

Géodynamique

M. Xavier LE PICHON, membre de l'Institut
(Académie des Sciences), professeur

COURS : La Déformation du Japon

Après avoir étudié en 1995-1996 la géodynamique de la Méditerranée Orientale à la lumière des nouvelles données de géodésie spatiale à terre et d'océanographie en mer, le cours de 1996-1997 a abordé certains aspects de la déformation actuelle du Japon en prenant en compte de la même manière les nouvelles données de géodésie spatiale à terre et celles de l'océanographie en mer, y compris les données d'altimétrie satellitaire. Quatre leçons et séminaires ont été donnés à Paris en janvier. Ils replaçaient la tectonique actuelle du Japon dans la géodynamique néogène de la marge asiatique orientale. Cinq ont été donnés à l'université de Tokyo en mars au cours du Séminaire International sur « La tectonique des plaques des îles japonaises durant les derniers deux millions d'années ». Ce colloque était le premier organisé dans le cadre de l'accord entre le Collège de France et la JSPS (Japan Society for the Promotion of Science). Il s'attachait à discuter en détail la tectonique récente des îles japonaises.

Le cours bénéficiait de l'impulsion considérable donnée aux recherches en ce domaine par le séisme de Kobé en janvier 1995. Dès la fin de 1995, le Geographic Survey Institute mettait en place un réseau permanent qui comprendra 900 stations à la fin de l'année 1997. Nous avons eu accès aux vecteurs mouvement de 116 stations pendant l'année 1995. Le cours s'appuyait par ailleurs sur le travail important des équipes de géologues et géophysiciens français mené au Japon depuis le début du programme Kaiko en 1984 dans lequel la part des chercheurs du Laboratoire de Géologie de l'École Normale Supérieure a été significative.

L'étude de la déformation actuelle a été replacée dans le cadre de l'évolution tectonique néogène de la marge orientale asiatique dont l'arc insulaire japonais formait la bordure orientale à la fin de l'Oligocène, avant l'ouverture de la mer du Japon entre 30 et 15 Ma. Cette marge est dominée par les processus de subduction au nord de la plaque Pacifique mésozoïque et peu sédimentée dont le mouvement par rapport à la marge de 95 mm/a vers le 293° est à peu près

constant depuis 43 Ma, au sud d'une portion de la plaque Philippine néogène et très sédimentée subduite actuellement sous le Japon sud-ouest à environ 40-50 mm/a vers le 310° mais dont l'évolution cinématique a été très complexe.

Après avoir étudié le cadre cinématique, j'ai abordé l'évolution néogène de la marge orientale de l'Asie contrôlée par l'interaction des subductions Pacifique et Philippine. Une troisième partie étudiait l'installation du système actuel, entre la fin de l'ouverture de la Mer du Japon et le début du Pléistocène. Enfin la quatrième partie abordait la déformation actuelle du Japon, en traitant d'abord en détail la collision de la ride d'Izu-Bonin avec la marge japonaise, dans les régions de Tokai, d'Izu et de Boso, puis en élargissant à l'ensemble du Japon et en montrant que cette déformation résulte de la transformation d'une partie de la déformation élastique, due au couplage entre les plaques plongeantes et le Japon dans les zones de subduction, en déformation plastique permanente.

Les notes de cours ont été distribuées aux participants.

1) Le cadre cinématique

Si les mouvements Pacifique/Eurasie et Pacifique/Amérique sont maintenant bien connus, il n'en est pas de même du mouvement de la plaque Philippine qui est entourée de fossés de subduction. Il est donc difficilement déterminable par les méthodes classiques de la cinématique des plaques. Seules les données de géodésie spatiale peuvent fournir une solution sans ambiguïté. Elles commencent à être disponibles et indiquent que la solution proposée par Seno et coll. en 1993 (Eu/Ph ; 48°N, 157°E, 1.1°/Ma) est une bonne approximation.

Toutefois, on ne peut ignorer la déformation de la bordure orientale de l'Asie. Il est maintenant prouvé par les mesures de géodésie spatiale à Shangaï que la Chine du Sud a un mouvement d'extrusion vers l'est d'un peu plus de 10 mm/a par rapport à l'Eurasie. Plus au nord, l'existence d'une plaque Amour, limitée par le fossé du Baïkal à l'ouest et par la zone de convergence de l'est de la mer du Japon et par la Median Tectonic Line qui lui fait suite à l'est reste discutée. Certains chercheurs ont récemment proposé que ce mouvement pourrait atteindre 20 mm/a vers l'est par rapport à l'Eurasie, à partir de données géodésiques préliminaires à Suwon, en Corée. Ils en déduisent qu'une grande partie de la tectonique du Japon résulte de ce mouvement. Ceci me paraît incompatible avec la sismicité observée au sud de la plaque Amour qui indique un mouvement senestre sur cette frontière avec la plaque Chine du Sud. Il semble certain que le mouvement vers l'est ne dépasse pas 10 mm/a, puisque la zone sismique qui la sépare au sud du bloc Chine du Sud est senestre. Pour ma part, je préfère considérer l'ensemble du Japon comme la bordure déformée de la plaque Eurasie sous l'action du couplage mécanique avec les plaques Pacifique et Eurasie le long des zones de subduction. Je n'exclus pas un mouvement vers l'est de l'ordre de 5 mm/a de l'ensemble mer du Japon-Chugoku. Enfin, il faut tenir compte de

l'ouverture en cours depuis deux millions d'années dans le bassin d'Okinawa. Des mesures très préliminaires de GPS suggèrent un mouvement vers le sud de 40 mm/a de la portion sud du bassin.

2) L'évolution néogène de la marge orientale de l'Asie

Avant 30 Ma, la mer du Japon n'existait pas et l'arc japonais était immédiatement adjacent à la marge orientale de l'Asie. On peut montrer que la tectonique de cette marge était dominée premièrement par un couplage avec la subduction de l'océan Pacifique qui est senestre avant 43 Ma et dextre après, et deuxièmement par la migration vers le nord de la plaque Philippine au fur et à mesure que celle-ci s'agrandit.

Ce deuxième phénomène est révélé par les données paléomagnétiques qui indiquent une rotation horaire de 50° de la plaque Philippine entre 50 Ma et 15-5 Ma. En grandissant, la plaque migre vers le nord, éliminant ainsi la portion la plus ancienne de la plaque Pacifique. La plaque Philippine s'interpose alors entre la marge sud-est-asiatique et la plaque Pacifique. Comme la plaque Philippine répartit sur les frontières de subduction à l'ouest et à l'est le mouvement Pa/Eu qui n'a pas changé de manière significative depuis 43 Ma, on peut montrer que l'histoire de la frontière occidentale est contrôlée par la migration vers le nord du pôle Pa/Eu, qui gouverne un mouvement horaire. Cette frontière Philippine/Eurasie va donc changer de nature, en passant d'un coulissement dextre avant 15 Ma à la subduction vers l'ouest depuis.

Quant à l'interaction de la plaque Pacifique avec la marge asiatique orientale, la cinématique par rapport aux points chauds indique qu'elle passe d'une marge avec forte composante senestre avant 43 Ma à une marge principalement dextre ensuite. Une analyse de la tectonique de la marge suggère qu'il s'agit bien d'une déformation senestre au Paléogène et qu'il y a par contre un changement important vers 45-35 Ma avec un couplage dextre important sur la totalité de la marge Pacifique. Ceci est vrai pour la mer de Chine de l'est, pour le bassin de Bohai, pour la mer du Japon et pour la mer d'Okhotsk. L'ouverture de la mer du Japon se prolonge d'ailleurs au sud par une première ouverture du bassin d'Okinawa.

L'installation du système de déformation actuel dans l'archipel japonais

Vers 15 Ma, la plaque Philippine avait atteint sa position actuelle et sa rotation horaire cessa. Ce fut le début de la subduction de la plaque Pacifique sous la marge eurasiatique. Ce blocage du mouvement horaire est enregistré par les premiers contacts de l'arc d'Izu-Bonin avec Honshu central, le bloc de Koma-Misaka entrant en collision entre 15 et 12 Ma. C'est également au Langhien, vers 15 Ma qu'une obduction se produit à Taiwan. Enfin les fossés de Manille et des Moluques sont activés à la même époque.

De nombreux auteurs ont proposé un arrêt de la subduction sous le Japon sud-ouest pendant le Miocène moyen. Mais l'existence de mouvements au sud entre

la plaque Philippine et la marge asiatique orientale est certaine. Nous avons donc proposé que le pôle Philippine/Eurasie, dans sa migration vers le nord, s'était établi aux environs de la zone de collision d'Izu-Bonin avec Honshu. Il y avait donc un très faible mouvement relatif entre la plaque Philippine et le Japon sud-ouest et ce mouvement augmentait vers le sud.

Entre 8 et 6 Ma, la migration du pôle Philippine/Eurasie vers le nord a repris pour atteindre la position actuelle. Ceci se traduit par l'établissement sur la marge sud de la mer du Japon, au nord de Chugoku, d'une zone de raccourcissement semblable à celle qui affecte l'est de la mer du Japon à l'heure actuelle. A partir de 6 Ma, la zone de subduction est bien établie et un arc volcanique progresse à partir du sud-ouest sur Kyushu. La collision d'Izu-Bonin reprend de manière vigoureuse avec l'accrétion du bloc de Tanzawa mais au sud de la plaque Philippine, on ne constate aucun changement du fait de la grande distance au pôle.

A partir de cette époque, on voit progressivement se mettre en place le système actuel. C'est un système de transfert du mouvement vers l'ouest depuis nord Honshu, d'une part vers la marge orientale de la mer du Japon, d'autre part vers une « langue » (sliver) de Nankai. Ce dernier mouvement est facilité par un couplage dextre avec la subduction Philippine et se termine dans le Rift volcanique de Kyushu et sa prolongation, le Rift d'Okinawa. Dans ce qui suit nous proposons que le système actuel de déformation est gouverné par le couplage avec les plaques Pacifique et Philippine le long des zones de subduction.

Déformation actuelle du Japon et subduction

Je ne traiterai pas ici de la collision de la ride d'Izu-Bonin avec la marge japonaise, dans les régions de Tokai, d'Izu et de Boso, puisque ce travail est maintenant publié dans trois articles dont on trouvera les références plus loin. Je développerai rapidement la seconde partie de ce chapitre dans laquelle nous avons montré que la déformation présente du Japon résulte principalement de la transformation d'une partie de la déformation élastique, due au couplage entre les plaques plongeantes et le Japon dans les zones de subduction, en déformation plastique permanente.

Les 116 vecteurs mouvement GPS par rapport à l'Eurasie sont parallèles à la subduction Pacifique et à la subduction Philippine et montrent un décroissance systématique avec la distance à la côte la plus proche du fossé de subduction. Une modélisation simple de la déformation élastique pendant la période intersismique, en représentant la zone de couplage par une dislocation dans un milieu élastique semi-infini, confirme que l'essentiel des déplacements enregistrés en 1995 par le GPS s'explique par un couplage à 100 % sur les surfaces sismiques des plans de subduction Pacifique et Philippine.

Or on constate par ailleurs que la limite extérieure de la zone de couplage coïncide à peu près avec la côte. Cette coïncidence n'est pas fortuite. En effet,

au-dessus de la zone couplée, il y a subsidence pendant la charge alors qu'il y a soulèvement pendant la charge vers l'intérieur de l'île. La coïncidence est donc due au transfert d'une partie de la déformation élastique à une déformation plastique qui devient permanente. Si ceci est vrai pour les déformations verticales, ce devrait l'être aussi pour les déformations horizontales. De fait on constate que le tenseur dû à la déformation élastique coïncide avec celui qui caractérise la déformation permanente, obtenu à partir des failles actives et des séimes intra-plaques.

Enfin, la zone de gradient important de vitesse coïncide avec la zone où la vitesse de charge élastique a décré à moins de 10 mm/a. Elle coïncide également avec une zone de déformation tectonique majeure, à l'est de la mer du Japon et le long de la Median Tectonic Line. Il semble donc que ce gradient, qui n'est pas expliqué par la charge élastique, soit dû à la chute de la charge élastique le long de cette zone sans grande rigidité mécanique globale.

SÉMINAIRES À PARIS (Janvier 1997)

8 Janvier, « La fermeture de la Mer du Japon : les causes possibles » avec L. Jolivet, de l'Université de Cergy-Pontoise.

15 Janvier, « Déformations néogènes au sud de la plaque Philippine, Mindanao, Moluques et Nouvelle Guinée » avec M. Pubellier, de l'Université Pierre et Marie Curie.

22 Janvier, « Arc insulaire et mécanique de la subduction » avec A. Chemenda, de l'Université de Nice.

29 Janvier, « Mécanisme et évolution d'une collision arc-continent : Taiwan » avec J. Angelier, de l'Université Pierre et Marie Curie

SÉMINAIRES À L'UNIVERSITÉ DE TOKYO, OCEAN RESEARCH INSTITUTE (Mars 1997)

« La tectonique des îles japonaises durant les deux derniers millions d'années »

12 Mars

Part 1. Plate Tectonic context

Results of recent continuous GPS observations by GSI and its kinematic interpretation, par M. Hashimoto, H. Yarai, S. Miyazaki and T. Sagiya (Geographical Survey Institute).

Crustal deformation in the western Pacific and Japanese Islands as seen from GPS observation, par T. Kato (Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo).

Present kinematics of the Japanese Islands, in global, regional and local scales, par K. Heki (Earth Rotation Div., National Astron. Obs.).

Synthesis of the regional stress fields of the Japanese islands : implications to the movement of southwest Japan detected by GPS, par T. Seno (Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo).

Amurian Plate Eastern Margin Mobile Belt as a new view of the seimotectonics of the Japanese Islands, par K. Ishibashi (Kobe University).

13 Mars

Part 2. Deformation of Tokai region

Kinematic modelling of present plate collision in central Japan, par K. Shimazaki (Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo).

Results of Kaiko-Tokai Project : Overview, par J. Segawa (Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo, H. Kinoshita (JAMSTEC) and J.P. Cadet (Univ. P. et M. Curie).

Results of Kaiko-Tokai Project : Active tectonics of the Tokai margin, par S. Lallemand (École Normale Supérieure) et J. Ashi (Univ. of Tokyo).

Part 3. Sagami trough and Kanto region

Active tectonics of the Sagami Trough, par H. Tokuyama (Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo), W. Soh (Kyushu Univ.), Y. Kato, Y. Iwabuchi (Hydrographic Dept.), M. Hattori and K. Fujioka (JAMSTEC).

Kinematics of the Suruga and Sagami trough connection, par P. Henry (École Normale Supérieure).

Plate interaction underneath the Kanto region, par M. Ishida (National Res. Inst. for Earth Sci. and Disaster prevention).

14 Mars

Part 4. Deformation of Japan since Middle Miocene

Geological evidence for the deformation of Japan since Middle Miocene, par H. Tokuyama, A. Taira (Ocean Res. Inst., Univ. of Tokyo) and P. Henry (École Normale Supérieure).

Development of Shinji-Senkaku fold belt-implications to the Philippine Sea plate kinematics, par Y. Itoh (Osaka Pref. University).

Volcanic history and tectonics of SW Japan and Ryuku, par H. Kamata (Geol. Survey of Japan) et K. Kodama (Kouchi University).

SW Japan forearc tectonics and the Median Tectonic Line, par Y. Sugiyama et E. Tsukuda (Geol. Survey of Japan).

Evolution of the Izu collision zone, par K. Aoike, A. Taira (Ocean Res. Inst., Univ. of Tokyo) et T. Kanamaytsu (JAMSTEC).

Deformation at the eastern margin of Japan Sea, par S. Kuramoto, Y. Okamura (Geol. Survey of Japan), A. Asada, Y. Kato (Hydrographic Department) and S. Ninomiya, H. Tokuyama, F. Yamamoto, A. Taira (Ocean Res. Inst., Univ. of Tokyo).

ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES de Juin 1996 à Mai 1997

Xavier Le Pichon dirige le Laboratoire de Géologie de l'École Normale Supérieure qui correspond à une unité associée au CNRS. L'unité comprend 30 chercheurs et enseignants répartis en quatre équipes. Le travail de recherche de Xavier Le Pichon se fait plus spécialement au sein de l'équipe de Géodynamique qui regroupe 9 chercheurs.

1) Principaux thèmes de recherche et résultats acquis

a) Étude de la déformation du Japon

Ceci a été largement développé dans le cours et ne sera pas repris ici. Elle a fait l'objet de quatre publications (Lallemant et al., 1996 ; Pollitz et al., 1996 ; Le Pichon, Pollitz et al., 1996 ; Le Pichon, Lallemant et al. 1996).

b) Modélisation des chaînes de montagnes

Ce travail est publié dans trois articles à *Tectonophysics*. Un article synthèse est en cours.

c) Étude de la déformation de la Méditerranée Orientale

Ce travail qui avait fait l'objet du cours de l'année dernière avait amené à proposer plusieurs nouvelles interprétations de la tectonique méditerranéenne. Celles-ci font maintenant l'objet de trois articles soumis. L'un concerne l'existence d'une grande faille active au large de la Sicile et ses conséquences sur l'activité de l'Etna. Deux autres concernant la structure du butoir et la cinématique de la ride Méditerranéenne sont en cours de soumission.

d) Les fluides dans les zones de subduction

Il n'y a pas eu de travail nouveau de Xavier Le Pichon sur ce sujet mais deux articles concernant les volcans de boue au large du prisme de La Barbade sont pour l'un publié (Henry et al, 1996) et pour l'autre en cours de révision.

e) Cinématique de l'Asie du Sud-Est par la géodésie spatiale

Les premiers résultats du programme de géodésie spatiale couvrant les pays de l'ASEAN que nous avons initié sont maintenant disponibles et ont été présentés à un colloque international à Penang en Malaisie. Cet ensemble de données obtenues par GPS est de grande qualité et fait l'objet d'études importantes. Il servira de base au cours de l'année 1997-1998. Dès à présent, des résultats

majeurs sont établis. On connaît pour la première fois la cinématique du bloc de la Sonde (Péninsule indochinoise, mer de Chine du sud, Bornéo, Java et nord Sumatra) qui se révèle distincte de celle de l'Eurasie. L'exactitude de cette cinématique est vérifiée à partir des vecteurs glissement le long du fossé de Java. On peut en déduire les mouvements relatifs le long de la frontière avec la plaque Inde et avec la plaque de la Chine du Sud. On peut enfin définir la cinématique très complexe de la zone du point triple, Bloc de la Sonde, Philippine, Australie.

ACTIVITÉS DIVERSES de Juin 1996 à Mai 1997

17-19 Juillet 1996 : Participation à la première réunion du Science Advisory Group de l'ICDP (International Continental Scientific Drilling Program) à Potsdam, Allemagne.

4-14 Août 1996 : 30^e Congrès Géologique International, à Pékin, Chine.

23-28 Septembre 1996 : Conférence et co-organisation d'un Atelier sur la croûte continentale profonde à l'Université d'Oxford, Grande-Bretagne, dans le cadre de la « Total Visiting Professorship ».

5 Octobre 1996 : Conférence « La déformation de la Méditerranée » à l'Université Tous Ages de Vannes.

9 Octobre 1997 : Conférence à l'École Polytechnique, à Palaiseau, « La tectonique vue de l'espace ».

10-11 Octobre 1996 : Réunion Geodyssea sur le Sud-Est Asiatique, à Delft, Hollande.

13-19 Novembre 1996 : Signature d'un accord entre le Collège de France et la JSPS (Japan Society for the Promotion of Science), à Tokyo, Japon.

2-3 Décembre 1996 : Comité Directeur KAIKO, à Paris.

11-13 Décembre 1996 : Conférence au Colloque « The Mediterranean Basins, Tertiary Extension within the Alpine orogen », à l'Université de Cergy-Pontoise.

12 Décembre 1996 : Participation au Jury pour le prix de la Chancellerie des Universités de Paris « Marie-Louise Arconati-Visconti ».

7-15 Mars 1997 : Leçons et séminaires dans le cadre du Séminaire International « Plate Tectonics of the Japanese Islands during the last two million years », à Tokyo, Japon

1-4 Avril 1997 : Seconde réunion du « Science Advisory Group » de l'ICDP, à Potsdam, Allemagne

11-19 Avril 1997 : Conférences à l'Atelier International Geodyssea à Penang, Malaisie

13 Mai 1997 : Participation au Jury Junior de l'Institut Universitaire de France, à Paris

16 Mai 1997 : Présidence du Jury Senior de l'Institut Universitaire de France, à Paris

27-28 Mai 1997 : Présidence d'une session du Symposium sur la coopération spatiale franco-japonaise avec le Centre National d'Études Spatiales, à Paris.

Publications de l'équipe de Géodynamique

1996

GEOFFROY, L., BERGERAT, F. and ANGELIER, J., Brittle tectonism in relation to the Palaeogene evolution of the Thulean/NE Atlantic domain : a study in Ulster. *Geological J.*, 31, 259-269, 1996.

HENRY, P., GUY, C., CATTIN, R., DUDOIGNON, P., SORENNEIN, J.-F. and CARISTAN Y., A convective model of water flow in Mururoa basalts. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60, 2087-2109, 1996.

HENRY, P., LE PICHON, X., LALLEMANT, S., LANCE, S., MARTIN, J.B., FOUCHER, J.-P., FIALA-MEDIONI, A., ROSTEK, F., GUILHAUMOU, N., PRANAL, V. and CASTREC, M., Fluid flow in and around a mud volcano field seaward of the Barbados accretionary wedge : results from Manon cruise. *J. Geoph. Res.*, 101, 20297-20323, 1996.

LALLEMANT, S., LE PICHON, X., THOUÉ, F., HENRY, P. and S. SAITO, Shear partitioning near the central Japan triple junction : the 1923 great Kanto earthquake revisited — I. *Geophys. J. Int.* 126, 871-881, 1996.

POLLITZ, F., LE PICHON, X. and LALLEMANT, S., Shear partitioning near the central Japan triple junction : the 1923 great Kanto earthquake revisited- II. *Geophys. J. Int.*, 126, 882-892, 1996.

LE PICHON, X., POLLITZ, F., CADET, J.-P., LALLEMANT, S., CHAMOT-ROOKE, N., Distribution of shortening landward and oceanward of the eastern Nankai trough due to the Izu-Ogasawara ridge collision. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 137, 145-156, 1996.

LE PICHON, X., LALLEMANT, S., TOKUYAMA, H., THOUÉ, F., HUCHON, P. and HENRY P., Structure and evolution of the backstop in the eastern Nankai Trough area (Japan) : implication for the soon-to come Tokai earthquake. *The Island Arc*, 5, 440-454, 1996.

LOPES, L., MARQUIS, G., PASCAL, G., MARSET, B., SAVOYE B. and DE ROECK, Y.H., Processing of high resolution deep-tow marine seismic data, *The Leading Edge*, p. 25-30, 1996.

PROUTEAU, G., MAURY, R.C., RANGIN, C., BELLON, H., PUBELLIER, M. and COTTEN, J., Les adakites miocènes du NW de Bornéo, témoins de la fermeture de la proto-mer de Chine. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 323, série II a, 925-932, 1996.

PUBELLIER, M., QUEBRAL, R., AURELIO, M., and RANGIN, C., Docking and-post-docking escape tectonics in the Southern Philippines. In « Tectonic evolution of

SE Asia », eds. Hall, R. and Blundell, *Geological Soc.*, Special publication, 106, 511-524, 1996.

QUEBRAL, R.D., PUBELLIER, M. and RANGIN, C., The onset of movement on the Philippine Fault in eastern Mindanao : A transition from a collision to a strike-slip environment. *Tectonics*, 15, 713-726, 1996.

RANGIN, C., DAHARTA RHARIN, QUEBRAL R. and the MODEC Scientific party. Collision and strike slip faulting in the northern Molucca Sea, (Philippines and Indonesia) : preliminary results of a morphotectonic study. In « Tectonic evolution of SE Asia », eds. Hall, R. and Blundell, DJ., *Geological Soc.*, Special publication, 106, 29-46, 1996.

RANGIN, C., Tectonics of Cenozoic sedimentary basin in SE Asia. In « Geodynamic evolution of sedimentary basins : International symposium », Eds. Roure, F., Elouz, N. and Skvortsov, *Technip Sp. Public.*, 351-367.

1997

BADER, A.G., PUBELLIER, M., RANGIN, C., DEPLUS, C., Active slivering of oceanic crust along the Molucca Ridge (Indonesia-Philippines), *Tectonics*, acceptée.

BOUSQUET, R., GOFFE, B., HENRY, P., LE PICHON, X. and CHOPIN, C., Kinematic, Thermal and Petrological model of the Central Alps : Lepontine Metamorphism in the Upper crust and Eclogitisation of the Lower Crust. *Tectonophysics*, 273, 106-128, 1997.

CHAMOT-ROOKE, N., BINDELS, S., LALLEMANT, S., LE PICHON, X., PASCAL, G., SATRA, C. et les participants de la campagne Médée, Recent kinematics of the Mediterranean Ridge, *Marine Geology*, soumis.

CHAMOT-ROOKE, N. GAULIER, J.M. et JESTIN, F., Constraints on Moho depth and crustal thickness in the Liguro-Provençal Basin from a 3D gravity inversion : geodynamic implications, *Geological Soc. London*, Special Publications, sous presse, 1997.

D'AGOSTINO, N., CHAMOT-ROOKE, N., FUNICIELLO, R., JOLIVET, L. et SPERANZA, F., The role of pre-existing thrust faults and topography on the styles of extension in the Gran Sallo range (Central Italy), *Tectonophysics*, soumis.

FOUCHER, J.P., HENRY, P., HARMEGNIES, F., Long term observations of pressure and temperature in Ocean Drilling Program Hole 948D, Barbados accretionary prism, *ODP Sci. Rep.*, 156, sous presse.

GEOFFROY, L., OLIVIER, P. and ROCHETTE P., Structure of a hypovolcanic acid complex inferred from magnetic susceptibility anisotropy measurements : the Western Red Hills Granites (Skye, Scotland, Thulean Igneous Province), *Bull. of Volcanology*, sous presse.

HENRY, P., LE PICHON, X. and GOFFE, B., Kinematic, thermal and petrological model of the Himalaya : constraints related to metamorphism within the under-thrust Indian crust and topographic elevation. *Tectonophysics*, 273, 31-56, 1997.

LABAUME P., KASTNER, M. TRAVE, A. and HENRY P., Carbonate veins from the decollement zone at the toe of the northern Barbados accretionary prism (ODP Leg 156) : microstructure, geochemistry and relations with prism structures and fluid regime, *ODP Sci. Rep.*, 156, sous presse.

LALLEMAND, S., POPOFF, M., CADET, J.P., DEFFONTAINES, B., BADER, A.G., PUBELLIER, M., RANGIN, C., The junction between the central and the southern Philippine Trench, *J. Geophys. Res.*, acceptée.

LANCE S., HENRY, P., LE PICHON X., LALLEMANT, S., CHAMLEY, H., ROSTEK, F., FAUGERES, J.C., GONTHIER, E. and OLU, K., Submersible study of mud volcanoes seaward of the Barbados accretionary wedge : sedimentology, structure and rheology, *Marine Geology*, sous presse.

LE MEUR, D., LALLEMANT, S., CHAMOT-ROOKE, N., PASCAL, G., NOUSE, H., FOUCHER, J.P., The JASON Cruise Scientific Party, The MEDRIFF working group and the Imerse working group, The Mediterranean Ridge Cleft basins : a consequence of the Africa/Aegea collision and lateral escape of the accretionary prism ?, *Marine Geology*, soumis.

LE PICHON, X., HENRY, P. and GOFFE, B., Uplift of Tibet : from Eclogites to Granulites : implication for the Andean Plateau and the Variscan Belt. *Tectonophysics*, 273, 57-76, 1997.

LEPVRIER, C., MALUSKI, H. N'GUYEN VAN VUONG, ROQUES, D., RANGIN, C., 40Ar-39Ar Indonesian age of NW-trending dextral shear zones within the Truong Son belt (Vietnam). Cretaceous to Cenozoic overprinting, *Tectonophysics*, à paraître.

MARQUIS, G., ROQUES, D., HUCHON, P., COULON, O., CHAMOT-ROOKE, N., RANGIN, C. and LE PICHON, X., Amount and timing of extension along the continental margin off central Vietnam, *Bull. Soc. géol. Fr.*, accepté.

MONNIER, C., POLVE, M., GIRARDEAU, J., BELLON, H., PUBELLIER, M., MAURY, R., Early evolution of the south-eastern margin of Asia from petrochemistry of the Meratus ophiolitic series, Indonesia, EPSL, accepté.

OLU, K., LANCE, S., SIBUET, M., HENRY, P., FIALA-MEDIONI, A. and DINET, A., Cold seep communities as indicator of fluid expulsion patterns through mud volcanoes eastward of the Barbados accretionary prism, *Deep Sea Research I*, 44, 811-841, 1997.

PASCAL, G., TRUFFERT, C., RAMASWANY M. and TALWANI M., Formation and evolution of the Gulf of Lion margin : evidence from deep-seismic and wide-angle reflection data, *Geological Soc. London*, Special Publications, sous presse, 1997.

PUBELLIER, M., GIRARDEAU, J., TJASHURI, I., Accretion History of SE Borneo inferred from the tectonics of the Meratus Mountains, in I. Metcalfe ed. « migration and accretion of Gondwanian blocks », *IPGC Special Publication*, AA Balkena press, London, sous presse.

PUBELLIER, M., VILA, J.M., MAUFFRET, J.M., LEROY, S., HAMILCAR, H., Plate boundary readjustment in oblique convergence ; example of Hispaniola, Greater Antilles, *Tectonics*, sous presse.

PUBELLIER, M., BADER, A.G., DEFFONTAINES, B., RANGIN, C., QUEBRAL, R., Upper plate deformation induced by subduction of large asperities : Molucca Sea and Mindanao (Philippine, Indonesia), *Tectonophysics*, soumis.

RANGIN, C., MAURY, R.C., POLVE, M., BELLON, H., PRIADI, B., SOERIA-
TMADJA, R., COTTEN, J. and JORON, J.L., Eocene to mioce back-arc basin basalts and associated island arc tholeiites from northern Sulawesi (Indonesia) : implications for the geodynamic evolution of the Delebes basin, *Bull. Soc. géol. Fr.*, soumis 1997.

ROQUES, D., RANGIN, C. and HUCHON, P., Geometry and sense of motion along the Vietnam continental margin : onshore/offshore Da nang area, *Bull. Soc. géol. France*, 1997, t. 168, n° 4, 11-22.

ROQUES, D., MATTHEWS, S., RANGIN, C., Constraints on strike slip motion along the Vietnam margin offshore Da-nang : implications for the opening of the South China Sea, *Geol. Soc. London*, à paraître, 1997.

SAJONA, F., BELLON, H., MAURY, R., PUBELLIER, M., QUEBRAL, R.D.,
BAYON, F.E., PAGADO, E., PAMATIAN, P., Tertiary and Quaternary magmatism in Mindanao and Leyte : geochronology, geochemistry and tectonic setting, *Jour. of S.E. Asian Earth Sci.*, sous presse.

THERY, J.M., ADAMS, C.G., DE PAZZI, L., COUTUREAU, A., PUBELLIER, M., Tertiary karsts studies from speleological exploration, central Bird's Head, Irian Jaya ; Geological and Hydrogeological implications, *Karstenia*, soumis

VON HUENE, R., RESTON, T., KUKOWSKI, N., DEGHANI, G.A., WEINREBE, W.
and IMERSE Working Group (dont CHAMOT-ROOKE N., LALLEMANT, S.,
LE MEUR, D., LE PICHON X., PASCAL, G.), A subducting seamount beneath the Mediterranean Ridge, *Tectonophysics*, 271, 249-261, 1997.

WALLMANN, K., SUESS, E., WESTBROOK, G.K., WINCKLER, G., CITA, M.B.
and the MEDRIFF Consortium (dont CHAMOT-ROOKE, N., LALLEMANT, S.,
LE PICHON, X., PASCAL, G.) Salty brines on the Mediterranean sea floor, *Nature*, vol. 387, 31-32, 1 May 1997.