

SISMOLOGIE. — *Observation de phases du noyau.* Note (*) de Catherine Dorbath, présentée par Jean Coulomb.

De nouvelles observations d'ondes sismiques ayant traversé le noyau, enregistrées à l'observatoire sismologique de Bangui (R.C.A.) sont présentées et comparées aux observations et modèles antérieurs.

Recent observations of seismic core waves recorded at the Bangui seismological observatory (R.C.A.) are shown and compared with previous observations and models.

La station sismique de Bangui, où le bruit de fond très faible autorise de grandes amplifications, est bien placée pour l'enregistrement des phases du noyau provenant de régions très sismiques (ouest-Pacifique). Les auteurs ayant travaillé sur le même sujet ont généralement utilisé quelques séismes judicieusement choisis enregistrés en un grand nombre de stations. Dans notre méthode, la dispersion à la source est compensée par l'homogénéité à la station d'enregistrement. Près de 200 séismes, en majorité profonds, ont été étudiés. Les coordonnées de leurs épicentres, heure origine et profondeur, sont celles fournies par les bulletins de l'I.S.C. où ils sont classés parmi les « major earthquakes ». On n'a pas utilisé de séismes de grande magnitude ($M > 6$ pour les profonds, $M > 6,2$ pour les superficiels et intermédiaires) pour lesquels le mécanisme est parfois complexe ainsi que l'enregistrement, suivant en cela une suggestion de M. A. Choudury.

Les temps d'arrivée des différentes phases ont été mesurés par rapport à PKIKP, puisque cette phase est présente de 110° à 180° , c'est-à-dire qu'on n'a mesuré que des temps relatifs S (fig. 1).

DESCRIPTION DES OBSERVATIONS. — 1° de 110° à 142° . Sur cet intervalle de distance on n'observe que la phase PKIKP et ses précurseurs. L'amplitude de PKIKP est faible jusque vers 120° où elle augmente brutalement. Nous avons comparé, comme Hai [5], son amplitude à celle de PP qui est à peu près constante à ces distances. On constate aussi une brusque augmentation du rapport des amplitudes de PKIKP sur PP, mais la décroissance commence vers 124° (au lieu de 128° pour Hai); de plus, le rapport reste alors plus grand (≈ 3) qu'en deçà de 120° (≈ 1). On peut donc, comme Hai, fixer la position du point D, point focal secondaire, vers 120 - 121° .

Les précurseurs se présentent comme un train d'ondes de faible amplitude et de haute fréquence. Sur la figure 1 sont reportées les avances par rapport à PKIKP du début du train d'onde. On observe les premiers précurseurs à 115° avec une avance d'environ 2 s; l'avance croît rapidement avec la distance jusqu'à 133 - 134° où elle atteint plus de 20 s, puis décroît jusqu'à 142° où elle n'est plus que de 5 s. Les observations sont très dispersées du fait de la faible amplitude des phases et de leur émergence progressive du bruit de fond. On notera cependant que dans l'ensemble ces débuts se placent bien à l'intérieur de la « courbe de temps minimal » définie par Haddon et Cleary [4] dans l'hypothèse d'une couche diffusante à la frontière manteau-noyau. En dessous de 130° , les débuts des trains d'ondes se situent plus nettement au-dessus de cette courbe, comme l'avait déjà observé Wright [6].

Sur de nombreux enregistrements on observe, environ 2-3 s avant PKIKP, l'arrivée nette d'une phase dont l'avance ne semble pas varier avec la distance. Hormis cette phase, le train d'onde des précurseurs est indifférencié jusqu'à 133° environ (fig. 2 a). Au-delà de cette distance apparaissent des phases ressortant nettement du train d'onde, avec des débuts bien marqués (fig. 2 b). On a cherché à corréliser certaines d'entre elles en fonction de la distance; il a été ainsi possible d'en suivre deux entre 133 et 138° . La première ϕ_1 peut éventuellement

être prolongée vers les courtes distances jusqu'à 125° où elle se confondrait alors avec le début du train d'onde; son amplitude est toujours faible. La seconde φ_2 , plus en avance sur PKIKP et d'amplitude plus grande, est mieux marquée sur les sismogrammes. On remarque que φ_1 coïncide assez bien avec la branche GH de Adams et Randall [1] alors que φ_2 se place

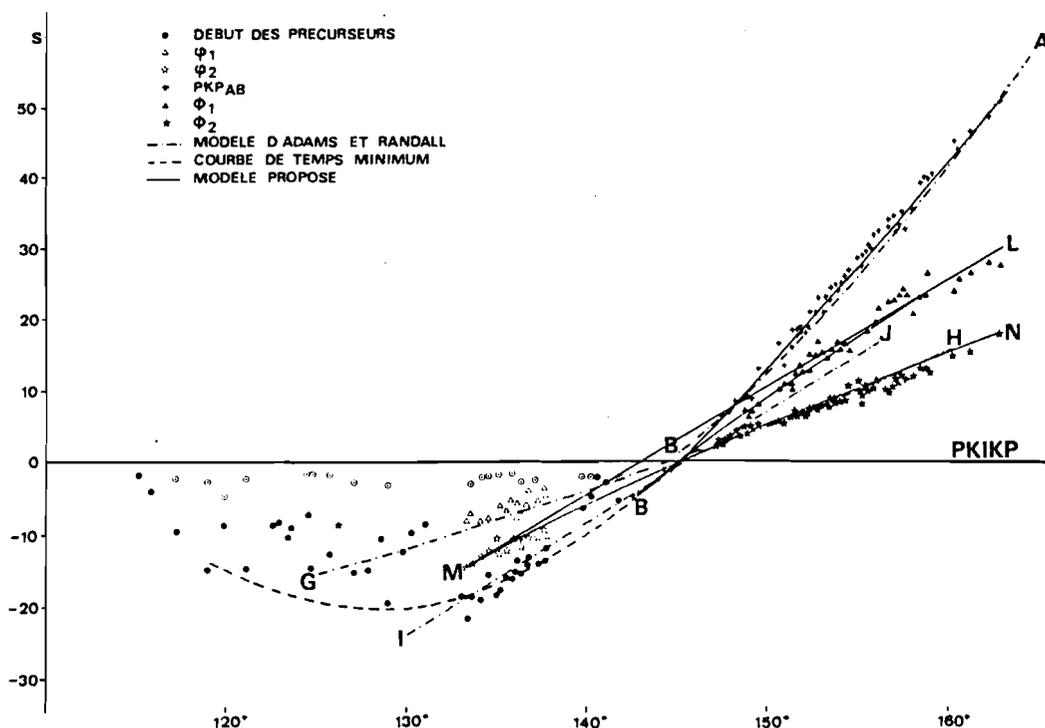


Fig. 1

entre les branches GH et IJ de ces mêmes auteurs, la dernière étant plus proche du début du train d'onde de nos précurseurs.

2° de 142 à 163° . Entre 142 et 143° le sismogramme change brutalement d'allure. On observe [5] une très grande phase précédant PKIKP théorique d'environ 5 s qui se présente comme une série de grandes oscillations. Cette phase, dont l'avance diminue par rapport à la ligne de base jusqu'à 146° , reste de grande amplitude. Vers cette distance on observe à nouveau une série de grandes oscillations au temps d'arrivée théorique de la phase PKIKP. Au-delà elle se sépare en plusieurs phases distinctes qui s'écartent progressivement les unes des autres. On distingue trois phases après la PKIKP :

- la plus éloignée est la branche rétrograde PKP_{AB} qu'on observe de façon très nette à toutes les distances. La dispersion des points sur la figure 1 provient du fait que les corrections de profondeur ne sont pas les mêmes que pour PKIKP. Cette branche coupe PKIKP vers 146° ; si on la prolonge au-dessous de cette distance, on voit qu'elle se confond avec le début de la phase de grande amplitude observée entre 142 et 146° . On peut donc fixer le point B entre 142 et 143° et le point E entre 145 et 146° pour les séismes profonds;

- la branche AB est précédée d'une phase de faible amplitude, Φ_1 . La dispersion importante des observations est peut-être due, comme pour la phase AB, aux différentes profondeurs des séismes étudiés. On suit bien cette phase jusqu'à 163° sur nos enregistrements (fig. 2 d), elle peut donc éventuellement se poursuivre au-delà.

L'hodochrone s'ajustant au mieux avec les observations de Φ_1 passe par le point focal B si on le prolonge jusqu'à 142° . Il se situe légèrement au-dessus de la branche IJ d'Adams et Randall et se poursuit d'autre part au-delà de leur J;

— on observe enfin une phase Φ_2 dont l'amplitude beaucoup plus grande décroît peu à peu (fig. 2 c). On la suit bien jusqu'à 160° , au-delà les observations sont plus douteuses. Son

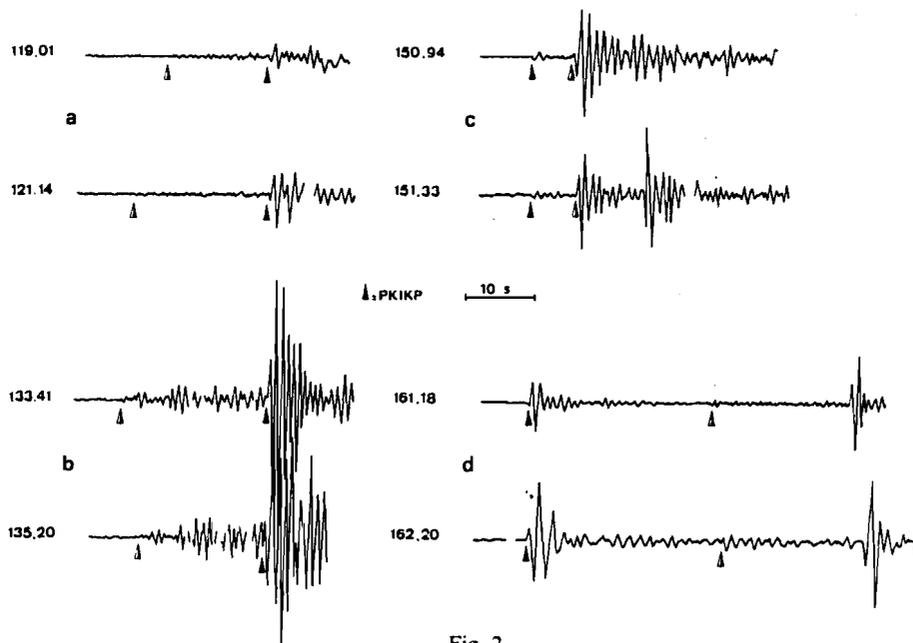


Fig. 2

hodochrone est bien défini, les données sont peu dispersées; les corrections pour tenir compte de la profondeur des foyers semblent donc être les mêmes que pour PKIKP. Prolongé au-dessous de 146° , l'hodochrone passe environ 2,5 s au-dessus du point B.

L'amplitude de PKIKP est extrêmement faible de 146° à environ 152° où elle grandit rapidement. On a calculé les amplitudes relatives des phases PKP_{AB} et Φ_2 par rapport à PKIKP. L'amplitude de Φ_1 toujours faible varie peu avec la distance, sauf peut-être avant 147° , mais elle se confond avec les phases l'encadrant. On constate, malgré une assez grande dispersion des valeurs surtout pour PKP_{AB} , que les rapports d'amplitude $PKP_{AB}/PKIKP$ et $\Phi_2/PKIKP$ sont du même ordre et très grands (≈ 8) jusqu'à 152° où ils diminuent brutalement passant à 2 environ pour le premier, 1 pour le second. $\Phi_2/PKIKP$ continue à décroître régulièrement, il devient inférieur à 1 vers 155° et tend vers zéro vers 163° . $PKP_{AB}/PKIKP$ reste à peu près constant, commençant peut-être à s'affaiblir au-delà de 160° , mais la phase AB reste cependant du même ordre de grandeur que PKIKP. On peut résumer nos observations de la façon suivante :

$$\begin{aligned} 147^\circ < \Delta < 152^\circ, & \quad PKP_{AB} \approx \Phi_2 \gg PKIKP, \\ 152^\circ < \Delta < 155^\circ, & \quad PKP_{AB} > \Phi_2 \approx PKIKP, \\ 155^\circ < \Delta < 163^\circ, & \quad PKP_{AB} > PKIKP > \Phi_2. \end{aligned}$$

DISCUSSION. — La présence sur nos enregistrements de précurseurs de PKIKP au-dessous de 125° et jusqu'à 115° , observations rarement rapportées au préalable, conduit à reconsidérer certains modèles de noyau antérieurs. On voit bien d'autre part que l'avance du

début du train d'onde des précurseurs augmente rapidement avec la distance et s'ajuste sur une « courbe de temps minimal » du type de celle calculée par Haddon et Cleary (*fig. 1*). Au-delà de 130° nos observations coïncident d'ailleurs exactement avec la courbe de ces auteurs. Étant donné que la plupart des auteurs n'ont pas fait d'observations de précurseurs au-dessous de 130° et qu'entre 130 et 142° la courbure de l'enveloppe est faible, les précurseurs ont pu apparaître à ces distances comme des prolongements des phases intermédiaires entre PKIKP et PKP_{AB} observées au-delà de 145° . Ceci est par exemple le cas de Adams et Randall dont les observations coïncident cependant bien avec les nôtres. Il apparaît donc de façon claire que les précurseurs sont bien dus à une diffusion à la frontière manteau-noyau et que le modèle d'hétérogénéité d'Haddon s'applique à nos observations.

Au-delà de 130° , nous avons vu que des phases distinctes apparaissent dans le train des précurseurs. Ces phases, ou au moins certaines d'entre elles, peuvent par contre être interprétées comme le prolongement de phases intermédiaires entre PKIKP et PKP_{AB} au-delà de 145° . Pour ces phases, nous avons comparé nos observations à différents modèles. Si elles s'ajustent très mal sur les modèles de Bolt [2] et d'Engdahl [3], la coïncidence est nettement meilleure avec celui d'Adams et Randall [1] (*fig. 1*). Les branches AB sont sensiblement identiques, sauf la position du point B qui est pour nous au-dessous de PKIKP. Au-delà de 145° , la branche GH correspond bien à notre branche Φ_2 mais celle-ci se prolonge plus loin que H. La branche Φ_1 est en retard d'environ 2 s sur IJ et se prolonge également au-delà de J.

En dessous de 142° , la branche IJ correspond, comme on l'a déjà vu, au début des précurseurs et on peut faire coïncider la branche GH sur quelques degrés avec φ_1 .

Compte tenu de la discussion précédente, nous proposons pour nos observations l'interprétation présentée sur la figure 1 :

- branche AB : le point B se situe à $142,8^\circ$ avec 4,5 s d'avance sur PKIKP;
- branche BL : depuis le point B jusqu'au moins 163° , de faible amplitude;
- branche MN : commençant à 133° par φ_2 et se prolongeant jusqu'à 163° selon Φ_2 .

Nous avons associé Φ_2 à cette branche de précurseurs car ces phases se correspondent bien en ce qui concerne la courbure de l'hodochrone et sont toutes deux de grande amplitude et bien définies.

CONCLUSION. – Nous proposons un modèle de noyau faisant appel à deux phénomènes :

- diffusion à la frontière manteau-noyau selon le modèle de Haddon et Cleary pour expliquer en partie nos observations de précurseurs (en particulier ceux à faible distance et les débuts émergents des trains d'onde);

- une zone de discontinuité à la frontière noyau externe-noyau interne, pour expliquer les phases corrélées de précurseurs et celles intermédiaires entre PKIKP et PKP_{AB}.

Ce modèle laisse inexplicables la présence d'une autre branche corrélée de précurseurs φ_1 , et l'existence de phases précédant PKIKP de 115 à 142° avec une avance à peu près constante sur toute la longueur de 2-3 s.

(*) Remise le 7 janvier 1980.

[1] R. D. ADAMS et M. RANDALL, *B.S.S.A.*, 54, 1964, p. 1299-1313.

[2] B. A. BOLT, *B.S.S.A.*, 54, 1964, p. 191-208.

[3] E. R. ENGDahl, *Phil. Doc. Thesis*, Saint-Louis Univ., 1968, 196 p.

[4] R. A. W. HADDON et J. R. CLEARY, *phys. Earth Planet. Int.*, 8, 1974, p. 211-234.

[5] N. HAI, *Ann. Géophys.*, 19, 1963, p. 285-346.

[6] C. WRIGHT, *B.S.S.A.*, 65, 1975, p. 765-786.