

Mise en oeuvre d'une nouvelle source vibro-acoustique en sismique THR pour les projets d'aménagement et d'ouvrages souterrains

Portolano Patrick (EOSYS), Odin Daniel (EOSYS)
patrick@eosys.fr, daniel@eosys.fr

RESUME

Une nouvelle source sismique vibro-acoustique est mise en œuvre et développée par EOSYS depuis 2000. Elle permet des investigations dans une tranche de profondeur comprise entre 10m et 200m. Cet article présente les premiers résultats obtenus dans 5 missions différentes qui montrent que grâce à cette source, la sismique THR (Très Haute Résolution) permet une excellente imagerie pour les sujets suivants :

- recherche de cavités souterraines entre 10m et 150m de profondeur
- identification de zones déconsolidées en profondeur susceptibles d'engendrer des fontis en surface
- analyse de la géométrie des formations dans des zones de glissements de terrain
- recherche de réservoirs et imagerie des aquifères dans le cadre de la gestion d'eaux souterraines
- imagerie détaillée de structures faillées ou plissées dans le cadre de travaux souterrains

1. INTRODUCTION

La sismique Très Haute Résolution est une technique de sismique réflexion issue de la sismique pétrolière et visant à obtenir une description des tranches superficielles du sous-sol (10 à 200m). Elle repose sur les mêmes principes au niveau de l'acquisition et du traitement mais s'en distingue par des distances entre traces beaucoup plus courtes (0.50m à 5m), des longueurs de dispositif moindres (quelques centaines de mètres) et la nécessité d'utiliser des sources moins puissantes pour minimiser les effets de bruit et d'ondes parasites plus sensibles à faible distance. Elle se caractérise par ailleurs par une plus grande difficulté dans les traitements, les conditions rencontrées en THR étant souvent géologiquement plus complexes (la variabilité des conditions géomécaniques des terrains étant plus grande près de la surface) et le mixage avec le bruit et les ondes parasites plus important. Des séquences de traitement sophistiquées ont été mises au point pour traiter des problèmes spécifiques rencontrés dans les missions présentées ci-dessous.

Pour réaliser une acquisition dans les meilleures conditions, EOSYS met en oeuvre une source vibro-acoustique développée en interne. Elle présente les caractéristiques suivantes :

- Couplage réalisable sur tous types de terrain (urbain, montagne, prairies).
- Répétitivité du signal d'émission dans le sol quel que soit le balayage en fréquence.
- Corrélation des canaux sismiques par le signal enregistré dans la chambre de poussée.
- Portabilité : la chambre de poussée fonctionne sans perte d'énergie jusqu'à 150 mètres du générateur de puissance. Ce dernier peut emprunter des sentiers.
- Pouvoir de résolution : en fonction de la structure géologique du terrain, des traitements ont été mis au point afin de visualiser des interfaces de quelques mètres d'épaisseur, des cavités ou autres objets géologiques. La mise en œuvre de la source est réglée en fonction de l'objectif géologique.
- Non-destructivité : cette source permet de travailler sans provoquer les moindres dégâts en surface.

Cette source est mise en œuvre sur le terrain avec un laboratoire numérique 24 bits.

2. RECHERCHE DE CAVITES

Deux missions sont présentées, l'une à profondeur moyenne (80 à 150m), l'autre à faible profondeur (10 à 40m).

2.1 ANCIENNE MINE

Cette mission a été initiée en 1998 dans le bassin de Gardanne pour le compte d'INERIS, dans le cadre d'une recherche menée en partenariat avec le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. L'objectif était d'identifier la nature du remplissage d'une ancienne mine de charbon exploitée au 19^e siècle, la Grande Mine, située entre 80 et 150m de profondeur. Une ligne de plus de 2km a

été acquise. Cette mission a très clairement mis en évidence des anomalies dans les points de tir dues à des cavités. Toutefois, il est apparu que beaucoup d'entre elles étaient à moins de 100m de la surface. Ceci fut confirmé par un sondage qui a traversé une cavité de plus de 1m de haut à 6m de profondeur. Il apparaît aujourd'hui que deux autres niveaux miniers sont susceptibles d'avoir été exploités au-dessus de la Grande Mine et qu'ils ont fortement altéré l'imagerie qu'il était possible d'y réaliser avec le dispositif mis en œuvre. Les sections obtenues ont toutefois permis d'observer :

- Une atténuation du signal et un masquage des horizons sous la Grande Mine, ce qui permet de la positionner en profondeur
- Sur certaines parties de la section (figure 2), il paraît possible de distinguer des zones effondrées dans les horizons exploités au-dessus de la Grande Mine (horizon A - figure 2).

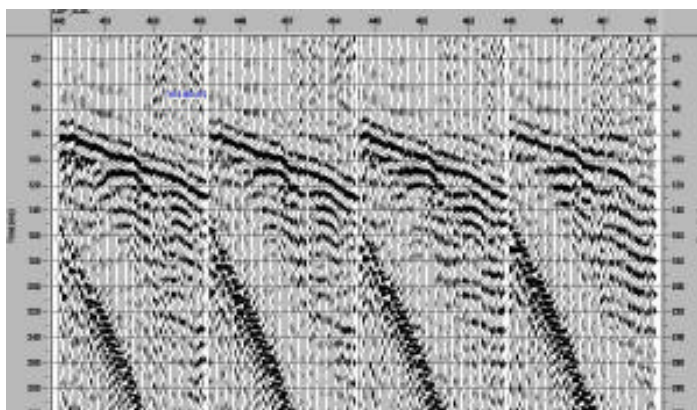


Figure 1 : Points de tir

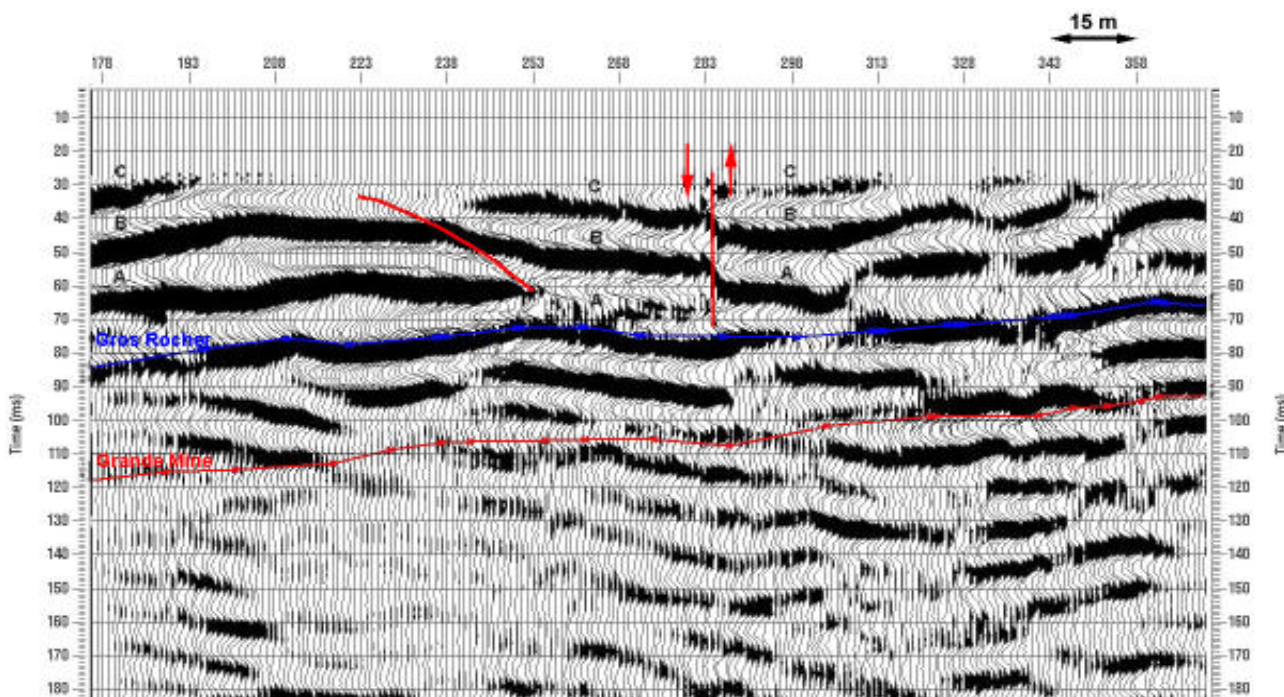


Figure 2 :Section sismique

2.2 PARC MUNICIPAL

Cette mission a été réalisée en 2001 pour la Ville de Nice, en collaboration avec le Laboratoire de l'Équipement de Nice. La section présentée ici a été obtenue dans un jardin public dans les formations détritiques Pliocène des collines de Nice. L'objectif était de mettre en évidence des secteurs dans lesquels des galeries d'environ 2m de large et 2m de hauteur auraient pu être creusées, en vue de reconnaître ensuite ces zones par des moyens plus directs (inspection, sondages). Cette section (figure 3) met en évidence la structure géologique (noter la présence d'une faille et d'un chenal pliocène, la résolution verticale est de

l'ordre de 5m) et des zones de perte d'amplitude et de cohérence des réflecteurs (zones 1, 2 et 3 - figure 3), considérées ici comme pouvant témoigner du passage de cavités.

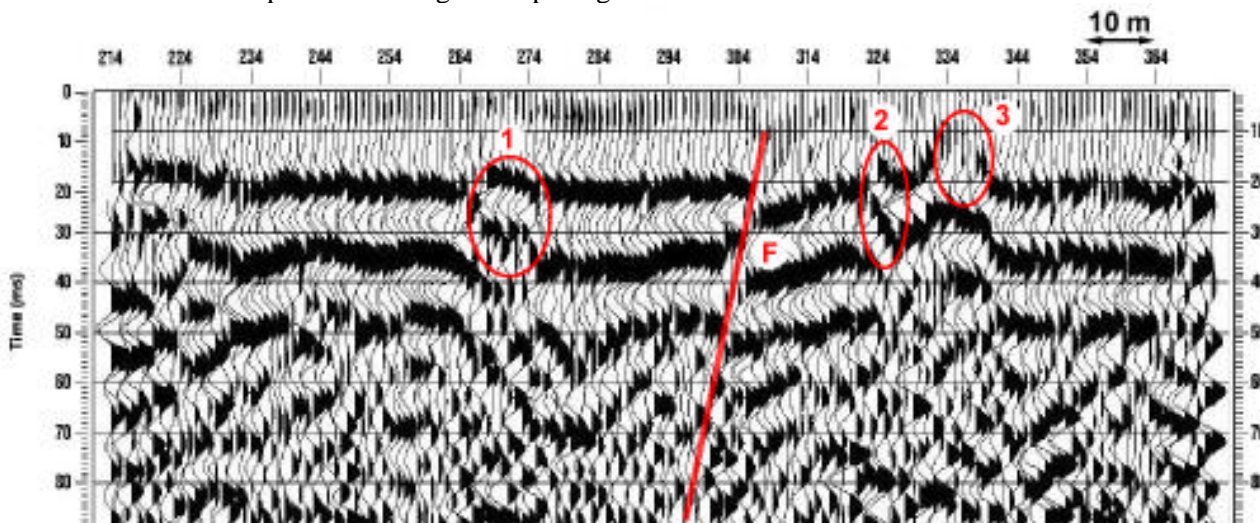


Figure 3 : Section sismique interprétée

3. DESORDRES SOUTERRAINS

Cette mission a été réalisée en 2002 dans le Nord-Est de la France, dans une zone d'exploitation de sel par dissolution de cavités à partir de forages. La section présentée figure 4 montre clairement l'horizon salifère et les formations de couverture jusqu'à la surface. On note que sur ce site, la profondeur de pénétration de la source dépasse 200ms, soit 300m dans les terrains concernés. Un zoom sur une partie de la section présentée figure 4 montre qu'à 60ms, on a une bonne continuité des horizons, mais que dessous, une perte de cohérence des réflecteurs apparaît avec une tendance à ce que ceux-ci soient bombés vers le haut. Ceci est interprété comme le développement d'une zone de désordres à plus faibles vitesses juste au dessus du niveau salifère.

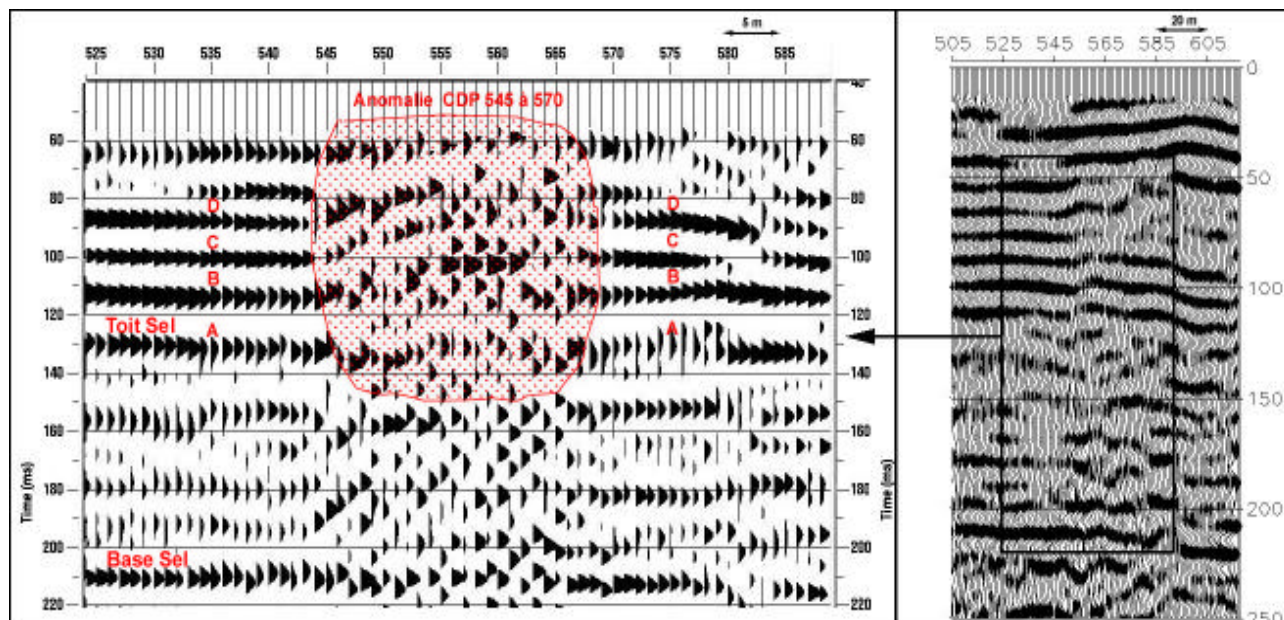


Figure 4 : Section sismique et zoom sur section

4. HYDROGEOLOGIE

Cette mission a été réalisée en 2001 pour le compte du Syndicat de Communes de l'île de Rhodes en Grèce dans le cadre de la mise en valeur de ressources d'eau renouvelables. L'objectif est de délimiter en 3

dimensions des unités de carbonates avant de les mettre en production afin de s'assurer qu'elles sont bien isolées de la mer. Pour cela, on intègre sismique, données de sondages et d'affleurements et interprétation d'imagerie satellite dans un outil de modélisation géologique 3D.

La section présentée ici (figure 5) met en évidence des unités de carbonates (réflecteurs plus cassés et pentés) reposant sur du flysch (absence de structuration) et recouvertes par des formations pliocènes marines (réflecteurs cohérents sur une plus grande distance). On notera le caractère très tectonisé des carbonates et le rejeu de certaines failles dans les terrains pliocènes, ainsi que la présence probable de chenaux pliocènes.

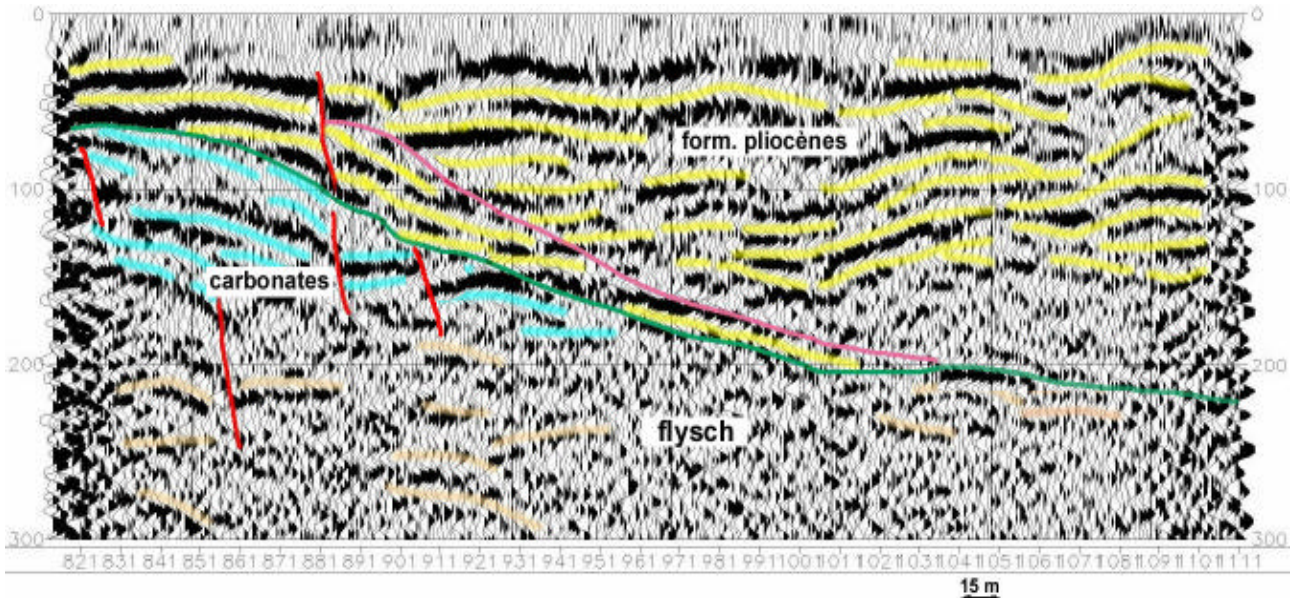


Figure 5 : Section sismique

5. OUVRAGES SOUTERRAINS

Cette mission a été réalisée en 2001 pour la DDE des Alpes Maritimes avec l'appui technique du Laboratoire de l'Équipement de Nice sur le tunnel de Tende dans le cadre des reconnaissances préliminaires pour un nouvel ouvrage dont le tracé reste à définir. Il s'agit de caractériser les terrains au voisinage du tunnel actuel et notamment de délimiter l'extension des corps d'anhydrite traversés par le tunnel existant. La figure 6 montre une section interprétée, avec indications des vitesses d'addition obtenues lors du traitement. Les formations les plus rapides (plus de 4000 m/s, dans un milieu de vitesses inférieures à 3000 m/s) ont une forte probabilité d'être de l'anhydrite. Il y apparaît aussi très nettement un chevauchement (C - figure 6), attribué à la terminaison de l'unité du Col de Tende au dessus du tunnel actuel.

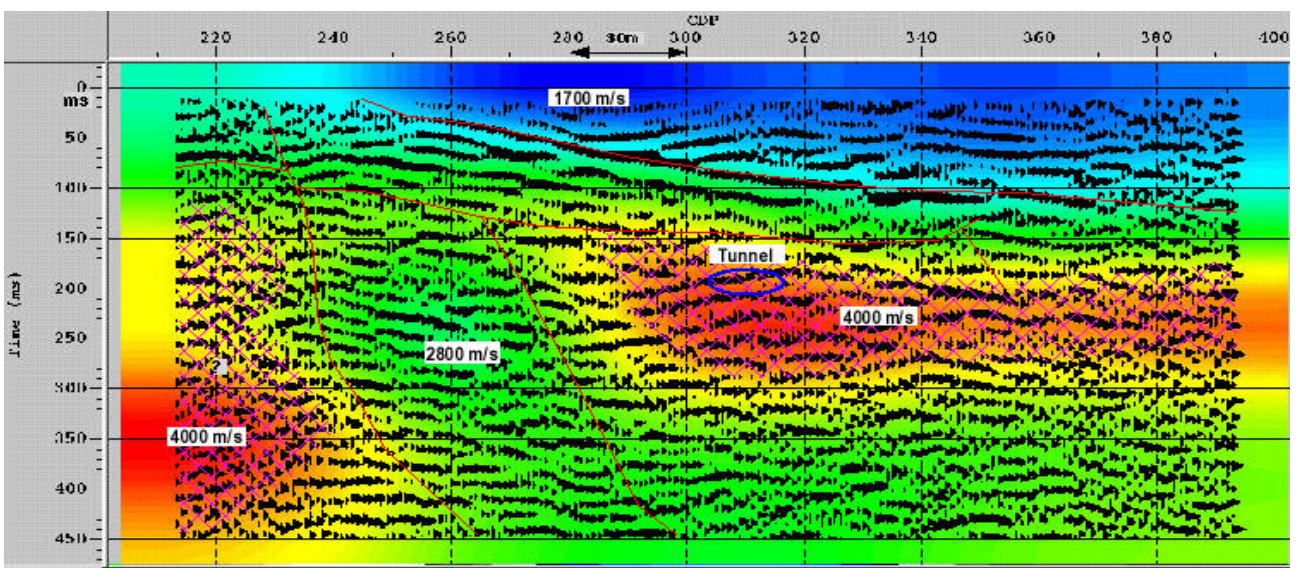


Figure 6 : Section sismique avec zone d'anomalie de vitesses