

## Géodynamique

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

### *COURS : Géodynamique actuelle de l'Asie du Sud-Est*

Après avoir étudié en 1995-1996 la géodynamique de la Méditerranée orientale et en 1996-1997 la déformation actuelle du Japon, à la lumière des nouvelles données de géodésie spatiale à terre, j'ai abordé dans le cours de 1997-1998 la géodynamique actuelle de l'Asie du Sud-Est en prenant en compte de la même manière les nouvelles données de géodésie spatiale. En effet, le Laboratoire de Géologie de l'École Normale Supérieure a initié dans cette région un programme de géodésie spatiale, le programme GEODYSSEA dont les résultats ont été disponibles au cours de l'année 1997. Le résultat le plus remarquable de ce programme de mesures GPS est la mise en évidence d'un mouvement important de l'Asie du Sud-Est vers l'est. Cinq leçons et séminaires ont été donnés à Paris en janvier. Le cours replaçait les résultats de GEODYSSEA dans le cadre de l'évolution de l'interprétation des mouvements géodésiques à l'échelle globale tandis que les séminaires exploraient certaines conséquences des résultats GEODYSSEA. Quatre leçons données durant trois jours de séminaire au mois de mars à l'université d'Utrecht en Hollande traitaient de manière systématique les conséquences géodynamiques du mouvement vers l'est de l'Asie du Sud-Est tandis que les séminaires abordaient des aspects techniques géodésiques et inventoriaient l'apport de diverses autres techniques géophysiques, et en particulier la tomographie sismique.

Le programme GEODYSSEA a établi un réseau homogène de 48 stations GPS mesurées à deux reprises, en décembre 1994 et avril 1996, sur une surface de 4 000 par 4 000 km. L'ampleur du réseau, la simultanéité des mesures et le rattachement au réseau global GPS ont permis pour la première fois de déterminer la situation cinématique de cette région à l'échelle globale. En l'absence d'informations directes, la plupart des auteurs avaient supposé jusqu'alors que l'Asie du Sud-Est a un mouvement négligeable par rapport à l'Eurasie et donc qu'elle appartient de fait à cette plaque. Le programme GEODYSSEA a montré que le

bloc de la Sonde a un mouvement propre vers l'ENE par rapport à l'Eurasie, différent du mouvement de la Chine puisqu'il se fait à partir d'un pôle au sud-est du bloc. Le mouvement est voisin de 25 mm/a près de la Chine. Le bloc pivote dans le sens anti-horaire autour de l'Australie, vers les fosses de subduction qui bordent à l'ouest la plaque Philippine.

Après avoir présenté les résultats principaux dans le cadre de la cinématique des plaques environnantes, j'ai traité de manière plus générale certains problèmes actuels liés à l'interprétation des mouvements géodésiques : précision de la cinématique globale, mouvements transitoires liés au cycle sismique et cas particulier des mouvements intersismiques. Je suis ensuite revenu aux conséquences des mesures de GEODYSSSEA en étudiant le mouvement relatif Chine-Sonde puis en discutant la date de mise en place de ce système cinématique, ses implications sur la dynamique du système et sur le rôle éventuel de l'extrusion due à la collision de l'Inde avec la Chine.

Les notes de cours ont été distribuées aux participants.

### **1) Présentation des mesures du programme GEODYSSSEA**

Les mesures de GEODYSSSEA sont d'une grande qualité ; ceci tient principalement au fait qu'elles ont été effectuées simultanément pendant une période minimale de cinq jours avec les mêmes instruments sur les mêmes monuments pour chacune des deux campagnes effectuées à 16 mois d'intervalle. Les solutions complètes ont été calculées indépendamment par quatre instituts dont l'ENS avec quatre logiciels différents en incorporant les données de quatre stations du réseau australien et de 5 stations permanentes du réseau géodésique international. Puis une solution combinée a été calculée à Delft.

Une estimation de la qualité des mesures peut être faite à partir de la répétabilité des positions calculées pour chaque journée d'observation. Elles sont de 4 à 7 mm pour les composantes horizontales et jusqu'à 17 mm pour la composante verticale. Une autre estimation est la cohérence interne des différentes solutions qui est de 2 à 4 mm/a pour les composantes horizontales et de 7 mm/a pour la verticale. Mais la meilleure estimation vient sans doute de la cohérence interne des mesures entre stations. En effet, sur une zone de 2 000 par 1 000 km, qui correspond à l'ensemble de l'Indochine et de la mer de Chine au nord et qui s'étend jusqu'aux îles de la Sonde au sud, une dizaine de stations n'indiquent qu'un mouvement relatif très faible (2 mm/a d'écart type) qui n'est pas significatif. La cohérence interne des mesures est donc au moins égale à 2 mm/a et l'ensemble de ce bloc de la Sonde peut être considéré comme rigide à l'heure actuelle. Cette rigidité est d'ailleurs confirmée par l'absence de sismicité significative. Ceci est d'autant plus remarquable que ce bloc est composite et a été soumis à une phase d'extension très importante qui l'a affecté sur près de 50 % de sa surface au milieu du Tertiaire.

On peut alors se servir des vecteurs mesurés sur ce bloc pour obtenir son mouvement par rapport au réseau global. Par rapport à l'Eurasie, la rotation qui définit ce mouvement est  $40.1^{\circ}\text{N}$ ,  $46.2^{\circ}\text{O}$ ,  $0.26^{\circ}/\text{Ma}$ . Le vecteur correspondant est de 10 mm/a vers l'est-nord-est au niveau de Java mais de plus de 25 mm/a au niveau du sud de la Chine. Une comparaison détaillée des vecteurs glissement prédits avec les différents indicateurs géologiques et géophysiques sur les bordures du bloc de la Sonde conforte l'existence d'un mouvement vers l'est ayant une amplitude comparable, même si la composante nord semble moins bien établie. Il faudra attendre la troisième série de mesures pour connaître le degré de certitude de cette détermination.

On peut en attendant tester la validité de ces mesures en comparant les mouvements relatifs prédits par cette cinématique avec les indicateurs géophysiques de ces mouvements, comme les vecteurs glissement des séismes. On peut également examiner les conséquences cinématiques pour les zones frontières et évaluer leur compatibilité avec les données géologiques. Ainsi, on peut montrer que le mouvement géodésique mesuré dans l'île de Ternate à l'est de Halmahéra est compatible avec la cinématique de la plaque Philippine proposée par Seno *et al.* (1993). On montre également que la petite plaque de Birmanie, à l'est de la faille de Sagaing, n'a pas de mouvement significatif par rapport à la plaque indienne, ce qui confirme les indications sismologiques.

## **2) L'interprétation des mouvements géodésiques : validité de la cinématique globale**

Depuis 1990, différents modèles utilisant le SLR et le VLBI ont montré une forte corrélation entre les mesures géodésiques globales sur quelques années et le modèle cinématique à partir des données océaniques NUVEL1. La méthode utilisée consiste à calculer les vitesses horizontales entre les stations situées sur des plaques différentes en utilisant tous les couples possibles et de les comparer à celles qui sont prédites par NUVEL1. Les coefficients de corrélation très élevés (0,995) confirment le bon accord général. On peut maintenant aller plus loin et calculer directement des modèles cinématiques globaux. Mais quelle est la précision de ces mesures ?

Un test intéressant de cette précision est l'introduction récente d'un nouveau modèle intitulé NUVEL1A prenant en compte une révision de l'échelle géomagnétique qui conduit à diminuer les vitesses d'expansion mesurées à l'axe des dorsales d'un peu moins de 5 %. En conséquence, toutes les vitesses de NUVEL1A sont diminuées de la même valeur par rapport à celles de NUVEL1. On s'aperçoit alors que les différents modèles venant du SLR, VLBI, Doris ou du GPS ne donnent pas de réponses cohérentes entre elles. Si les modèles globaux sont en excellent accord avec NUVEL1, ils ne permettent pas encore de choisir entre NUVEL1 et NUVEL1A. Ceci suggère, ou bien qu'il y a des variations

temporelles de 3 à 5 mm/a à l'échelle globale, ou bien que la précision à l'échelle globale ne dépasse pas cette valeur, ou une combinaison des deux.

Un point important est que la cohérence interne des mesures sur une plaque donnée est de l'ordre de 2 mm/a mais ne semble pas s'améliorer avec la durée du temps de mesure. Notons que cette cohérence est la même que celle obtenue par le programme GEODYSSSEA sur le bloc de la Sonde. La question est alors de savoir s'il existe une limitation à la précision des mesures géodésiques liée à la méthode.

Sans même tenir compte des marées terrestres ni des trajets variables dans l'atmosphère et l'ionosphère, un problème qui limite sérieusement la précision des mesures est celui de l'instabilité du monument de mesure. En particulier, si le bruit lié à cette instabilité n'est pas un bruit blanc mais un bruit fractal, ce qui semble démontré dans le cas de plusieurs études récentes, la fréquence plus grande des mesures ne peut aider à améliorer la précision et seule une très longue durée (plus de 5 ans) permet d'envisager de dépasser significativement la précision de 2 mm/a. Il s'en suit que l'utilité principale des réseaux permanents ne vient pas d'une précision accrue mais de la possibilité de mesure des mouvements transitoires et en particulier de ceux qui sont liés aux séismes.

### **3) Les mouvements liés au cycle sismique**

Dans la région proche d'une faille, on mesurera successivement durant la phase intersismique le chargement élastique de la faille, puis durant la phase cosismique, la rupture du noyau élastique, puis enfin durant la phase post-sismique, le réajustement visco-élastique de la portion inférieure de la faille. La multiplication des mesures géodésiques et en particulier des réseaux permanents permet enfin d'obtenir des informations précises sur ces mouvements transitoires. Dans les années qui viennent ces mesures permettront enfin de contraindre les nombreux modèles théoriques proposés pour expliquer ces mouvements.

Les effets visco-élastiques peuvent être particulièrement importants dans le cas de grands séismes. Leur valeur pourrait atteindre plusieurs centimètres par an et complètement dominer le signal géodésique dans un rayon de 1 000 à 2 000 km durant les dix premières années suivant une série de très grands séismes. On peut dire que la période actuelle est particulièrement favorable à la mesure géodésique du mouvement permanent des plaques du fait de l'absence de très grands séismes depuis près de 40 ans. Pourtant des effets de l'ordre de quelques mm/a pourraient exister aujourd'hui au milieu du Pacifique, même si leur présence n'est pas démontrée.

### **4) Les mouvements intersismiques : le cas du Japon**

Les mouvements de charge élastique de la faille doivent être pris en compte dans les interprétations géodynamiques en région sismique. En effet, comme ils

varient peu durant toute la phase intersismique, ils peuvent être confondus avec un mouvement tectonique permanent et leur identification est délicate en l'absence de mesures s'étendant jusqu'à la phase cosismique. Ces mesures sont par ailleurs intéressantes en elles-mêmes car elles fournissent une estimation du couplage. Le cours a pris comme exemple celui du Japon à partir des mesures du réseau GPS permanent de l'Institut Géographique National du Japon. On disposait des vecteurs mouvements durant l'année 1995 en 116 stations. Des résultats préliminaires avaient été présentés dans le cours de l'année dernière. Un travail récent à l'impression (Le Pichon *et al.*, 1998) a poussé plus loin l'analyse et a été discuté. On est amené à conclure que le Japon actuel est dominé par un couplage de près de 100 % sur la fosse de subduction de la plaque Philippine aussi bien que sur celle de la plaque Pacifique. Ce résultat est différent en ce qui concerne le nord du Japon de celui obtenu par les chercheurs antérieurs. Il amène à proposer que le taux de couplage est ou bien de 100 % ou bien nul. Une telle explication rendrait bien compte en tout cas de la distribution actuelle de la charge élastique dans le cas du Japon.

### 5) Le mouvement relatif Chine-Sonde

La dernière partie du cours étudiait les implications du déplacement du bloc de la Sonde vers l'est sur celui de la Chine du sud. Si les mesures GEODYSSEA sont correctes, il faut admettre que la Chine du sud a un mouvement net vers l'est de près de 25 mm/a au sud, décroissant vers le nord grâce à une rotation antihoraire, comparable à celle proposée par Holt *et al.* (1995). La combinaison de cette rotation antihoraire avec la rotation horaire du bloc de la Sonde à partir d'un pôle situé au sud, entraîne un maximum d'extrusion vers l'est au niveau de la syntaxe himalayenne. Les données géologiques suggèrent que cette extrusion a commencé il y a 8-10 Ma par celle du bloc de la Sonde. Son déplacement compense exactement la composante est du mouvement de la plaque indienne de telle manière que la frontière entre le bloc de la Sonde et la plaque indienne soit une frontière purement dextre N/S. Ce réajustement cinématique accompagne celui qui réoriente la plaque indienne vers l'est il y a 8-10 Ma. C'est donc le déplacement vers l'est du bloc de la Sonde, vers les fosses de subduction qui bordent la plaque Philippine à l'ouest, qui a permis à la plaque indienne de se réorienter vers l'est il y a 10 Ma, et non l'inverse. La cause principale de ce changement serait donc liée à la subduction et non à la collision continentale.

#### SÉMINAIRES À PARIS (Janvier 1998)

7 Janvier, « Le mouvement du bloc de la Sonde d'après les données GPS : quelle est sa fiabilité ? » avec N. Chamot-Rooke, de l'École Normale Supérieure, Paris.

14 Janvier, « De la plaque Indo-Australienne aux plaques Australienne et Indienne », avec Jean-Yves Royer, de l'Université Paris VI, Villefranche-sur-Mer.

21 Janvier, « Évolution de la bordure nord-occidentale du bloc de la Sonde », avec Claude Rangin, de l'École Normale Supérieure, Paris.

28 Janvier, « Évolution de la bordure orientale du bloc de la Sonde », avec Manuel Pubellier, de l'École Normale Supérieure, Paris.

4 Février, « Évolution mio-pliocène de la marge occidentale de la Mer de Chine Méridionale », avec Philippe Huchon, de l'École Normale Supérieure, Paris.

#### SÉMINAIRES À L'UNIVERSITÉ D'UTRECHT (Mars 1998)

##### **Present Geodynamics of South-East Asia**

###### 4 Mars

. *GPS observations of the tectonic activity in the triple junction area in Indonesia* par A. Walpersdorf (Vening Meinesz Research School of Geodynamics, VMSG).

. *Mantle structure and large scale dynamics of the South East Asian region* par W. Spakman (VSMG).

. *Slab detachment and non-stationary processes along convergent plate boundaries* par M. J. R. Wortel (VSMG).

. *From subduction to collision : GPS measurements illustrate fundamental deformation processes along convergent plate boundaries* par É. Calais (Sophia Antipolis).

###### 5 Mars

. *Large scale continental kinematics : an integrated approach using earthquakes, geologic and geodetic data* par W.E. Holt (University of Stony Brook, NY).

. *GEODYSSEA : a framework for future investigations*, par P. Wilson, GFZ, Potsdam.

. *Activities of BKG in South East Asia* par M. Becker, BKG, Francfort.

###### 6 Mars

. *Geodetic results of the GEODYSSEA project* par B.A.C. Ambrosius (VSMG).

. *Quality assessment of the GEODYSSEA data* par D. Angermann (GFZ, Potsdam).

## ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES de Juin 1997 à Mai 1998

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 dans l'équipe de Géodynamique qui regroupe 9 chercheurs.

**1) Principaux thèmes de recherche et résultats acquis**a) Étude de la déformation élastique du Japon

Ceci a été largement développé dans le cours et fait l'objet d'un article en cours d'impression à *Geophysical Journal International* (Le Pichon *et al.*, 1998).

b) Modélisation des chaînes de montagnes

Une étude est en cours sur un modèle d'évolution de la topographie Himalaya-Tibet depuis l'Oligocène. En parallèle, en coopération avec des chercheurs du Laboratoire de Météorologie Dynamique, un modèle météorologique est utilisé pour tester l'influence de l'élévation du Tibet sur la mousson.

c) Étude de la déformation de la Méditerranée orientale

Les données d'une campagne de sismique multitraces dans le bassin ionien et au large de la Sicile, la campagne Archimède, ont amené à reprendre et préciser les interprétations tectoniques dans cette région. Un article devrait être soumis avant la fin de l'année sur ce sujet.

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

Ce fut une part importante de la recherche de cette année. Elle a fait l'objet du cours. Plusieurs articles de synthèse sur ce sujet sont en cours de soumission.

**2) Activités diverses**20-25 juillet 1997

Conférence d'introduction au Colloque CONCORD sur le futur des programmes de forage en mer à Tokyo, Japon.

7 août

Réunion de coordination du programme GEODYSSSEA à Potsdam.

29 au 30 octobre

Réunion du sous-comité mixte franco-japonais à Arcachon.

31 octobre au 2 novembre

Conférences au colloque sino-américain sur la tectonique de l'Asie à Chung Li, Taïwan et conférences dans les universités de Taïwan.

28 novembre au 15 décembre

Réunions de travail avec diverses compagnies pétrolières à Houston puis participation au congrès de l'American Geophysical Union à San Francisco.

22 au 30 mars 1998

Conférence inaugurale au Colloque Kaiko Tokai à Tokyo puis réunion de travail du programme Kaiko Tokai.

1 au 2 avril

Participation à la troisième réunion du Science Advisory Group de l'International Continental Drilling Program à Potsdam.

17 au 19 mai

Conférence inaugurale au Congrès de l'Association Géologique du Canada à Québec.

7 au 10 juin

Séminaire et travaux de recherche avec le Pr Holt à l'université de Stony Brook à New York.

## PUBLICATIONS DE L'ÉQUIPE DE GÉODYNAMIQUE

**1997**

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, *Rev. Inst. Fr. Petrol.*, 52 (6), 557-583, 1997.

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. Res.*, 156, 239-246, 1997.

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*, 59, 147-159, 1997.

HENRY, P., MAZZOTTI, S., MAURY, R., ROBERT, C., LALLEMANT, S.J., Uplifted oceanic crust outcrops on Zenisu Ridge, *JAMSTEC J. Deep. Sea Res.*, 13 (November 1997), 509-520, 1997.

HENRY, P., Relationship between porosity, electrical conductivity and cation exchange capacity in Barbados wedge sediments, *ODP Sci. Res.*, vol. 156, 137-149, 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. Res.*, 156, 79-96, 1997.



LE PICHON, X., *Aux racines de l'homme : de la mort à l'amour*, Presses de la Renaissance, 294 p., 1997.

LEPVRIER, C., MALUSKI, H., N'GUYEN VAN VUONG, ROQUES, D., RANGIN, C., Indosinian trending shear zones within the Truong Song Belt (Vietnam), 40 Ar-39-Ar Triassic ages and Cretaceous to Cenozoic overprints, *Tectonophysics*, 283, 105-127, 1997.

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.*, 168, 707-716, 1997.

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.

RANGIN, C., MAURY, R.C., POLVE, M., BELLON, H., PRIADI, B., SOERIA-ATMADJA, R., COTTEN, J. and JORON, J.L., Eocene to miocene back-arc basin basalts and associated island arc tholeiites from northern Sulawesi (Indonesia) : implications for the geodynamic evolution of the Celebes basin, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 168, 5, 627-635, 1997.

ROQUES, D., RANGIN, C., HUCHON, P., Geometry and sense of motion along the Vietnam continental margin : onshore/offshore Da Nang area, *Bull. Soc. Geol. Fr.*, t. 168, 413-422, 1997.

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.

ROQUES, D., MATTHEWS, S., RANGIN, C., Constraints on strike slip motion from seismic and gravity data along the Vietnam margin offshore Da Nang : implications for hydrocarbon prospectivity and opening of the East Vietnam Sea, *Geological Society Special Publication*, n° 126, 341-353, 1997.

VON HUENE, R., RESTON, T., DICKMANN, T., FRUEHN, J., LE PICHON, X., PASCAL, G., CHAMOT-ROOKE, N., LALLEMANT, S., LE MEUR, D., LOUCOYANNAKIS, M., ROUSSOS, N., BABASSILAS, D., NICOLICH, R., CERNOBORI, L., WESTBROOK, G.K., GRAHAM, D., WARNER, M., LONERGAN, L., TAY, P.L., JONES, K., Mediterranean Ridge structure : results from Imerse, *EOS*, vol. 78, n° 15, Avril 1997, p. 15.

## 1998

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

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.

CHAMOT-ROOKE, N., LE PICHON, X., RANGIN, C., HUCHON, P., PUBELLIER, M., VIGNY, C., and WALPERSDORF, A., Sundaland motion in a global reference frame detected from GEODYSSSEA GPS measurements : implications for relative motions at its boundaries with the Australo-Indian plates and the south China block, *Special volume of Geodysssea project, EEC*, Brussels, in press.

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*, sous presse.

GEOFFROY L., GELARD J.P., LEPVRIER C. & OLIVIER P., The coastal flexure of Disco (West Greenland), onshore expression of the « oblique reflectors », *Journ. Geol. Soc. London*, 155, 1998, sous presse.

GEOFFROY L., Diapirisme et extension intraplaque : cause ou conséquence ?, *CR Acad. Sc. Paris*, 326, 267-273, 1998.

HUCHON, P., TOKUYAMA, H., LALLEMANT, S.J., TAIRA, A., HENRY, P., MAZZOTTI, LE PICHON, X., and the KAIKO-TOKAI'96 on board scientific party, Pervasive dextral strike-slip faulting within the backstop of the eastern Nankai wedge confirmed by deep-towed seismic data (KAIKO-TOKAI'96 cruise), *Comptes Rendus Académie des Sciences*, 326, 869-876, 1998.

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.*, 103, 933-950.

S. LALLEMANT, A. TAIRA, P. HUCHON, H. TOKUYAMA, P. HENRY, S. MAZZOTTI, X. LE PICHON and the KAIKO-TOKAI'96 on board scientific party, Shallow detachment at the toe of the Eastern Nankai accretionary wedge revisited, new insights from a deep-tow SAR/PASISAR survey (KAIKO-TOKAI 1996 cruise), *Comptes Rendus Académie des Sciences*, 326, 877-884, 1998.

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*, 145, 255-292.

LE PICHON, X., MAZZOTTI, S., HENRY, P. and HASHIMOTO, M., Deformation of Japanese Islands and seismic coupling : an interpretation based on GSI permanent GPS observations, *Geophysical Journal International*, 134, 501-514, 1998.

MONNIER, C., POLVE, M., GIRARDEAU, J., BELLON, H., PUBELLIER, M., MAURY, R., Early evolution of the south-eastern margin of Asia from petro-chemistry of the Meratus ophiolitic series, Indonesia, *Earth Planet. Sci. Let.*, sous presse.

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, Spec. Pub.*, sous presse.

PUBELLIER, M., DEFFONTAINES, B., CHOROWICZ, J., Active denudation morphostructures from SAR ERS-1 images (SW Irian Jaya), *Int. Jour. of Remote Sensing*, sous presse.

PUBELLIER, M., GIRARDEAU, J., TJASHURI, I., Accretion History of Borneo inferred from the polyphase structural features in the Meratus mountains, in Gondwana dispersion and Asian accretion-Final results of IUGS IGCP 321, edited by I. Metcalfe, *AA Balkema Publishers*, 103-115, Rotterdam.

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.

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, *Journ. of SE Asian Earth Sci.*, sous presse.