

Physique de l'intérieur de la Terre

M^{me} Barbara ROMANOWICZ, membre de l'Institut
(Académie des sciences), professeur

ENSEIGNEMENT

Cours : Structure et dynamique du système lithosphère-asthénosphère

Du 6 octobre au 17 novembre 2013, 6 cours de 1 h 30 chacun^a.

Cours 1. Introduction

Dans cette introduction, nous avons rappelé l'origine des concepts de « lithosphère » (couche rigide) et « asthénosphère » (couche molle), qui ont été proposés dans le cadre de l'étude du rebond post-glaciaire, au début du XX^e siècle, puis adaptés comme éléments fondamentaux de la tectonique des plaques. Nous avons évoqué quelques questions fondamentales qui motivent le sujet de ce cours, parmi celles-ci : pourquoi la Terre est-elle la seule planète avec une tectonique des plaques ? Le régime tectonique a-t-il évolué au cours des temps géologiques ? Comment ont été formés les continents ? Comment expliquer la longévité des « cratons » continentaux ? Quel est le rôle dans la tectonique des plaques de la « zone à faible vitesse » du manteau supérieur ?

Nous avons ensuite rappelé les principales unités de structure mécanique de l'intérieur de la Terre et leur composition minéralogique, et introduit plusieurs notions : celle d'anisotropie sismique et les principaux types d'anisotropie, celle d'isostasie ainsi que les deux types de déformation présents dans les parties superficielles de la Terre : élastique et visqueuse. Nous avons terminé en introduisant les deux modes principaux de déformation des roches à l'échelle microscopique : dislocation et diffusion de défauts cristallins.

a. Les enregistrements audio et vidéo du cours, ainsi que les supports de cours, sont disponibles sur le site internet du Collège de France : <http://www.college-de-france.fr/site/barbara-romanowicz/course-2013-2014.htm> [NdÉ].

*Cours 2. Considérations thermiques et mécaniques –
Différentes définitions de la limite entre la lithosphère et l'asthénosphère*

Nous avons commencé par faire le bilan des différentes sources de chaleur interne dans la Terre et les principaux modes de dégagement de la chaleur : conduction et convection. Nous avons introduit la théorie des couches limites pour la convection, et le nombre de Rayleigh, et évoqué comment on en est venu à réaliser la présence de convection dans le manteau rocheux. Nous avons présenté la distribution globale du flux de chaleur à la surface de la Terre, et illustré, en particulier, que le flux de chaleur océanique vérifie une loi de dépendance en racine carrée de l'âge de la plaque, jusque vers 80 Ma, comme prédit pour le refroidissement conductif d'un demi-espace. Nous avons décrit la courbe de température en fonction de la profondeur dans la Terre (le géotherme) et introduit la notion de température potentielle.

Ensuite, nous avons décrit l'influence de la viscosité sur le régime convectif et présenté nos connaissances sur le profil de viscosité dans le manteau terrestre et les différents types de mesures qui permettent de le contraindre. Enfin, nous avons introduit la notion de topographie dynamique et la façon dont on utilise les données du géoïde, du rebond post-glaciaire et de la tomographie globale pour apporter des précisions sur ce profil de viscosité. Nous avons terminé en présentant les différentes définitions de la limite entre la lithosphère et l'asthénosphère : définition mécanique, thermique, sismique ou « électrique ».

Cours 3. Méthodes sismologiques : ondes de surface de longue période

Nous avons introduit les principaux outils sismologiques pour l'étude de la lithosphère et de l'asthénosphère, et rappelé les propriétés des ondes de surface, en particulier leur dispersion en fréquence et la façon dont on en déduit les variations en profondeur de la vitesse de cisaillement. Nous avons ensuite décrit les principaux résultats obtenus à l'échelle globale sur les variations d'épaisseur de la lithosphère et sur la progression avec l'âge de la plaque de la zone à faible vitesse océanique, et les caractéristiques des « cratons », régions les plus anciennes (archéennes) des continents. Nous avons ensuite montré que la variation en profondeur de l'anisotropie radiale (anisotropie de polarisation) permet également de distinguer la lithosphère de l'asthénosphère, mais de manière peu précise. Nous avons terminé en introduisant l'anisotropie azimuthale et montré ses variations à l'échelle globale dans le manteau supérieur, obtenues à partir des ondes de surface.

*Cours 4. Méthodes sismologiques et magnétotelluriques :
structure « stratifiée » dans le manteau supérieur*

Nous avons tout d'abord introduit la notion de « biréfringence » des ondes de volume de cisaillement dans un milieu anisotrope, puis montré comment cette propriété est observée et interprétée dans le manteau supérieur de la Terre. Nous avons décrit de quelle manière l'utilisation conjointe des ondes de volume SKS et des ondes de surface permet d'améliorer la résolution en profondeur de l'anisotropie azimuthale, et de mettre en évidence plusieurs couches anisotropes correspondant à des directions différentes de l'axe de vitesse rapide. En particulier, on peut définir la base de la lithosphère comme la transition vers une couche profonde d'axe rapide orienté dans la direction actuelle du mouvement absolu de la plaque, aussi bien dans

les bassins océaniques, que sous les continents. Ceci est particulièrement clair sous le bouclier canadien, mais aussi dans d'autres régions du globe, par exemple en Afrique du Sud. Sous les océans, la zone « à faible vitesse » est particulièrement bien développée, mais on ne connaît toujours pas sa nature exacte. Les effets de pression et de température seuls prédisent son existence, mais pas son amplitude ni la rapidité de la chute des vitesses de cisaillement à sa limite supérieure. Différents modèles sont proposés : présence de fusion partielle, déshydratation de la lithosphère au moment de sa formation à la dorsale, deux phénomènes qui ont une influence majeure non seulement sur les vitesses de cisaillement, mais aussi sur la viscosité. Les mesures difficiles de conductivité électrique et d'atténuation sismique devraient permettre de préciser le mécanisme dominant dans un avenir proche.

Cours 5. Méthodes sismologiques et magnétotelluriques : structure « stratifiée » dans le manteau supérieur (suite)

Ce cours a été consacré aux différentes méthodes sismiques qui permettent la détection de discontinuités verticales de structure et donc l'étude de la structure fine de la lithosphère et du manteau supérieur. Il s'agit principalement de l'observation d'ondes converties ou réfléchies sur ces discontinuités. Nous avons fait le point sur les résultats récents obtenus dans le domaine océanique, grâce, en particulier, aux données des quelques stations sous-marines installées dans l'ouest du Pacifique par des équipes japonaises. Nous avons décrit les difficultés de l'instrumentation des fonds océaniques, puis décrit les résultats récents de mesure de conductivité électrique près de la dorsale est-Pacifique, et au large de la zone de subduction de la plaque Nazca (Amérique du Sud). Pris dans leur ensemble, les résultats récents semblent pencher vers une interprétation en termes de domaines de niveau d'hydratation différents, sans exclure la présence possible de « poches » de fusion partielle à la base de la lithosphère océanique.

La partie finale de ce cours a eu pour objet le rôle de la stratification en viscosité sur la convection mantellique, et en particulier celui d'une zone à faible viscosité dans le manteau supérieur, pour conférer à la convection des caractéristiques proches de celles observées dans la Terre par l'imagerie globale sismique, en particulier la présence de structures de grande longueur d'onde.

Cours 6. La lithosphère continentale

Dans ce cours, nous nous sommes penchés sur la structure de la lithosphère dans les parties les plus anciennes des continents, les « cratons » d'âge supérieur à 2 milliards d'années. Ces régions présentent des caractéristiques particulières : températures plus basses que la moyenne jusque vers 200 kilomètres de profondeur, vitesses sismiques élevées, mais densité plus faible manifestée par leur stabilité dans le temps et l'absence d'anomalie de gravité. Ceci implique une composition minéralogique dite « appauvrie » en éléments lourds, en particulier le fer. Nous avons présenté et contrasté les différentes hypothèses avancées sur le processus de formation de la croûte et lithosphère archéenne, et en particulier la possibilité d'un changement majeur de régime tectonique à la fin de l'ère archéenne.

La fin de ce cours a été consacrée à la description de nos travaux récents sur la stratification de la lithosphère cratonique par tomographie sismique anisotrope, qui montre la présence de deux couches lithosphériques distinctes, dont la première

(superficielle) pourrait correspondre à la partie archéenne de composition appauvrie, et la seconde (plus profonde) se serait formée plus tardivement par accréation d'une racine froide dans le cadre d'une tectonique similaire à celle qui a lieu de nos jours (subduction océanique).

Séminaire : *Structure and dynamics of the lithosphere/asthenosphere system*

Ce séminaire sous forme de colloque international intitulé « Structure, composition and dynamics of the deep mantle », organisé par le Pr Barbara Romanowicz et le professeur Claude Jaupart (IPGP) s'est tenu au Collège de France les 19 et 20 novembre 2013^b. Il a réuni 20 conférenciers, 8 présidents de séance et 6 membres invités à animer une table ronde, venant du monde entier et représentant les différentes disciplines qui contribuent, au sein des sciences de la Terre à notre connaissance de la nature et de l'évolution du système lithosphère/asthénosphère. Environ 120 personnes ont participé à ce colloque.

Intervenants :

Introduction : Barbara Romanowicz (Collège de France)

Session 1 : The LAB in Different Oceanic Settings (*chair* : Sergei Lebedev, DIAS, Dublin)

Jean-Paul Montagner (IPG, Paris) : *What Does Seismic Anisotropy Tell us about the LAB?*
Hitoshi Kawakatsu (ERI, Tokyo) : *Toward in-situ Characterization of the Lithosphere/Asthenosphere system of the "Normal Oceanic" Mantle.*

Kate Rychert (Université de Southampton) : *The Lithosphere/Asthenosphere boundary Beneath Hotspots.*

Session 2 : Contrasting Oceanic and Continental Upper Mantle (*chair* : Nick Harmon, Université de Southampton)

Anne Peslier (Université de Houston) : *Origin and Distribution of Water Content in Continental and Oceanic Lithospheric Mantle.*

Lars Stixrude (UCL, London) : *Origin of the Low Velocity Zone under Oceans and Continents.*

Session 3 : Integrative Studies of Continental Lithosphere (*chair* : Fabio Cammarano, Université de Copenhague)

Javier Fullea (IDEO, Madrid) : *Integrated Geophysical and Petrological Modelling of the Uppermost Mantle: Forward and Inversion Approaches.*

Alan Jones (IAS, Dublin) : *Insights into the Continental Lithosphere from Electromagnetic Studies Combined with other Geoscientific Data: a Plea for Embracing Holistic Modelling that Satisfies all Available Data.*

J.C. Mareschal (UQAM, Université McGill, Montréal) : *Deep Thermal and Seismic Structure of the Cratonic Lithosphere.*

^b. Les enregistrements audio et vidéo du séminaire sont disponibles sur le site internet du Collège de France : <http://www.college-de-france.fr/site/barbara-romanowicz/seminar-2013-2014.htm> [NdÉ].

Session 4 : Lithospheric Layering (*chair* : Hans Thybo, Université de Copenhague)

Stephane Rondenay (Université d'Oslo) : *Postcards from the Edge: Seismological Insights into the Lithosphere/Asthenosphere System at Subduction Zones.*

Karen Fischer (Université Brown, Providence) : *Cratons vs. Younger Continental Lithosphere: Their Internal and Lithosphere/Asthenosphere Boundary Structures.*

Session 5 : Continental Stability and Regional Dynamics (*chair* : Evgenii Burov, UPMC, Paris)

Michael Kendall (Université de Bristol) : *Seismic Evidence for Magma Assisted Continental Rifting.*

Marta Perez-Gussinye (Université de Londres) : *Continental Rifting and Birth of New Steady State Oceanic Spreading Ridges: Interactions between Thinning Continents and the Underlying Asthenosphere.*

Ritske Huismans (Université de Bergen) : *Mobile Lower Continental Mantle Lithosphere and the Formation of Rifted Margins.*

Session 6 : Global Dynamics, Tectonics and the Lithosphere (*chair* : Lapo Boschi, UPMC, Paris)

Nicolas Coltice (Université Lyon 1) : *Linking Surface Tectonics with Deep Mantle Evolution.*

Carolina Lithgow-Bertelloni (UCL, Londres) : *Mantle Flow, Lithospheric Structure and Surface Deformation.*

Session 7 : Fluids in the Lithosphere (*chair* : Nick Arndt, Université Joseph-Fourier, Grenoble)

Andrea Tommasi (Université de Montpellier) : *Coupling between Partial Melting, Melt Transport, and Deformation at the Lithosphere/Asthenosphere Boundary: Observations and Models.*

Michel Grégoire (Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse) : *The Mantle Metasomatism: Diversity and Impact.*

Michael J. Walter (Université de Bristol) : *Diamonds from the Asthenosphere/Lithosphere Boundary Beneath Brazil: Tracers of Deep Carbonated Melts.*

Session 8 : Regional Dynamics (*chair* : Edouard Kaminski, IPG, Paris)

Chip Leshner (Université de Californie, Davis) : *Linking the Petrology and Dynamics of the Lithosphere/Asthenosphere System?*

Claudio Faccena (Université Roma Tre) : *Mountain Building and Mantle Dynamics.*

Discussion : Alex Schubnel (ENS, Paris), Claude Jaupart (IPG, Paris), Anne Davaille (Université Paris-Sud Orsay), Éric Debayle, (ENS Lyon), J.L. Bodinier (Université de Montpellier), Barbara Romanowicz.

La première journée a été suivie d'une session « posters ». Environ 25 posters ont été présentés : une partie par 10 étudiants de plusieurs écoles doctorales en géophysique (IPGP, ENS, Paris-Sud Orsay, Lille), inscrits au cours, et l'autre partie par des doctorants et post-docs venant principalement d'autres pays européens. Cette session a attiré de nombreux visiteurs.

La deuxième journée s'est terminée par une discussion générale autour d'un panel. Ont notamment été abordés : la question de l'origine de la couche à faible vitesse sous les océans, et de son rôle dans la tectonique des plaques, ainsi que celle

de la nature de la discontinuité médio-lithosphérique dans les cratons. Les participants au colloque ont été invités à remettre des versions écrites de leurs contributions qui seront rassemblées autour du thème « the lithosphere/aesthenosphere system » dans la revue *G-cubed (Geophysics, Geochemistry, Geosystems)*¹.

Autres activités d'enseignement

Comme en 2012, j'ai lancé à l'automne 2013 un séminaire hebdomadaire de lecture critique d'articles de recherche sur le même thème que celui de mon cours au Collège de France et en liaison avec lui (en tout 12 heures). Ce séminaire pluridisciplinaire, ouvert à tous les chercheurs intéressés de la région parisienne, s'est tenu à l'IPGP de Paris, les vendredis de 13h30 à 14h30. Les présentations (en général deux articles par séance) étaient faites en priorité par les étudiants de l'école STEP qui ont pu comptabiliser ce séminaire, conjointement avec le cours du Collège de France, comme unité de cours en vue de leur doctorat.

En avril et mai 2014, j'ai donné une série de 8 cours d'une heure par visio-conférence depuis Berkeley sur la théorie des modes propres de la Terre dans un modèle de Terre à symétrie sphérique (1D) et leurs perturbations dues à la structure 3D. Ce cours a été suivi par tous les membres de mon équipe (IPG et Berkeley) ainsi que trois autres doctorants de Berkeley et trois autres de l'IPG.

Les 14 et 15 juin 2014, j'ai participé à la Copenhagen School of Solid Earth Geophysics (6th international PhD Elite course : « Anisotropy and mantle deformation », 14-18 juin 2014), où j'ai donné trois heures de cours sur « Seismic Anisotropy of the earth's mantle at the global and continental scale ».

J'ai également continué à piloter le programme CIDER (Cooperative Institute for Dynamic Earth Research) et fait partie du comité d'organisation du colloque : « CIDER Post-AGU workshop », le 8 décembre 2013 à Berkeley ; et de l'école d'été CIDER qui s'est tenu du 23 juin au 2 août 2014 à Santa Barbara (Californie), au Kavli Institute of theoretical physics².

À Berkeley, j'ai en outre enseigné de février à avril un cours niveau M1 sur la physique de l'intérieur de la Terre, et animé un séminaire de lecture d'articles autour des sujets de la sismogénèse et de la tectonique.

RECHERCHE

Mon équipe de recherche comprend actuellement, à l'IPG de Paris, deux chercheurs contractuels, un post-doc et deux étudiants doctorants, financés par une ERC Senior « WAVETOMO », ainsi qu'un chercheur contractuel, Hugo Jimenez, arrivé en septembre 2013, et financé pour deux ans par la fondation Hugot du Collège de France (fonds Total). J'y ai également accueilli en stage M1 au printemps 2014, une étudiante de Paris-Sud Orsay pour un sujet d'observation d'ondes sismiques du noyau qui se réfléchissent n fois sur la limite-noyau manteau (ondes

1. Voir : <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291525-2027/specialsection/LAB1>.

2. Voir : <http://www.deep-earth.org/summer14.shtml>.

PnKP). De plus, l'équipe comprend trois étudiants doctorants et deux post-docs, basés à l'université de Californie, Berkeley, financés aux États-Unis. Des réunions de groupe hebdomadaires par visio-conférence permettent aux deux parties de l'équipe d'échanger et de collaborer. Dans ce qui suit, je présente en plus de détails les travaux portés à l'IPG de Paris.

Yder Masson (chercheur CDD, IPGP) continue à travailler sur la théorie à l'échelle continentale de méthodes adjointes numériques pour la propagation des ondes sismiques, qui a donné lieu à une publication en 2013 (Masson *et al.*, 2013). Plus récemment, il a implémenté la méthode de « miroirs de renversement temporels » développée pour la construction par tomographie d'un modèle du manteau supérieur à l'échelle du continent nord-Américain. Cette méthode permet en effet d'utiliser conjointement des données « globales » et « régionales » tout en restreignant les calculs numériques à la région considérée, ce qui allège la quantité de calculs. Cette application a été présentée au congrès de l'AGU (American Geophysical Union) à San Francisco en décembre 2013, et à celui de l'EGU (European Geophysical Union) à Vienne en avril 2014.

Sergi Ventosa (chercheur CDD, IPGP) est un spécialiste du traitement de signal dans le domaine de la géophysique appliquée. Il travaille sur l'adaptation des méthodes qu'il a développées au cours d'un post-doc à l'IFP au cas de la sismologie globale. Au cours de l'année passée, il a finalisé l'application de cette méthode pour l'extraction des formes d'ondes PcP, et la mesure des temps de parcours de ces ondes, dont les anomalies nous renseignent sur la structure à la base du manteau. Il a présenté son travail à l'AGU de décembre 2013 et à l'EGU d'Avril 2014. Un article a récemment été soumis pour publication (Ventosa *et al.*, 2014) et un autre est en préparation. La collaboration avec Zhao Zheng (doctorant à Berkeley) sur l'application à l'extraction du signal du aux précurseurs aux ondes SS qui échantillonnent les discontinuités du manteau supérieur a également été présentée à l'AGU de décembre 2013. Un manuscrit doit être soumis pour publication courant juillet 2014.

Matthias Meschede (doctorant, IPGP) finit sa troisième année de thèse dans l'ED109 (IPGP). Pendant cette année, Matthias a travaillé sur la construction d'un modèle de Terre « hybride », dont les grandes longueurs d'onde sont définies de manière robuste à partir des modèles tomographiques récents, les moyennes longueurs d'onde le sont à partir de modèles tomographiques régionaux, et les plus courtes longueurs d'onde sont introduites de manière statistique. Son travail sur le raccord des modèles globaux et régionaux, qui comprend une partie théorique sur la correspondance des spectres obtenus en géométrie sphérique (cas global) ou cartésienne (cas régional), a donné lieu à un manuscrit soumis pour publication en mai 2014 (Meschede et Romanowicz, 2014). Ce travail a été présenté à l'AGU de décembre 2013. Un second article sera soumis en septembre concernant la construction de la partie statistique du modèle, contraint par les spectrogrammes des ondes de surface longue période.

Joanne Adam (post-doc, IPGP) travaille sur la structure et l'anisotropie de la graine solide. Elle a complété une collection de données d'ondes du noyau (PKP) permettant d'évaluer le succès de différents modèles, et en particulier contraster les modèles de graine anisotrope et ceux qui proposent l'existence d'hétérogénéités de vitesse dans le noyau liquide, concentrées dans le « cylindre tangent » à la graine dont l'axe est quasi-parallèle à l'axe de rotation de la Terre. L'analyse des formes d'ondes nous a permis de détecter une arrivée d'énergie très faible suivant l'onde PKP(BC) (celle qui traverse le noyau liquide sans entrer dans la graine) qui pourrait

avoir son origine dans la « couche F », couche à la base du noyau liquide dont les propriétés semblent être distinctes de celles du reste de celui-ci. Ce travail a été présenté à la Gordon Research Conference de juin 2013 (Mt Holyoke College, Mass, États-Unis) puis à l'AGU de décembre 2013. Les résultats plus récents seront présentés à la conférence internationale du SEDI (Structure of the Earth's Deep Interior) qui aura lieu début août 2014 au Japon.

Jamie Barron (post-doc) a quitté l'équipe en août 2013 pour un poste d'enseignant au Royaume-Uni. Son projet doit être repris en septembre 2014 par Haydar Karaoglu, post-doc qui vient de terminer son PhD à l'université de Carnegie Mellon (États-Unis). Florian Rickers (post-doc, IPGP) a également quitté l'équipe en février 2014, pour poursuivre une carrière dans le privé en Allemagne.

L'équipe parisienne a accueilli en septembre 2013 un nouveau doctorant, *Pierre Clouzet*, qui travaille sur la construction de modèles tomographiques anisotropes du manteau supérieur à l'échelle continentale en combinant les données de forme d'onde longue période et les données de biréfringence des ondes SKS (ondes de cisaillement qui traversent le noyau de la Terre comme ondes de compression). Il reprend ainsi une longue tradition de développement de ce type de modèle commencée dans mon équipe à Berkeley, prenant la suite de Federica Marone et Huaiyu Yuan. Il a passé sa première année à comprendre la méthodologie et les logiciels d'imagerie assez complexes, avant d'y apporter de nouvelles améliorations.

La partie de l'équipe basée à Berkeley (S. French, S. Cottaar, Z. Zheng, T. Bodin, M. Calo,) a continué à transférer à celle basée à Paris son savoir-faire en matière d'imagerie de forme d'onde, tout en contribuant plusieurs publications, dont une dans *Science*.

PUBLICATIONS

COTTAAR S. et ROMANOWICZ B., « Observations of changing anisotropy across the southern margin of the African LLSVP », *Geophysical Journal International*, novembre 2013, 195(2), 1184-1195, DOI : 10.1093/gji/ggt285.

FRENCH S., LEKIC V. et ROMANOWICZ B., « Waveform tomography reveals channeled flow at the base of the oceanic asthenosphere », *Science (New York, N.Y.)*, 11 octobre 2013, 342(6155), 227-230, DOI : 10.1126/science.1241514.

MASSON Y., CUPILLARD P., CAPDEVILLE Y. et ROMANOWICZ B., « On the numerical implementation of time-reversal mirrors for tomographic imaging », *Geophysical Journal International*, 3 janvier 2014, 196(3), 1580-1599, DOI : 10.1093/gji/ggt459.

TAIRA T., ZHENG Z. et ROMANOWICZ B., « On the Systematic Long-Period Noise Reduction on Ocean Floor Broadband Seismic Sensors Collocated with Differential Pressure Gauges », *Bulletin of the Seismological Society of America*, 2 janvier 2014, 104(1), 247-259, DOI : 10.1785/0120130015.

BODIN T., YUAN H. et ROMANOWICZ B., « Inversion of receiver functions without deconvolution—application to the Indian craton », *Geophysical Journal International*, 2 janvier 2014, 196(2), 1025-1033, DOI : 10.1093/gji/ggt431.

CARLSON R.W., GARNERO E., HARRISON T.M., LI J., MANGA M., MCDONOUGH W.F., MUKHOPADHYAY S., ROMANOWICZ B., RUBIE D., WILLIAMS Q. et ZHONG S., « How Did Early Earth Become Our Modern World? », *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, mai 2014, vol. 42, 151-178, DOI : 10.1146/annurev-earth-060313-055016.

YUAN H., FRENCH S., CUPILLARD P. et ROMANOWICZ B., « Lithospheric expression of geological units in central and eastern North America from full waveform tomography », *Earth and Planetary Science Letters*, 15 septembre 2014, vol. 402, 176-186, DOI : 10.1016/j.epsl.2013.11.057.

ROMANOWICZ B. et MITCHELL B.J., « Deep Earth Structure – Q of the Earth from Crust to Core », dans SCHUBERT G. (éd.), *Treatise on Geophysics*, vol. 1, Amsterdam, Elsevier, 2014 [2007], 731-774 (réédition).

DZIEWONSKI A.M. et ROMANOWICZ B.A., « Overview », dans SCHUBERT G. (éd.), *Treatise on Geophysics*, vol. 1, Amsterdam, Elsevier, 2014 [2007], 1-29 (réédition).

COTTAAR S., LI M., MCNAMARA A.K., ROMANOWICZ B. et WENK H.-R., « Synthetic seismic anisotropy models within a slab impinging on the core-mantle boundary », *Geophysical Journal International*, 2014, 199(1), 164-177, DOI : 10.1093/gji/ggu244.

BODIN T., CAPDEVILLE Y., ROMANOWICZ B. et MONTAGNER J.-P., « Interpreting radial anisotropy in full-waveform tomographic models », dans KHAN A., DESCHAMPS F. et KAWAI K. (éd.), *The Earth's heterogeneous Mantle*, Springer Verlag, 2014.

Publications soumises

VENTOSA S. et ROMANOWICZ B., « PcP-P constraints on core-mantle boundary using a seismic array-processing approach », *Geophys. J. Int.*, 201, 2015, 207-223.

MESCHEDE M. et ROMANOWICZ B., « Lateral heterogeneity scales in regional and global upper mantle shear velocity models », *Geophys. J. Int.*, 200, 2015, 1078-1095.

ROMANOWICZ B. et FRENCH S., « Whole-mantle radially anisotropic shear-velocity structure from spectral-element waveform tomography », *Geophys. J. Int.*, 199, 2014, 1303-1327.

WEBER M., WICKS C., LESTUNFF Y., ROMANOWICZ B. et KRÜGER F., « Seismic evidence for a steeply dipping reflector -stagnant slab in the mantle transition zone », *Geophys. J. Int.*, 200, 2015, 1237-1253.

AUTRES ACTIVITÉS

Conférences et présentations invitées

Séminaires (sur invitation)

« Low velocities in the oceanic upper mantle and their relations to plumes: insights from SEM-based waveform tomography », *CIG/QUEST joint workshop*, Fairbanks, Alaska, 17 juillet 2013.

« Global Earth structure in the 21st century », conférence sur « Roadmap for Earth Science in Europe: the next generation geophysical Research Infrastructures », *Ettore Majorana Center*, Erice, Sicile, 31 août 2013.

« Channeled flow at the base of the oceanic asthenosphere: evidence from full waveform tomography », University of Uppsala, Suède, 12 septembre 2013.

« Low velocity fingers in the oceanic upper mantle and their relations to plumes », IPG Paris, 1^{er} octobre 2013.

« Subduction zones, mantle plumes and recent results from global waveform tomography », IPG Paris, *Symposium in the honor of Renata Dmowska*, 14 octobre 2013.

« Channeled flow at the base of the oceanic asthenosphere: evidence from full waveform seismic tomography », University of Cambridge, 23 octobre 2013.

« Channeled flow at the base of the oceanic asthenosphere: evidence from full waveform seismic tomography », University of Leeds, 30 novembre 2013.

« Whole mantle seismic tomography in the era of numerical computations », Oxford, 25 mars 2013, *Symposium in the honor of John H. Woodhouse*.

« Imagerie Sismique Globale du Manteau Terrestre par Inversion de Forme d'Onde : panaches mantelliques et convection à petite échelle ? », Université Lyon 1, 1^{er} juin 2014.

Conférences grand public

« Voyage à l'Intérieur de la Terre », Bibliothèque polonaise à Paris, 27 novembre 2013.

« Voyage à l'Intérieur de la Terre », Collège de France, CLAS, 29 novembre 2013.

« Imagi(ni)ng the Earth's Interior », Geol. Soc. Northern California, Orinda, 30 janvier 2014.

« Imagi(ni)ng the Earth's Interior », *Cal Day*, U.C. Berkeley, 20 avril 2014.

« Science au féminin : réflexion sur le parcours d'une géophysicienne », *Nuit des Science*, ENS Ulm, 6 juin 2014.

Participation à des conférences internationales

Présentations à l'American Geophysical Union à San Francisco (9-13 décembre 2013) :

Y. Masson et B. Romanowicz, « Towards regional-scale adjoint tomography in the deep earth ».

S. Ventosa, B. Romanowicz, « Regional Core-Mantle-Boundary modeling with PcP-P using high-density seismic networks ».

J. Adam, B. Romanowicz, « Seismic models of the F-layer from a global dataset: observations of scattered energy from the core ».

M. Meschede, B. Romanowicz « A Study of Long-Period Mantle Wave Scattering ».

J. Leiva, P. Clouzet, S. French, H. Yuan et B. Romanowicz, « Isotropic and anisotropic shear velocity model of the North American upper mantle using Earthscope data ».

F. Rickers, B. Romanowicz, « Full-waveform tomography of the Pacific region using the adjoint method ».

B. Romanowicz, S. French, F. Rickers et H. Yuan, « Source stacking for numerical wavefield computations: application to continental and global scale seismic mantle tomography ».

Présentations à l'European Geophysical Union, Vienne (27 avril – 2 mai 2014) :

Y. Masson, Z. Zheng et B. Romanowicz, « Local full-waveform inversion using distant data ».

S. Ventosa et B. Romanowicz, « Regional modeling of lateral heterogeneity near the CMB from central America to the eastern part of the Pacific LLSVP ».

Responsabilités diverses

Membre, Conseil d'établissement, Collège de France.

Membre, advisory committee, COMPRES program.

Présidente, section 16, National Academy of Sciences (États-Unis).

Présidente, jury de thèse de doctorat, Scott French, UC Berkeley, 17 avril 2014.

Présidente, jury de thèse de doctorat, Zhao Zheng, UC Berkeley, 6 mai 2014.

Participation à l'élaboration d'un « white paper » dans le cadre du programme européen EPOS.

Membre, Conseil scientifique du programme GEOSCOPE.

Comité de sélection, Arthur Holmes Medal, European Geophysical Union.

Organisation d'un colloque, le 8 décembre 2013, dans le cadre du programme CIDER (Cooperative Institute on Dynamic Earth Research), pour préparer le programme de l'été 2014 de CIDER sur le sujet : « Dynamics of planetary Interior ». Ce colloque s'est tenu à Berkeley à la suite de la conférence annuelle de l'AGU.

Distinction

Élue à l'Académie des sciences en novembre 2013.