

Géodynamique

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

COURS : Le séisme de Sumatra du 26 décembre 2004 et la subduction indo-australienne

Nous avons cette année une occasion unique de revenir à la zone sismogénique à partir de l'étude d'un très grand séisme, celui du 26 décembre 2004 de magnitude M_w 9.2 à 9.3 suivi par le séisme du 28 mars 2005 de magnitude 8.6. Ces séismes étaient très grands par la longueur de la rupture : 1 600 km pour le premier et 400 km pour le second. Ils étaient aussi très grands par l'énergie dissipée, autant pour le seul premier séisme que pour tous les séismes de la décennie précédente. Pour trouver de tels séismes il faut remonter aux séismes de 1950 du Kamchatka ($M_w = 9.0$), celui de 1960 du Chili ($M_w = 9.5$) et celui de 1964 d'Alaska ($M_w = 9.2$). Les quarante ans qui ont suivi ont été relativement peu actifs. Le séisme de Sumatra marque sans doute le début d'une période de rattrapage.

Le but principal du cours de cette année était d'essayer d'analyser le rôle éventuel des principaux paramètres géologiques et géophysiques qui paraissent liés à ces très grandes ruptures, géométrie de la zone sismogénique, nature du bassin avant-arc, topographie et nature de la lithosphère océanique subduite, épaisseur de la couche sédimentaire dans le fossé et conséquence sur le prisme sédimentaire actif, nature et rôle des failles hors séquence.

Je concluais que l'ensemble de la marge rompue par le séisme de Sumatra est une marge récemment soulevée et déformée en cisaillement dextre. Le soulèvement est probablement lié à l'insertion de reliefs océaniques produits par la déformation senestre, principalement post-8.5 Ma, de la lithosphère océanique à la suite de la séparation entre la plaque australienne et la plaque indienne. Si ceci est exact, il faudrait chercher à relier les principales aspérités du séisme de Sumatra à l'existence de reliefs océaniques maintenant incorporés à la marge et sous lequel passe le décollement. La meilleure comparaison est alors probable-

ment avec le séisme M_w 9.2 d'Alaska et dans une moindre mesure avec le séisme attendu dans la zone de Tokai.

Les notes de cours détaillées, les figures avec leurs légendes et les références sont disponibles sur le site du Collège de France. On peut y avoir accès facilement en utilisant un moteur de recherche avec les mots clés « cours de géodynamique ».

SÉMINAIRES À PARIS (février-mars 2005)
LE SÉISME DE SUMATRA DU 26 DÉCEMBRE 2004
ET LA SUBDUCTION INDO-AUSTRALIENNE

15 février : « **Cinématique Australie-Inde-Sonde** », par Nicolas CHAMOT-ROOKE, ENS, Paris.

22 février : « **Global deformation from the $M = 9.2$ 26 Dec. 2004 Sumatra-Andaman earthquake, I : Co-seismic deformation** », par Fred POLLITZ, USGS, Menlo Park, États-Unis.

1^{er} mars : « **Global deformation from the $M = 9.2$ 26 Dec. 2004 Sumatra-Andaman earthquake, II : Post-seismic deformation** », par Fred POLLITZ, USGS, Menlo Park, États-Unis.

15 mars : « **Damage Surveys in the Andaman-Nicobar islands in the aftermath of the Great Sumatra Earthquake of 26 Dec. 2004** », par Shri Ashish Kumar Ghosh ROY, GSI, Calcutta, Inde.

22 mars : « **The fore-arc structure off Sumatra and Java : segmentation imaged in bathymetry and reflection seismics** », par Christoph GAEDICKE, BGR, Hanovre, Allemagne.

29 mars : « **Premiers résultats de la campagne Sumatra Aftershocks** », par Jean-Claude SIBUET, Ifremer, Brest.

COURS ET SÉMINAIRES À L'UNIVERSITÉ PAUL CÉZANNE À AIX-EN-PROVENCE

16 septembre 2005 : « **Les Leçons du Séisme de Sumatra du 26 décembre 2004** ».

19 et 20 juin 2005 : « **Risques de tsunamis en Méditerranée Occidentale** ». Colloque organisé par Xavier Le Pichon, Tiphaine Zitter et Olivier Bellier.

— Xavier LE PICHON, cours : « Présentation du contexte tectonique et questions posées pour le problème du risque de tsunami ».

— Alessandra MARAMAI, Tsunamis in the Mediterranean Sea and the new data for a revision of historical cases in Italy.

— Hélène HEBERT, Alea tsunami en Méditerranée : Quelques contraintes données par la simulation numérique sur les expositions historiques et futures.

- Sinan OZEREN, Modélisation des tsunamis produits par les glissements gravitaires sous-marins.
- Efim PELINOVSKY and Christian KHARIF, Tsunami risk for french coast of Mediterranean.
- Bruno SAVOYE, Nabil SULTAN et Gabriela DAN, La catastrophe de l'aéroport de Nice de 1979 revisitée : Mécanismes d'effondrement, modélisation et impact de l'avalanche sous-marine sur les fonds marins.
- Jacques DEVERCHÈRE, Tectonique de la marge nord africaine et risques de glissements.
- Sébastien MIGEON, Les glissements sous-marins de la marge nord ligure : Impact des apports sédimentaires, des séismes et de la tectonique salifère.
- Pierre HENRY, Observatoires sous-marins et rôle pour la détection des glissements sous-marins et des tsunamis.
- Stefano TINTI, Numerical aspects of investigation on the Mediterranean tsunamis and implication for a Mediterranean early warning system.
- Xavier LE PICHON, Conclusions.

Activités scientifiques de juin 2004 à juin 2005

Xavier Le Pichon qui avait dirigé jusqu'au 31 décembre 1999 le Laboratoire de Géologie de l'École Normale Supérieure, une unité associée au CNRS, ayant accompli 12 années de direction, avait laissé la place de directeur au Professeur Raul Madariaga. Au 1^{er} juillet 2003, il s'est délocalisé près du laboratoire du Cérège sur l'Europôle de l'Arbois, près d'Aix-en-Provence, dans des locaux fournis par l'université Paul Cézanne d'Aix-Marseille, pour que l'équipe de recherche de sa chaire de Géodynamique forme avec l'équipe de recherche de la chaire d'Évolution du climat et de l'océan d'Edouard Bard une antenne du Collège de France accueillie par l'université Paul Cézanne. L'équipe de géodynamique comprend treize personnes : trois chercheurs permanents, trois post-doctorants, trois chercheurs en cours de thèse, un ingénieur informatique et un agent technique permanents, deux agents techniques sous contrat temporaire. Le 16 septembre 2005, le nouveau bâtiment dit « Trocadéro » mis à la disposition de l'antenne du Collège de France par l'Europôle de l'Arbois a été inauguré, ce qui permettra une interaction plus étroite avec le laboratoire d'Edouard Bard. Notre équipe de recherche a un accord cadre avec la compagnie pétrolière Total pour profiter des synergies dans nos intérêts de recherche.

L'intérêt de l'équipe repose sur la relation entre les processus de déformation superficielle et les processus profonds en mettant l'accent sur l'importance des forces de gravité et sur le rôle des fluides. La connaissance du contexte géodynamique et tectonique est utile à la recherche pétrolière et c'est sur cette base qu'une collaboration scientifique avec l'industrie pétrolière a pu être développée.

Deux axes principaux se dégagent. L'un des axes est la participation aux efforts internationaux pour implanter des observatoires sous-marins sur les marges conti-

mentales. Cet axe est sous la responsabilité de Pierre Henry. L'autre est l'étude géodynamique de zones tectoniquement actives menées avec la collaboration de grands organismes de recherche publics et industriels (CEA, Total) et de PME locales (SOACSY, EOSYS). Cet axe est sous la responsabilité de Claude Rangin.

L'objectif principal de la participation de l'équipe aux projets d'observatoire est la compréhension du couplage fluide-mécanique dans les zones de faille et sous les pentes sous-marines instables. Les principaux chantiers sont l'étude de la zone sismogène sur la marge de subduction japonaise dans le cadre du programme de forage IODP, la surveillance de la faille Nord Anatolienne en Mer de Marmara et le volet puits instrumentés de l'observatoire en Mer Ligure, conçu en collaboration avec Géosciences Azur et l'Ifremer. Les chantiers Marmara et Ligure entrent dans le cadre du réseau d'excellence Européen Esonet. Le début des opérations de forage IODP avec le navire Japonais Chikyu est prévu fin 2007 sur Nankai (projet Nantroseize). Ces trois projets sont des projets à long terme.

L'étude géodynamique de zones tectoniquement actives en collaboration avec l'Industrie s'appuie sur un accord cadre avec la compagnie Total, un contrat de recherche avec le CEA, et des contrats ponctuels avec les PME locales. Avec Total les projets sont centrés sur la déformation des réservoirs dans le bassin du Bengale et le Golfe du Mexique en privilégiant les relations entre déformation crustale et glissements superficiels dans leur cadre géodynamique global. Trois thèses sous contrat sont en cours sur ce thème. Avec le CEA et en collaboration avec Total, nous étudions la part de la tectonique gravitaire dans la tectonique active de la Provence en testant un modèle de glissement en masse sur des couches sédimentaires ductiles. L'analyse de profils sismiques et leur vérité terrain est privilégiée.

Par ailleurs un effort considérable s'est porté sur la compréhension du contexte géodynamique du grand séisme de Sumatra du 26 décembre 2004 qui faisait l'objet du cours principal de Xavier Le Pichon cette année. Une participation de Claude Rangin à la campagne de l'IFREMER « Sumatra Aftershocks » a permis de participer à une analyse fine de la déformation sur cette marge de subduction très particulière.

Il faut enfin noter la publication à la Société Géologique de France et à l'American Association of Petroleum Geologists de deux recueils de travaux concernant la Méditerranée Orientale (« DOTMED ») et l'Asie du Sud-Est (« DOTSEA »). Ces recueils mettent à la disposition des chercheurs sous forme électronique et graphique les synthèses géodynamiques (données et interprétations) obtenues sur ces deux régions clefs durant le programme DOTS que nous avons mené pendant plusieurs années avec l'aide de plusieurs compagnies pétrolières.

Ils sont le fruit de cette stratégie de recherche que nous avons adoptée dans notre programme de géodynamique des zones actives menées avec l'aide de

l'industrie. Nous préparons maintenant de nouveaux recueils sur nos programmes Golfe du Mexique et Marge du Golfe du Bengale.

ACTIVITÉS DIVERSES DE XAVIER LE PICHON

Du 13 au 18 juin 2005

IODP Science Planning and Policy Oversight Committee Meeting à Nagasaki, Japon.

8 juillet 2005

Participation au Conseil Scientifique de l'Europôle de l'Arbois.

16 septembre 2005

Inauguration de l'Antenne du Collège de France sur l'Europôle de l'Arbois en présence de l'Administrateur du Collège et des autorités régionales.

11 octobre 2005

Réunion de travail avec la direction du Centre CEA de Cadarache.

25 octobre 2005

Participation à la Commission donnant un avis pour la Nomination du Directeur de l'École Normale Supérieure.

Du 8 au 14 novembre 2005

Participation à la Conférence « Infinite in Science : Philosophy and Theology » à l'université pontificale du Latran et au Distinguished Program Development Committee (DPDC) du STOQ Project (Science, Theology and the Ontological Quest) du Dicastère pour la Culture au Vatican.

Du 22 au 28/11/2005

Taipei (Taiwan) — Conférence Inaugurale au : « Geodynamics and Environment in East Asia International Conference and 5th Taiwan/France Earth Science Symposium ».

Du 23 au 26/03/2006

Évian-les-Bains — Colloque « Science et Société » organisé par Michel Serres, « Comment la Société aujourd'hui perçoit l'avenir de la science ? »

Du 4 au 8 mars 2006

Conférence d'ouverture et conclusion de l'« International Symposium on Scientific and Technical Aspects on the Establishment of the Outer Limits of the Continental Shelf beyond 200 Nautical Miles » organisé à Tokyo par le Ministère de l'Éducation Japonais sous le patronage du Ministère des Affaires Étrangères et de l'Université des Nations-Unies.

18 mai 2006

Dixième Conférence Invitée du Leibniz-Kolleg à l'Université de Postdam, Allemagne.

19 mai 2006

Séminaire à l'université de Potsdam, Allemagne.

1^{er} juin 2006

Grenoble — LGIT (Maison des Géosciences) — « Le séisme de Sumatra du 26 décembre 2004 : son lien avec la transition entre les plaques Inde et Australie ».

PUBLICATIONS DE XAVIER LE PICHON
depuis juin 2005

PUBELLIER M.C., RANGIN C., LE PICHON X. and Dotsea Working Group, DOTSEA, Deep offshore tectonics in South East Asia, Société Géologique de France et American Association of Petroleum Geologists, Mém. Soc. Géol. France, n.s., n° 176, 32 p., 6 plates + CD.

CHAMOT-ROOKE N., RANGIN C., LE PICHON X. and Dotmed working group, DOTMED : a synthesis of deep marine data in the Eastern Mediterranean : Société Géologique de France et American Association of Petroleum Geologists, Mém. Soc. Géol. France, n.s., n° 177, 64p., 9 plates + CD

LE PICHON Xavier et T. ZITTER, Tectonique des Plaques et Risques Naturels, Science et Devenir, n° 33, juin 2006, 4 p.