trace sismique sans multiples directement comparable à une section sismique de surface passant au voisinage du forage. Il est important de noter que l'investigation latérale peut être augmentée en déportant la source par rapport à la tête du forage. Cette mise en œuvre est appelée profil sismique vertical déporté (Offset VSP : OVSP). L'image obtenue après traitement est alors une section sismique en couverture simple. Enfin, une ballade sismique (ou *walkaway*) est un ensemble de PSV déportés, la source occupant successivement plusieurs positions correspondant à des déports croissants par rapport à la tête du forage. Dès lors, l'image obtenue après traitement est une section en couverture multiple de faible degré. De plus, un PSV permet d'obtenir une image des formations géologiques en dessous du forage.

Le chapitre 3 illustre que les enregistrements de diagraphies acoustiques avec une sonde classique de type monopole peuvent être exploités non seulement pour obtenir un log de la vitesse des ondes P, mais également une imagerie au voisinage du puits avec investigation latérale décimétrique à métrique pour les modes réfractés. De plus, l'analyse des modes réfléchis et diffractés avec des outils multi-émetteurs et multi-récepteurs permet d'étendre le pouvoir d'investigation de la diagraphie acoustique et de faire une micro-sismique dans le puits. La réponse de l'onde de Stoneley est fortement liée à l'état de continuité de la paroi de forage. L'atténuation des ondes de Stoneley (diminution d'amplitude et abaissement de la fréquence) est utilisée pour caractériser le milieu fissuré. De plus on observe des phénomènes de conversion d'onde aux limites des zones fracturées. Ces phénomènes sont très marqués sur les ondes de Stoneley, surtout en présence de fractures ouvertes.

Lorsque la vitesse de cisaillement de la formation est inférieure à la vitesse P du fluide de forage, elle n'est pas mesurable avec un outil classique de type monopole. Il faut alors mettre en œuvre un outil acoustique de type dipôle, équipé d'émetteurs et de récepteurs polarisés. De tels outils génèrent des ondes de compression polarisées perpendiculairement à l'axe du puits. Ces ondes de compression créent à la paroi du puits des modes de flexure qui donnent naissance dans la formation à des pseudo-ondes de cisaillement se propageant parallèlement à l'axe du puits. L'onde de flexion se déplace à la vitesse des ondes S et c'est donc le moyen diagraphique le plus fiable pour estimer un log de vitesse de cisaillement. Il existe une adaptation pour le domaine de la géotechnique, le PSSL (*PS Suspension Logging*) qui est souple.

Le chapitre 4 illustre sur un jeu de données de la proche surface (sismique 3D, PSV et diagraphie acoustique en champ totale) le principe de conversion profondeur de la sismique de surface à l'aide des données PSV, l'influence de la cimentation sur les mesures acoustiques, le principe de calibration des mesures de vitesse des formations fournies par la diagraphie acoustique avec celles fournies par le PSV et le principe de conversion temps des données acoustiques et le calcul des sismogrammes synthétiques.

Le chapitre 5 présente un exemple innovant d'application des méthodes sismiques en forage et des diagraphies. L'exemple décrit la caractérisation d'un aquifère calcaire karstifié, à l'aide des méthodes sismiques et des diagraphies acoustiques. Pour cela, il apparaît qu'un bloc sismique 3D peut être utilisé en hydrogéologie pour construire un modèle 3D d'aquifères karstiques. Les données PSV permettent de caractériser les niveaux karstiques de deux façons. D'une part par la conversion d'onde P en ondes de Stoneley au toit des niveaux les plus poreux, d'autre part par l'analyse du bruit ambiant qui est maximum au droit des niveaux producteurs. Enfin les diagraphies acoustiques en champ total permettent également la caractérisation des formations karstiques, mais à une échelle différente. Au droit d'un niveau karstifié, on observe une forte atténuation de l'onde P réfractée et une distorsion du signal acoustique. L'analyse des ondes acoustiques enregistrées simultanément sur les deux récepteurs d'un outil acoustique monopôle peut être mise en œuvre pour calculer une décomposition en valeur singulière (SVD) des logs, ce qui permet de définir des attributs acoustiques. L'attribut, nommé détecteur acoustique de bruit, est le produit de 3 termes normalisés (coefficients de vitesse (CV), coefficient d'amplitude (CA), coefficient de corrélation (CCor). Dans les zones karstiques, on observe une élévation de ces 3 coefficients. Donc, l'analyse du bruit ambiant (sismique et acoustique) et la conversion des ondes de volume en ondes de Stoneley peuvent être utilisées pour détecter et quantifier un écoulement, alors qu'un bloc sismique 3D peut être utilisé pour construire un modèle 3D d'aquifères karstiques, voilà pourquoi on peut dire que la sismique 3D, les diagraphies acoustiques en champ total, le PSV permettent la caractérisation des formations karstiques à différentes échelles.