

Opération GEOLIG 2D (septembre 1999)

Cette campagne s'est déroulée avec le soutien du Programme national *GEOFRANCE 3D*. Les responsables de la campagne étaient S. OPERTO et N. BETHOUX. Les principaux participants ont été: A. ANGLADE, N. BETHOUX, A. MOREAU et F. SAGE. La période d'intervention a été du 12 au 26 Septembre 1999. Le navire utilisé pour les opérations a été le N/O TETHYS II de l'INSU-CNRS.

A. Justification et objectifs de la mission

Dans le cadre du programme national GEOFRANCE 3D (CNRS-INSU, BRGM), des tirs à l'explosif dédiés à une expérience de sismique profonde ont été effectués dans les Alpes occidentales. Ce type d'opération très lourde et onéreuse est très exceptionnel. Aussi avons-nous voulu tirer au maximum partie de ces tirs, notamment en cherchant à les enregistrer sur la marge Ligure et jusqu'en pied de marge, grâce à l'utilisation d'OBS. Ces tirs, effectués pour mieux connaître la structure profonde des régions Briançonnaise et de la Provence, ont donc permis d'un point de vue instrumental de comparer plus précisément qu'auparavant la réponse à des tirs à distance régionale des différents prototypes d'OBS disponibles en septembre 1999. Ce type de tirs est représentatif de séismes de magnitude 2,5 à 3,5.

En complément des tirs à terre, des profils de sismique marine ont été effectués à partir du NO Téthys avec le canon le plus puissant et basse fréquence dont nous disposons (BOLT, 16 litres), afin d'obtenir une image des structures crustales de cette marge par sismique réfraction/réflexion grand-angle. Ces données nouvelles doivent permettre une meilleure valorisation des nombreux profils de sismique verticale disponibles sur la zone, en associant un modèle de vitesse plus précis aux différentes couches identifiées. La disposition en croix des différents profils (voir figure), qui a permis d'effectuer deux passages au dessus de certains OBSs, a été choisie de manière à améliorer la relocalisation des OBS sur le fond et l'orientation des composantes horizontales par rapport au nord, par inversion des temps de trajet de l'onde directe et analyse de polarisation des composantes horizontales. Cette opération avait donc également un intérêt certain pour la préparation aux opérations de surveillance des séismes dans le cadre du projet DEVINE, pour ce qui concerne la précision de relocalisation des OBS.

Les profils parallèles à la marge (**Figure 2**) ont également été programmées pour développer plusieurs modèles 1-D de la marge le long du profil longitudinal en s'affranchissant autant que possible des effets topographiques (en raison de l'orientation des profils). L'analyse intégrée des profils longitudinal et transverses devraient permettre un meilleur contrôle de la structure 2-D de la marge aux points d'intersection des profils longitudinal et transverses; Enfin, les profils transverses fournissent un éclairage en éventail tri-dimensionnelle de la structure via l'enregistrement des OBSs situés à distance du profil. Dans une phase ultime d'interprétation, cet éclairage plus généralement utilisé à terre sera utilisé pour tenter d'imager les variations 3-D majeures de la structure.

B. Déroulement de la mission

Cette mission a été scindée en trois legs, dont les deux premiers devaient correspondre au calendrier des tirs terrestres. L'autre contrainte imposée était la mise à disposition du Téthys entre plusieurs périodes de stages étudiants.

N'ayant que cinq OBS à notre disposition, nous avons choisi d'intercaler leur position en deux largages pour réduire l'espacement entre OBSs et, de ce fait, densifier l'"éclairage" sismique du milieu. Quatre profils de 75 km chacun ont été effectués: un profil (PL1) perpendiculaire à la côte et trois profils le long de la marge (PT 2, PT 6-Leg1 et PT 10).

Premier leg : du 11/09/1999 au 13/09/1999

Cinq OBS ont été largués le long d'un profil perpendiculaire à la marge au large d'Antibes (**Figure 2**). La position du profil d'OBSs avait été choisie pour être dans l'alignement de stations terrestres installées pour enregistrer d'une part :

- un tir effectué dans le massif de Belledonne. Les OBS se situaient dans l'alignement de stations terrestres (géométrie 2D).
- deux tirs effectués dans le massif du Mercantour. Certains OBS étaient dans la continuité d'un éventail de stations terrestres situé à la distance du « point brillant » où la réflexion sur le Moho a théoriquement l'amplitude maximale.
- Par ailleurs, ce profil coïncidait avec un profil de sismique réflexion multitrace et de réfraction terre-mer de la campagne MALIS. La combinaison des données de sismique réfraction des campagnes MALIS et GEOLIG2D a permis de constituer un jeu de données enregistré par 7 OBSs et 5 stations à terre disposés le long d'un modèle crustal s'étendant du talus continental à la croûte océanique sensu stricto via le domaine de transition continent-océan.

Un profil de 70 km de long a été tiré sur les OBS, puis les deux profils transverses Pt 2 (35 km) et PT 6 (75 km) ont été effectués parallèlement à la côte.

Deuxième leg : du 16/09 au 17/09

Tout d'abord, les profils transverses tirés au dessus de chaque OBS ont été complétés : profils PT10 (97 km) , PT 4, PT8, puis le profil longitudinal a été retiré car une fuite du canon avait été constatée durant le premier Leg).

Ensuite les OBS ont tous été récupérés. A l'issue des Legs 1 et 2, deux des 5 OBSs (OBSs 2 et 10) ont fourni des enregistrements satisfaisants (seuls ces OBSs sont représentés sur la **Figure 2**).

Troisième Leg : du 24 au 26/09

Durant ce leg, il n'y a pas eu de tirs à terre. Cette mission était simplement consacrée à la sismique grand angle marine.

La première partie du leg a été consacrée au largage de cinq OBS. Ensuite, le profil longitudinal, les profils PT 3 puis le profil PT 6-Leg 3 ont été tirés. Nous avons récupéré tous les OBS le 26/09. Quatre des cinq OBSs (OBSs 3, 5, 8, 9) ont fonctionné correctement ce qui porte à six le nombre d'OBSs disponibles sur le profil longitudinal (deux aux Legs 1-2 et quatre au Leg 3).

C. Bilan de la mission

Nous bénéficions d'enregistrements grand-angle dans une géométrie 3D pour la partie de la marge ligure située entre l'Estérel et Monaco, soit 300 km de profils directs et inverses qui ont complété très utilement les données de sismique multitrace disponibles sur la zone (campagne MALIS'1995). Elles permettent d'obtenir un modèle de répartition vitesse/profondeur de la marge et de sa transition au bassin. Etant donné la source disponible durant GEOLIG2D (canon Bolt de 16 l), la qualité des données est très satisfaisante bien que nous ne disposons que de 6 enregistrements sur les 10 largages. Des signaux ont été enregistrés jusqu'à 50 km d'offset. La qualité des données enregistrées par les OBS situés sur la pente est moins bonne mais permet néanmoins de suivre l'onde réfractée dans la croûte jusqu'à des distances source-récepteur de 50 km. La réflexion sur le Moho est clairement identifiée sur les OBS situés dans le bassin océanique (OBSs 8, 9, 10).

Nous devons effectuer une tomographie de la structure crustale par inversion itérative des écarts de temps de la première arrivée, en utilisant un code mis récemment au point au laboratoire (C. Ravaut). Cette analyse des temps de trajet sera complétée par modélisation et possiblement inversion des formes d'onde fondées sur des simulations aux différences finies.

Le bilan concernant l'enregistrement des tirs terrestres est plus mitigé. Le rapport signal sur bruit est généralement très faible. Pour le moment nous n'avons réussi à exploiter uniquement les enregistrements d'un tir du Mercantour sur deux OBS (OBS 2 et 10). Un traitement du signal sophistiqué pourra peut être permettre ultérieurement de mieux valoriser ces données.

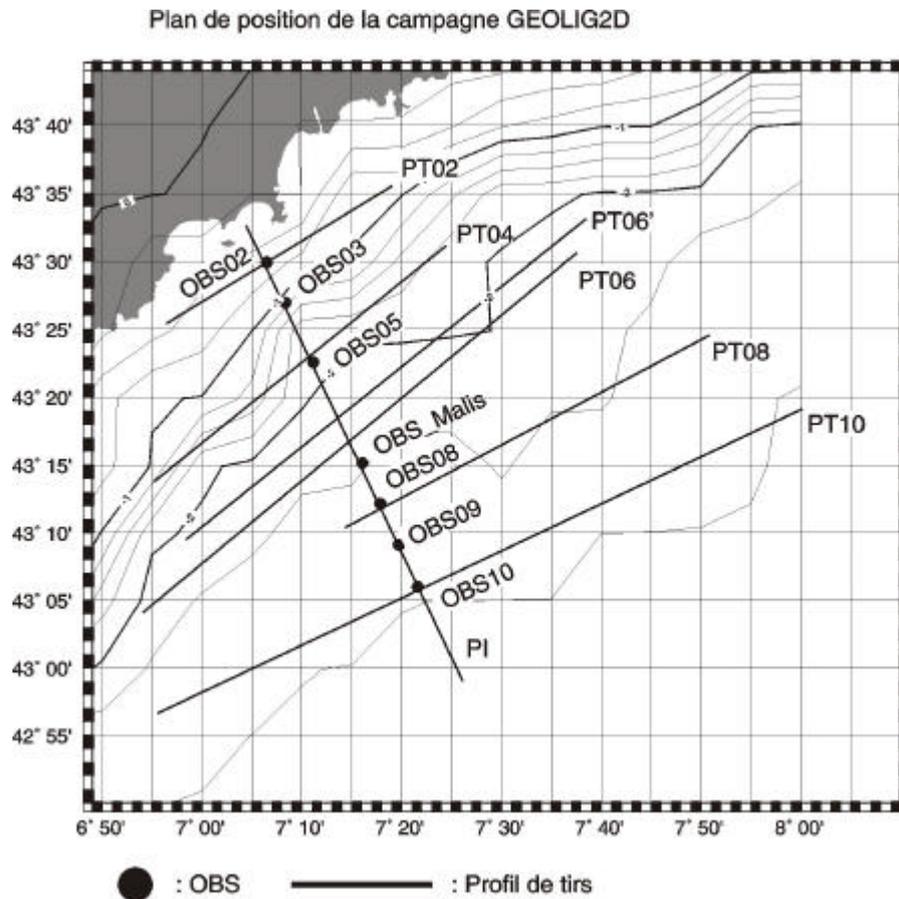
D. Valorisation des données

Les premiers résultats ont fait l'objet d'une communication à la Réunion Spécialisée de la Société géologique de France, 1999, "résultats préliminaires de la campagne de sismique grand angle GEOLIG 2D : structure profonde de la marge nord du bassin Ligure.

Le premier traitement a été intégré dans un mémoire de maîtrise de Sciences de la Terre de l'Université de Nice (A. Gailler, "Détermination de la structure profonde des Alpes sud occidentales au pied de la marge ligure par l'étude de données de sismique grand angle", juin 2001).

Les résultats concernant les tris terrestres ont été intégrés dans un article soumis à Tectonophysics : "The deep structure of southeast France: what do we know? A multi - scale analysis", par Nicole Béthoux, Etienne Bertrand, Anne Deschamps, Christophe Maron, and Didier Brunel.

Figure 2:



Références:

OPERTO S., SAGE F., BETHOUX N., ANGLADE A., MOREAU N., ROLLET N.- November 1999. Résultats préliminaires de la campagne de sismique grand-angle GEOLIG 2D. Congrès spécialisé de la SGF, Villefranche-sur-mer.

SAGE F., BETHOUX N., ANGLADE A., MOREAU A., ROLLET N.- April 2000. Crustal structure of the Northern Ligurian Basin deduced from refraction and multichannel seismic data. EGS-XXV General Assembly, Nice.