

C. R. somm. Soc. géol. Fr., 1977, fasc. 5, p. 260-262.

Etude sismologique en Afghanistan. Premiers résultats

par Jean-Luc CHATELAIN *, Steven ROECKER **, Denis HATZFELD *, Peter MOLNAR ** et Guy PERRIER *

Mots clés. — Sismicité, Structure arquée, Épicentre, Faille de décrochement (Sénesre) ; Afghanistan.

Résumé. — Les premiers résultats d'une étude sismologique en Afghanistan ont mis en évidence l'existence en Hindou Kouch d'une zone de sismicité arquée avec inversion de la direction de plongement de l'Ouest en Est. D'autre part, une étude statistique du mécanisme au foyer des séismes superficiels donne une solution focale compatible avec un coulissage sénestre de la faille de Chaman.

Abstract. — Preliminary results of seismological work in the Hindu Kush region of Afghanistan define a contorted seismic zone with the polarity changing from northwards in the west to southwards in the east. Second, a composite fault plane solution for shallow earthquakes on the Chaman fault is compatible with a left lateral motion.

Malgré les récents apports de la tectonique des plaques, on comprend encore mal la sismicité et les déformations intracontinentales. Citons, parmi les problèmes principaux à résoudre : la formation des chaînes ou de certains types de grabens intracontinentaux et l'origine des grands décrochements qui affectent la lithosphère continentale. A cet égard, l'exemple de l'Asie est unique et son étude détaillée, d'une importance fondamentale. Molnar et Tapponnier [1975] ont suggéré que l'essentiel de la sismicité et de la tectonique tertiaire de l'Asie pouvait s'expliquer de manière simple comme la conséquence de la collision entre les continents indien et eurasiatique. Bien que leurs conclusions soient en accord avec l'ensemble des données sismiques et tectoniques accessibles, elles restent qualitatives et une approche plus quantitative est indispensable.

L'Afghanistan est une région qui convient bien pour une telle approche et qui offre les meilleures perspectives pour une étude détaillée de sismotectonique. Nous sommes en présence de deux décrochements majeurs qui traversent l'Afghanistan (faille d'Herat au Nord peu sismique actuellement et faille de Chaman à l'Est) et pour lesquels la distribution dans l'espace, la fréquence et les mécanismes des séismes ne sont pas connus. Un système complexe de failles est observé à l'intersection de ces deux failles. D'autre part, la présence d'une zone où les séismes intermédiaires sont nombreux (Hindou Kouch et Pamir) fait de l'Afghanistan une région unique en Asie.

Durant l'été 1976, une campagne d'enregistrements sismiques était réalisée dans une collaboration entre le laboratoire de géophysique interne de Grenoble (dans le cadre de l'A.T.P. « Géodynamique » de l'I.N.A.G.)¹ et le Department of Earth and Planetary Science du M.I.T.², Cambridge U.S.A. (dans le cadre d'un contrat N.S.F.) et avec l'aide du Service des Mines et de la Faculté d'Ingénierie de Kaboul. Les équipes disposaient de sept stations

sismologiques portables de type Sprengnether MEQ 800 ainsi que des enregistrements obtenus dans la station permanente de Kaboul (K.B.L.) et du réseau du Lamont Observatory de Tarbella (T.B.L.) au Pakistan.

Hindou Kouch. — En domaine continental, l'Hindou Kouch est la zone la plus active en séismes intermédiaires. Bien que plusieurs études aient déjà été faites [Lukk et Nersesov, 1970 ; Nowroozi, 1971], on constate en général un manque de stations locales ou de l'utilisation d'un ordinateur pour effectuer les déterminations. De ce fait la précision de la localisation des foyers est incertaine.

Les stations portables furent installées autour de la zone sismique afin d'avoir la plus grande ouverture possible en azimut. Durant dix jours, environ 1 500 séismes de magnitude inférieure généralement à 4 furent enregistrés. Les positions de 220 d'entre eux (enregistrés par un minimum de quatre stations) ont pu être déterminées avec une précision (10 km) supérieure à celle obtenue dans les travaux antérieurs (fig. 1).

Cette sismicité se groupe dans une zone arquée, large de 50 km environ et longue de 300 km. En profondeur, les foyers sismiques définissent une zone continue, large au maximum de 25 km et s'étendant de 70 jusqu'à 225 km de profondeur à l'Est et à l'Ouest et jusqu'à 275 km dans sa partie centrale (fig. 2). On observe également un changement dans la direction de plongement de la zone sismique

* Lab. de géophysique interne (E.R.A. 603, C.N.R.S.), Inst. de recherches interdisciplinaires de géologie et de mécanique (I.R.I.G.M.), B.P. 53, 38041 Grenoble Cedex.

** Dept. Earth and planetary sciences, Massachusetts Institut of technology, Cambridge, Mass. 02139 (Etats Unis).

Note ayant fait l'objet d'une communication orale à la 5^e Réunion annuelle des sciences de la Terre (Rennes, 19-22 avril 1977), déposée le 12 juin 1977, présentée à la séance du 15 septembre 1977.

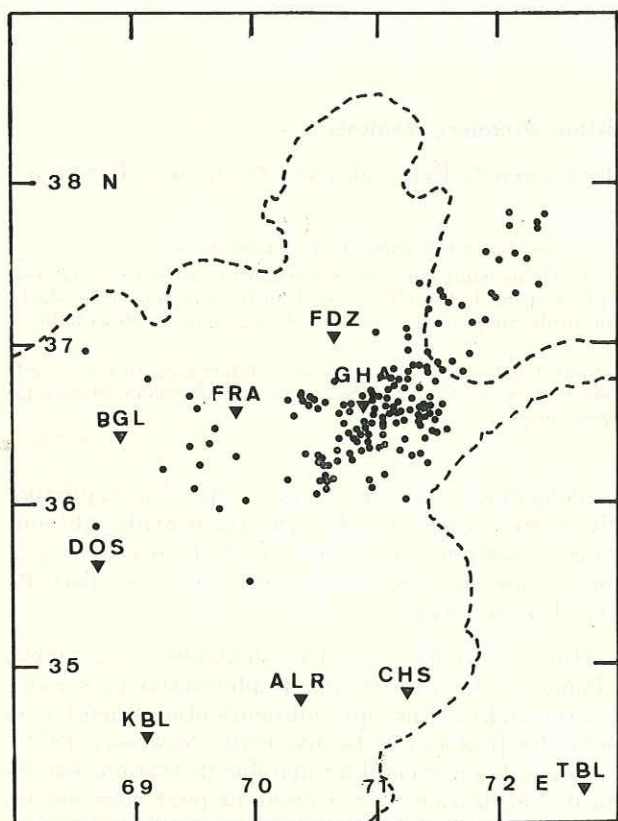


Fig. 1. — Hindou Kouch : localisation des épicentres. Les stations sont représentées par des triangles noirs.

lorsqu'on se déplace d'Ouest en Est : dans la partie occidentale, le plongement se fait vers le Nord avec un pendage de 70° environ, ceci est conforme avec l'orientation de l'axe des tensions T déterminé dans cette zone à 200 km de profondeur par Isacks et Molnar [1971]; dans la partie orientale le plongement se fait vers le Sud-Est.

Quatre cents autres séismes provenant de la même zone avaient des magnitudes trop faibles pour pouvoir être enregistrés dans plus de trois stations. Enfin, 800 micro-tremblements de terre superficiels furent enregistrés en une semaine près des stations de Chaga Saraï (C.H.S.) et Alingar (A.L.R.), témoignant ainsi d'une forte activité sismique dans le Nuristan au Nord-Est de la faille de Chaman.

Faille de Chaman. — L'important accident que constitue la faille de Chaman est considéré comme une faille transformante faisant partie de la frontière entre les plaques indienne et eurasiennne. Cette faille est sans doute active, au moins en quelques endroits, comme l'indiquent l'existence d'une sismicité historique et l'observation de déformations récentes, mais les gros séismes étant rares, la position des épicentres est trop imprécise pour que ceux-ci

puissent lui être associés avec suffisamment de confiance, d'où la difficulté de connaître son mouvement actuel.

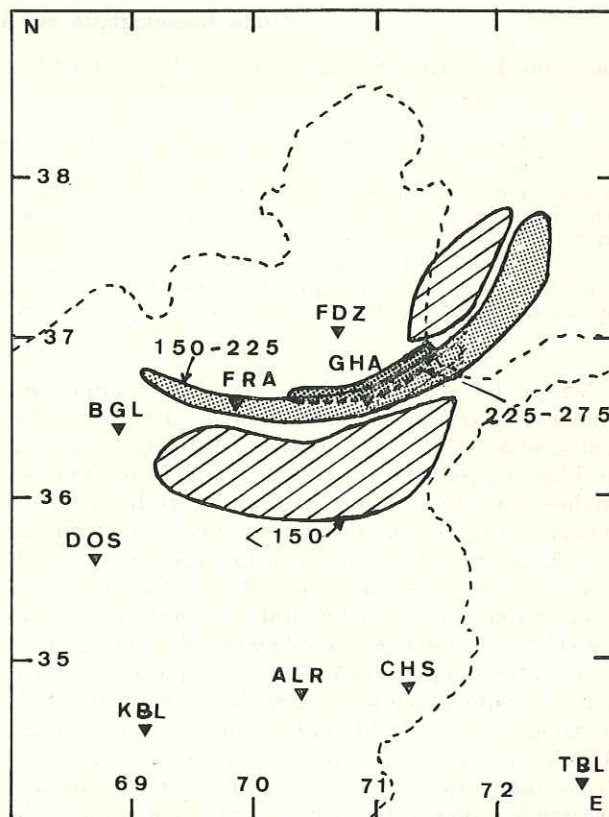


Fig. 2. — Hindou Kouch : position en profondeur des séismes intermédiaires.

En hachuré : zone des séismes dont la profondeur h est inférieure à 150 km ; en gris clair : séismes pour $150 < h < 225$ km ; en gris foncé : séismes pour $225 < h < 275$ km.

Pendant cette première campagne, le tronçon choisi pour notre étude était situé entre Oalat et Moqur (fig. 3). Malgré des conditions atmosphériques défavorables, cinq micro-tremblements de terre de magnitude inférieure à 1,5 furent enregistrés par l'ensemble du réseau et bien localisés. Une étude statistique du mécanisme au foyer de ces séismes donne une solution focale compatible avec un coulisage sénestre le long de cette faille. Cette étude a montré une activité indéniable située probablement sur la faille dite de Moqur-Kandahar, 20 km à l'Ouest de la faille de Chaman.

La mise en évidence, en Hindou Kouch, d'une zone sismique arquée avec inversion de la direction de plongement est un résultat important confirmant le travail de sismologues soviétiques. Une deuxième campagne d'enregistrements se déroulera en mai et juin 1977 afin de préciser les mécanismes focaux et

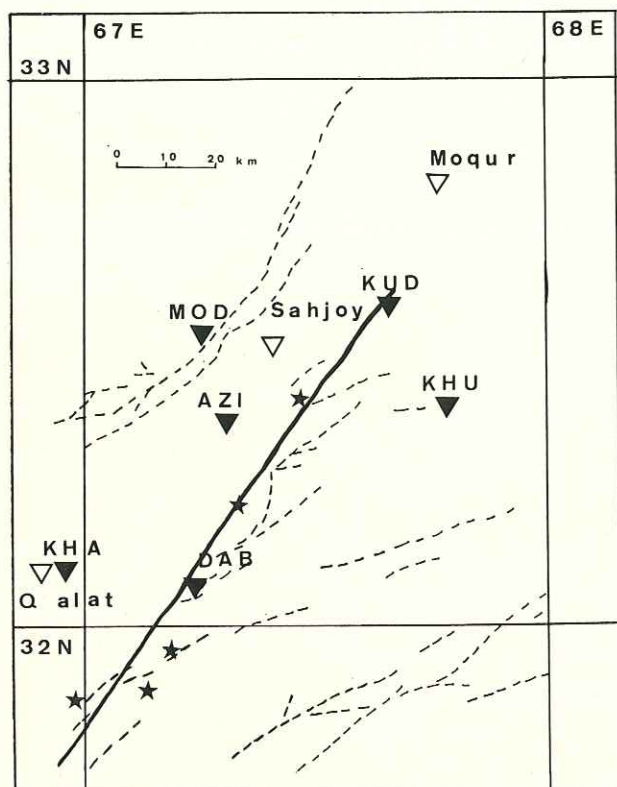


FIG. 3. — Faille de Chaman : localisation des épicentres (étoiles) et des stations (triangles noirs).

la structure profonde en Hindou Kouch. Cette campagne permettra également de poursuivre l'étude des séismes superficiels et de leurs mécanismes focaux dans la partie orientale de l'Afghanistan afin d'avoir une meilleure compréhension du mécanisme de la

déformation dans cette région, déformation provoquée par le mouvement de dérive de la plaque indienne vers le Nord-Est.

Remerciements. — Nous remercions J. Frechet et L. Jones pour avoir participé aux expériences de terrain ; Ali Amad, Rabi et Sharif qui nous ont facilité le travail sur le terrain ; J. P. Carbonnel pour son aide précieuse sur place et ses conseils pour l'expérience sur la faille de Chaman ; I. L. Nersesov pour ses conseils à propos de l'Hindou Kouch ; le Ministère des Mines et la Faculté d'Ingénierie de Kaboul pour toutes les facilités qu'ils nous ont données et K. Jacob pour nous avoir permis d'utiliser les sismogrammes de Tarbella.

Cette expérience était supportée financièrement par un contrat ATP n° 35-06 de l'I.N.A.G. pour la partie française et par un contrat NSF ainsi que par une bourse Alfred P. Sloan pour la partie américaine.

1. I.N.A.G. : Institut national d'astronomie et de géophysique.

2. M.I.T. : Massachusetts Institute of Technology.

ISACKS B. et MOLNAR P. (1971). — Distribution of stresses in the descending lithosphere from a global survey of focal-mechanism solutions of mantle earthquakes. *Rev. Geoph. Sp. Phys.*, vol. 9, n° 1, p. 103-174.

LUKK A. A. et NERSESOV I. L. (1970). — The deep Pamir-Hindu Kush earthquakes. In *Earthquakes in the U.R.S.S. in 1966*. Nauka Publ. House, Moscou, p. 118-136.

MOLNAR P. et TAPPONNIER P. (1975). — Cenozoic tectonics of Asia : effects of a continental collision. *Science*, vol. 189, p. 419-426.

NOWROOZI A. A. (1971). — Seismotectonics of the Persian plateau, Eastern Turkey, Caucasus, and Hindu Kush regions. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, vol. 61, p. 317-341.