

ÉLÉMENTS POUR UN PROGRAMME DE RECHERCHES SÉISMQUES EN MÉDITERRANÉE

par MURAOUR Pierre, LEENHARDT Olivier et MERLE Jacques (1)

Dans le cadre des études océanographiques de la Méditerranée Occidentale, entreprises par M. le Professeur J. BOURCART, Membre de l'Institut, il serait souhaitable, étant donné l'avancement des travaux de Géologie du fond (sédimentologie, cartographie...), de commencer, dès à présent, des études de Géophysique permettant, seules, de nous éclairer sur la structure profonde de la Méditerranée. Tenant compte de l'ampleur des recherches dans les diverses régions méditerranéennes, nous estimons, de plus, que ces études devraient débiter dans les zones Est où, aux importants travaux de l'école française dirigée par le Professeur J. BOURCART, s'ajoutent ceux de l'école italienne (Professeurs A. SEGRE, C. MORELLI et collaborateurs) qui ont, entre autres, réalisé des levés gravimétriques d'un grand intérêt.

Nous proposerons donc, en premier lieu, l'étude d'une zone que nous appellerons « zone du Golfe de Gênes-Corse » et que l'on peut délimiter ainsi : Golfe de Gênes proprement dit et région comprise entre les côtes de Provence et celles de Corse. Ce travail pourra être réalisé au cours de deux campagnes océanographiques, la première pouvant se dérouler dès l'été 1961 si nous parvenons à grouper un appareillage suffisant à sa mise en œuvre.

Au cours de la première campagne séismique, nous proposons l'étude de la plaine sous-marine qui s'étale, à partir de l'isobathe — 2 500 m, au large du Golfe de Gênes (cf. J. BOURCART, 1959, p. 44) et dont « le trait le plus remarquable » est de constituer une « grande fosse W-E qui aboutit au golfe de St Florent ».

On utilisera la technique du sondage-réfraction ou celle du profil-réfraction, le choix entre ces deux méthodes, assez voisines d'ailleurs, devant être fait suivant les moyens maritimes dont nous disposerons. Deux bateaux étant nécessaires pour l'une comme pour l'autre de ces deux méthodes, l'adoption de l'une d'entre elles ne dépendra donc que de l'équipement technique des deux bateaux et des moyens mis à notre disposition, sur chaque bateau, pour effectuer le point. Il serait souhaitable néanmoins, dans le cas le plus favorable, de pouvoir disposer de crédits suffisants pour mettre en pratique les deux méthodes, étant donné que l'une et l'autre apportent des renseignements complémentaires.

Nous espérons ainsi pouvoir donner un relevé de la structure profonde de cette

(1) MURAOUR Pierre, Professeur sans Chaire à la Faculté des Sciences de Montpellier.
LEENHARDT Olivier, Attaché de Recherches au C.N.R.S.



basse plaine. Il conviendrait donc, à cet effet, d'atteindre la discontinuité de Mohorovicic et de préciser la présence, ou non, des niveaux basaltiques, granitiques, métamorphiques et sédimentaires, ainsi que, le cas échéant, leur puissance respective.

Cette étude devra être effectuée soit entre les points $43^{\circ}44' - 8^{\circ}36'$ et $42^{\circ}51'30'' - 8^{\circ}18'$, soit entre les points $43^{\circ}31' - 8^{\circ}45'30''$ et $43^{\circ}9' - 7^{\circ}37'$, c'est-à-dire sur une distance d'environ 100 km. Il sera nécessaire d'apporter à ce travail un soin tout particulier, étant donné l'importance de ces premiers résultats qui, en dehors des renseignements recherchés, devront nous permettre notamment de définir des « marqueurs » d'une très grande utilité pour nos études à suivre. Aussi estimons-nous devoir réserver à la prospection de la basse plaine l'ensemble de notre activité durant cette première campagne.

La deuxième campagne pourrait avoir lieu, au plus tard, au cours de l'été 1962. Son but essentiel sera de préciser, d'une façon aussi détaillée que possible, les structures profondes, sur quelques profils, de la zone du Golfe de Gênes-Corse.

On devra, tout d'abord, élucider le problème de la structure de la bordure continentale ou, mieux, du précontinent, tel que l'a défini J. BOURCART (en désignant, ici, par ce terme, la région comprise entre le littoral et l'isobathe — 1 500 m), et, si possible, celui des relations existant entre la basse plaine et ce précontinent. L'examen de la carte bathymétrique nous montre que la région comprise entre Livourne et les bancs de Santa Lucia est la plus favorable pour une telle étude, ainsi que celle située au niveau du 44° parallèle, c'est-à-dire entre la pointe Mesco et le point de coordonnées $43^{\circ}55' - 8^{\circ}57'$.

Au cours de ces recherches, on devra procéder, en premier lieu, à une étude par réfraction, suivant les techniques classiques de cette méthode, avec, bien entendu, enregistrement inverse. Les profils établis auront une longueur d'une cinquantaine de kilomètres, ce qui nous permet d'espérer une profondeur d'investigation de 5 000 mètres environ, profondeur suffisante pour obtenir des renseignements intéressants sur la structure du précontinent. Le choix de la méthode par réfraction comme principal moyen d'investigation de la bordure continentale, région « la plus importante de la croûte terrestre et la moins bien connue » (M. EWING et F. PRESS, 1956, p. 253), est dicté par l'expérience et, en particulier, par celle de M. EWING pour qui : « The principal tools available for exploration of them (continental margins) are seismic refraction and gravity observations ».

Des études par réflexion devront également être menées dans des zones limitées du précontinent et principalement dans la zone abrupte qui relie la bordure continentale à la basse plaine, c'est-à-dire entre l'isobathe — 1 000 m et l'isobathe — 2 000 m environ. Il s'agira ici d'études de détail, nécessairement limitées en raison des frais qu'elles entraînent, mais qui, nous l'espérons, permettront, à l'appui des résultats obtenus par réfraction, d'apporter des renseignements plus précis sur la structure de ces régions si importantes pour la compréhension des phénomènes qui régissent les rapports du domaine maritime et du domaine continental.

De même, des recherches, également très localisées, par réflexion pourront être effectuées au cours des première et deuxième campagnes, entre le Cap d'Antibes et le rocher de Monaco, dans la région supérieure du précontinent, soit entre l'isobathe — 20 m et l'isobathe — 200 m environ, c'est-à-dire dans une zone particulièrement bien connue tant du point de vue topographique que du point de vue sédimentologi-

que (cf. Travaux du Laboratoire de M. le Prof. J. BOURCART). Le travail proposé aura pour but de préciser quelques problèmes déterminés, tels que l'étude de la sédimentation dans les parties hautes des canyons. Etant donné la faible profondeur de ces régions à prospecter, l'utilisation de charges d'explosif quelque peu importantes n'est pas souhaitable. Les ébranlements séismiques seront donc produits soit à l'aide de simples détonateurs, soit par la technique de l'étincelle électrique. Des géophones classiques, enfermés dans des boîtiers étanches, pourront alors être placés directement sur le fond, ainsi que l'un de nous l'a déjà expérimenté.

Cette seconde campagne terminera l'étude de la zone du Golfe de Gênes-Corse. Il ne nous restera plus alors qu'à ouvrir un nouveau champ d'investigations, probablement dans le Golfe du Lion, pour lequel nous proposerons, en temps voulu, un plan d'études.

Un plan triennal d'études géophysiques de la Méditerranée Occidentale a été soumis, par l'intermédiaire de M. le Professeur J. BOURCART, à la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique. Dans ce programme d'études, il a été chiffré, avec précision, les crédits nécessaires à l'achat d'un matériel présentant des caractéristiques à la mesure des résultats recherchés, ainsi que les frais de mission afférant aux campagnes respectives.

Que le Commandant COUSTEAU, qui a bien voulu mettre à notre disposition le bateau océanographique « Winaretta Singer » pour les études envisagées, veuille bien trouver ici l'expression de nos vifs remerciements.

Le Laboratoire de Géophysique Appliquée de la Faculté des Sciences de Montpellier (Directeur : Professeur Pierre MURAOUR) est prêt à mener au mieux cette tâche, sous la direction de MM. les Professeurs J. BOURCART et L. GLANGEAUD, à qui la géologie méditerranéenne doit tant.

INTERVENTIONS

J. BOURCART. — Ce travail relèverait non pas du C.N.R.S., mais de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique. Les crédits ayant été épuisés par la reconstruction de Laboratoires et par la construction du bateau océanographique international, il ne faut pas attendre des crédits avant 1962. Il faut toutefois établir un programme à présenter à la Commission pour une équipe de chercheurs, et non pas pour un chercheur isolé, on ne peut rien faire sans une union de tous les gens qui veulent travailler, il faut introduire dans cette équipe les travailleurs de Monaco. Il faut toutefois commencer rapidement le travail car il existe de nombreux programmes étrangers sur ces sujets.

P. MURAOUR. — En ce qui concerne l'appareil fourni par le C.E.A., il faudrait le descendre dans la Soucoupe afin d'observer son comportement en tant qu'enregistreur micro-sismique. C'est un appareil remarquable.

C^{dt} COUSTEAU. — Il est bien évident que la *Winaretta Singer* sera à la disposition de ces travaux, et si on n'a pas besoin de bateau plus gros, on peut aussi y joindre l'*Espadon*, mais il faudrait faire l'achat du matériel de sismique de réfraction.

Nous avons en mai 1959 participé avec la *Winaretta Singer* à une campagne de sismique par réfraction avec le *Chain*; à cette occasion on a pu embarquer de jeunes chercheurs. Il y a donc déjà deux ou trois jeunes qui sont au courant des méthodes américaines. Deux techniciens de Monaco ont aussi participé à une mission sur le *Discovery*.

Il existe d'autre part à bord de la *Calypso* un thumper qui n'a jamais été utilisé.

L. GLANGEAUD. — Le programme présenté par P. MURAOUR est fort intéressant. Au dernier congrès de l'Union Géodésique et Géophysique à Helsinki, nos collègues américains aussi bien de New York que de Californie ont présenté des résultats sur la prospection sismique en Méditerranée. L'équipe de M. EWING notamment doit continuer cette année. Il serait désirable que la France se mette aussi à ce genre de recherches.

L'exploration du Golfe de Gênes est très importante. Cette région est située à la jonction de plusieurs unités fondamentales. A l'Ouest se termine la chaîne pyrénéenne, constituant un pli de fond ou chaîne intracratonique qui s'est produite au début de la phase alpine; à l'est du Golfe, les grandes zones tectoniques Alpines du Briançonnais et des schistes lustrés se relient aux structures de la Corse. Ces unités bordant le bloc européen sont séparées à l'est du bloc apenninique par le hiatus de Gênes. J'ai montré dans la conférence sur la Paléogéographie de la Méditerranée que ces différentes pièces se sont différenciées au moment de la distension triasico-liasique. Dans les hiatus qui se sont alors formés, la croûte est amincie. Certains de ces hiatus, de dimension suffisante, séparant les pièces de la mosaïque ont alors joué un rôle spécial. Je les ai appelés des « tectorogènes », c'est-à-dire un ensemble structural se déformant (croûte et manteau compris) pour former une chaîne de montagne. La région de Gênes présente des jonctions de ce genre d'un grand intérêt. Etant donné les relations entre les différentes pièces de la mosaïque, il est donc très important que cette région soit prospectée avec une très grande précision, avec toutes les méthodes modernes.

Un deuxième problème important est la jonction entre la Tunisie et la Sicile. Ainsi que MM. CASTANY, CAIRE et MATTAUER l'ont montré, en accord avec mes hypothèses, les unités nord-africaines passent en Sicile. Mais entre ces deux régions se sont produites de grandes cassures et des modifications qu'il est important de définir.

Les Français ayant fait des travaux importants dans cette région, il serait regrettable qu'ils soient remplacés par des étrangers qui offrent leurs services au gouvernement Tunisien. Des études dans le secteur océanographique permettront de fermer l'arc Calabro-Sicilien qui a une très grande importance pour l'histoire de la Méditerranée. Du côté Italien, nous avons pu établir une liaison étroite et sympathique avec nos collègues de Rome, notamment le Centre National de la Recherche Scientifique Italienne. Il a été créé un Centre de Recherches Calabro-Sicilien, en collaboration avec l'Institut de Géologie de Rome, sous l'égide de l'OTAN. D'éminents spécialistes comme M. ACCORDI, directeur de l'Institut de Géologie de Rome, M. SIGNORINI, Professeur à la Faculté des Sciences de Rome, le Service de la Carte Géologique d'Italie, dirigé par M. BENEVOLO, ont bien voulu nous permettre de travailler dans ce vaste ensemble.

Le laboratoire de Géodynamique de Paris est donc jumelé avec celui de Géologie de Rome.

Les régions côtières sont étudiées par nos collègues italiens et les équipes de géodynamiciens français (CAIRE, GRANDJACQUET, BOUSQUET, TRUILLET, etc.) et les régions marines par des équipes de Géologie sous-marine.

Dans ce travail, l'étude des structures géologiques de la partie émergée est nécessaire pour permettre d'interpréter correctement les structures sous-marines. Seuls les levés géologiques terrestres révèlent complètement et permettent de dater les différentes phases de l'évolution, et de dessiner exactement les plis que l'on peut suivre en mer, par extrapolation.

Réciproquement, l'étude des zones continentales serait totalement insuffisante si elle n'était pas complétée par celle des zones sous-marines.

Sous l'impulsion de M. le Professeur BOURCART, et grâce aux techniques océanographiques du Commandant COUSTEAU, la France a dépassé le niveau de l'étranger pour l'exploration sous-marine directe et notamment pour la Soucoupe plongeante. Je m'en réjouis vivement.

C^{dt} GRINDA. — Quel est l'appareil conçu par le C.E.A. qui permet de mesurer les différences entre les ondes sismiques selon qu'on se trouve sur un terrain sédimentaire ou sur un terrain granitique ?

P. MURAOUR. — C'est un appareil du type électro-dynamique muni d'un amplificateur à gain important. L'ensemble est peu encombrant. Le seul inconvénient du point de vue

marin est que la masse sismique est suspendue à un fléau, il est donc nécessaire que l'appareil soit posé horizontalement pour travailler dans des conditions favorables.

C^{dt} GRINDA. — Mais vous aviez parlé de le mettre dans la Soucoupe ?

P. MURAOUR. — Oui, moyennant certaines précautions, il est possible de le maintenir horizontalement dans la Soucoupe posée sur le fond et cela éviterait non seulement le problème du boîtier étanche, mais surtout du dépôt horizontal de l'appareil sur le fond, opération fort difficile à réaliser.

Après la communication de P. MURAOUR, le Commandant GRINDA fait part du programme de travaux de Géophysique de l'Observatoire Sismologique de Monaco :

1) *Travaux en cours.* Etablissement de la carte de sismicité de la Méditerranée occidentale.

2) *En préparation.* Etude de l'épaisseur moyenne de la croûte terrestre sous la Méditerranée. Cette étude est entreprise sous la direction du Professeur KNOPOFF, en liaison avec les observatoires sismologiques de Tortosa, Cagliari et Alger avec des sismographes de longue période construits par MM. KNOPOFF et PRESS. Elle est basée sur la détermination des vitesses de propagation des ondes de Raleygh dont la dispersion est liée à l'épaisseur de la croûte terrestre traversée par ces ondes.

COLLOQUES NATIONAUX
DU
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**OCÉANOGRAPHIE GÉOLOGIQUE
ET GÉOPHYSIQUE
DE LA MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE**

VILLEFRANCHE SUR MER

4 au 8 Avril 1961

EXTRAIT

**ÉLÉMENTS POUR UN PROGRAMME
DE RECHERCHES SÉISMiques EN MÉDITERRANÉE**

par MURAOUR Pierre, LEENHARDT Olivier et MERLE Jacques (1)

ÉDITIONS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

15, QUAI ANATOLE-FRANCE - PARIS - VII

1962

B*6296 Ex1