



## **Création d'une chaire de Physique de l'intérieur de la terre Titulaire : Pr Barbara Romanowicz**

Tremblements de terre, tsunamis, éruptions volcaniques : ces dernières années l'ampleur de certaines catastrophes naturelles et leurs conséquences dramatiques, nous ont rappelé la puissance et la vitesse des phénomènes terrestres et par là même la nécessité de la recherche scientifique pour documenter, modéliser et mieux comprendre la dynamique du Globe, afin un jour de pouvoir mieux les anticiper. Ce champ disciplinaire fait l'objet d'une longue tradition de recherche et d'enseignement au Collège de France et il était crucial que l'institution continue de s'en préoccuper.

Pendant des années, la tectonique des plaques a occupé une place centrale en géophysique interne, toutefois depuis 20 ans, l'étude de l'intérieur de la terre a subi une véritable révolution grâce notamment au développement de techniques toujours plus puissantes de tomographie sismique et à la puissance de calculs rendue possible par l'informatique.

Pour développer ce champ de recherche l'Assemblée des professeurs a nommé Barbara Romanowicz, éminente spécialiste de ce domaine, jusque-là installée aux Etats-Unis, titulaire de la chaire Physique de l'intérieur de la terre. Elle donnera sa **leçon inaugurale le 06 octobre 2011**.

### ***Mieux connaître, alerter et peut-être un jour prévoir***

La grande spécialité de Barbara Romanowicz est l'étude de la structure interne de la terre au moyen de la propagation des ondes sismiques. Ses contributions théoriques lui ont permis d'aller bien au-delà des modèles classiques limités au temps de parcours. Les techniques développées avec ses équipes l'ont conduit à mieux documenter la structure profonde de la terre. Elle a aussi joué un rôle pionnier dans la création du premier réseau mondial de sismomètres numériques large bande (Géoscope). On lui doit également la création d'un véritable système d'alerte au tremblement de terre en Californie du Nord.

### ***Développer une nouvelle approche pluridisciplinaire de la recherche en géophysique***

La connaissance de la structure et de la dynamique interne de la terre se situe au carrefour d'un certain nombre de sciences comme la physique, l'astronomie, la géodésie, la géologie et la géochimie. Pour Barbara Romanowicz, « *un des grands défis actuels réside dans la qualité de l'interface entre ces disciplines qui doivent apprendre à mieux communiquer. Il faut développer au niveau européen et mondial des programmes favorisant cette interdisciplinarité ainsi qu'une appréciation plus intime de ce que chacune de ces disciplines peut apporter. L'idée est donc de favoriser les interactions entre géophysiciens spécialistes de différents domaines (sismologie, géodynamique, physique des matériaux, géochimie, géomagnétisme). J'espère pouvoir participer au développement d'une nouvelle façon d'aborder la recherche en géophysique interne, basé sur cette pluridisciplinarité* ».

**Les cours de Barbara Romanowicz auront lieu les lundis à 14h30** à partir du 10 octobre 2011. L'accès est libre et gratuit sans inscription préalable. L'ensemble des cours sera **par ailleurs disponible en vidéo sur le site du Collège de France** ([www.Collège-de-France.fr](http://www.Collège-de-France.fr)).

## Biographie du Pr Barbara Romanowicz

Ancienne élève de l'Ecole Normale Supérieure (Sèvres), section Mathématiques, Barbara Romanowicz a obtenu l'agrégation de Mathématiques en 1973 et un Doctorat d'Etat en Géophysique à l'Institut de Physique du Globe de Paris (1979).

Après un post-doc de 2 ans au MIT (Cambridge, USA), elle rentre en France, et de 1981 à 1990 poursuit sa carrière comme chercheur au CNRS. Pendant cette période, elle est chargée de développer, au sein de l'IPG de Paris, le programme de stations sismologiques globales large-bande "Geoscope".

En 1991, on lui propose de prendre la direction du laboratoire de sismologie de l'Université de Californie à Berkeley (USA), poste qu'elle occupe pendant 20 ans au cours desquels elle contribue en particulier au développement du réseau de surveillance sismique en temps réel de Californie du Nord.

Barbara Romanowicz a également assuré la présidence du département de Sciences de la Terre à Berkeley de 2002 à 2006. Elle est membre de l'Académie des Sciences des USA depuis 2005.

## Recherches actuelles

Les recherches poursuivies actuellement par Barbara Romanowicz et son équipe concernent l'étude de la structure et de la dynamique interne de la terre profonde au moyen d'outils sismologiques : tomographie globale élastique et anélastique; modélisation de la forme d'onde des ondes diffractées sur la limite noyau-manteau et des ondes qui traversent le noyau; étude théorique de la propagation des ondes sismiques en milieu hétérogène et anisotrope et des modes propres de la terre. Ils s'attachent tout particulièrement à l'application de nouvelles méthodes très performantes de calcul numérique du champ des ondes élastiques à la tomographie du manteau terrestre.

## Leçon Inaugurale du Pr Barbara Romanowicz Jeudi 06 octobre 2011

### Synthèse (1/2)

Les images bouleversantes de la catastrophe provoquée par le séisme de magnitude 9 du Japon le 11 Mars dernier et le tsunami qui s'en suivit nous rappellent vivement les forces naturelles considérables qui sont en jeu. Que ce soit le dernier séisme du Japon, ou ceux de Haïti de Janvier 2010, du Chili de Février 2010, ceux de Nouvelle-Zélande de septembre 2010, et Février 2011, ou encore, déjà oublié, le méga-séisme de Sumatra du 26 Décembre 2004 et son tsunami, tous sont la conséquence inévitable des mouvements de l'écorce terrestre associés à la tectonique des plaques.

La tectonique des plaques, couplée avec celle du "rebond élastique", expliquent de manière simple, au premier ordre, l'occurrence et la localisation de la grande majorité des séismes et des éruptions volcaniques. Plus de 40 ans après la révolution que fut l'acceptation de cette théorie, nous ne mettons pas en doute que ces mouvements de la partie rigide, superficielle de la Terre, la lithosphère, sont dus à des courants de matière dans le manteau, courants de convection dont le rôle est de rendre plus efficace le dégagement de la chaleur interne de notre planète. Mais nous ne savons toujours pas de manière précise comment s'organise cette circulation mantellique et de quelle façon elle interagit avec les plaques: la convection est-elle contrôlée entièrement par le haut, c'est-à-dire par la retombée dans le manteau le long des "zones de subduction" des plaques océaniques refroidies, ou bien les courants chauds issus de la base du manteau, jouent-ils un rôle actif dans la propulsion des plaques? Quel est le degré de transfert de masse entre le manteau supérieur (les premiers 700 Kms) et le manteau inférieur, plus volumineux mais bien plus visqueux en raison des pressions très élevées qui y règnent?

Ces questions, en apparence très académiques, en réalité nous concernent tous à travers la question suivante: des 44 TeraWatts de chaleur dégagée à la surface de la terre, quelle proportion correspond à la désintégration des éléments radioactifs que renferme la croûte et le manteau, comparée à celle provenant du refroidissement du noyau au cours des temps géologiques? La quantité de chaleur qui traverse la limite noyau-manteau est en effet un des facteurs déterminants de la vigueur de la dynamo qui engendre le champ magnétique interne de notre planète, qui lui, nous protège des radiations cosmiques. C'est également la quantification des processus de transfert d'énergie entre les plaques et la convection mantellique et des propriétés mécaniques du système lithosphère / manteau qui nous permettront un jour de mieux comprendre la génération des éruptions volcaniques et des tremblements de terre et peut-être un jour de mieux les prévoir.

L'enjeu que cela représente est considérable : l'intérieur de la terre est pratiquement inaccessible à l'observation directe. Les puits les plus profonds atteignent une quinzaine de kilomètres environ, à peine la moitié de l'épaisseur moyenne de la croûte continentale. Force est de recourir à des méthodes d'investigation à distance: mesures satellitaires du champ magnétique et du champ de gravité, imagerie sismique, modélisation théorique et expérimentale de la convection (géodynamique), physique des matériaux et pétrologie qui renseignent sur la composition, la structure cristalline et la rhéologie (propriétés de déformation) des roches à hautes pression et température. Enfin la géochimie, qui, entre autres, à partir de la composition et de la datation des laves volcaniques, quantifie les abondances des différents éléments chimiques, et les compare à celles des météorites ...

## Synthèse (2/2)

Chacune de ces disciplines apporte des informations complémentaires, mais chacune, par elle-même, ne contribue qu'à un aspect du problème. Chacune a fait l'objet de progrès considérables dans les dernières décennies. Les défis actuels en matière de connaissance de la structure et dynamique internes se situent à l'interface de ces disciplines.

Dans cette leçon inaugurale, je décrirai de manière plus précise les progrès en imagerie sismique à l'échelle globale. Bien qu'elle ne suffise pas à elle seule, l'imagerie sismique est incontestablement la méthode la plus performante pour "voir" à l'intérieur de la terre. L'imagerie sismique a pour outil les ondes élastiques émises par les tremblements de terre partout dans le monde et enregistrées par des capteurs d'ondes, ou sismomètres, très sensibles, capables de détecter des déplacements de l'ordre du micron (un millième du millimètre), qui correspondent à des séismes de magnitude 5 ou plus que l'on peut ainsi enregistrer à des distances allant jusqu'aux antipodes. Ces ondes illuminent l'intérieur du globe. En combinant les enregistrements de nombreux séismes dans de nombreuses stations tout autour du globe, on peut réaliser, par des méthodes dites tomographiques, similaires à celles pratiquées en médecine (échographie, IRM...) , des images en trois dimensions de l'intérieur de la terre. Je présenterai les images globales les plus récentes, comment elles nous permettent d'illuminer le devenir des plaques subductées, et décrirai les structures de très grande échelle étonnantes que l'on trouve à la base du manteau, et ce qu'elles impliquent pour la compréhension de la dynamique. Je mentionnerai également la question très débattue de l'existence des "panaches mantelliques", manifestations bien connues dans les fluides chauffés par le bas et que l'on évoque volontiers pour expliquer la présence de volcans situés au milieu, et non en bordure, de plaques tectoniques, tels ceux d'Hawaï, et connus sous le nom de "points chauds". Les efforts actuels pour multiplier les stations sismiques fond de mer, ainsi que le développement de méthodes numériques de calcul du champ des ondes couplé avec les moyens de calcul sur ordinateurs de plus en plus puissants, devraient nous permettre d'apporter bientôt des éléments de réponse fiables.

En plus de la tectonique des plaques, l'une des caractéristiques qui distinguent la terre dans notre système solaire est la présence d'eau : en particulier, le manteau pourrait contenir plusieurs fois le volume en eau de l'océan, dissimulé sous forme de roches hydratées. Une partie de cette eau s'intègre aux roches du manteau dans les zones de subduction, entraînée vers l'intérieur avec les sédiments marins, et modifie les propriétés mécaniques de la matière, qui se déforme plus facilement. Élucider la question du rôle, peut-être fondamental, de l'eau dans la tectonique des plaques est encore une question d'actualité dont la résolution demande la contribution de plusieurs disciplines, et que j'évoquerai pour finir.

**Pr Barbara Romanowicz**

## Première année d'enseignement du Pr Barbara Romanowicz

La première année d'enseignement sera consacrée à l'étude du noyau de la Terre, sous le titre : "Structure, composition et dynamique du noyau terrestre et de la graine"

L'objectif sera de faire le point sur les connaissances actuelles de la structure, la composition et la dynamique du noyau, et tout particulièrement de la graine solide et des contraintes sur celle-ci apportées par la sismologie, ainsi que les méthodes d'investigation employées. La graine représente à peine 1/6 du rayon de la terre, soit moins d'un millième de son volume, mais elle joue un rôle important dans la génération et la stabilisation du champ magnétique interne de la Terre, ce champ qui, grâce à la magnétosphère, nous protège des radiations cosmiques.

Découverte grâce aux observations sismologiques par Inge Lehmann (1936), la graine n'en n'a pas fini de nous étonner et nous intriguer: on sait depuis vingt ans que sa structure est anisotrope (les ondes sismiques la traversent plus rapidement dans la direction de l'axe de rotation de la terre que dans la direction de l'équateur). De vifs débats entourent, entre autres, la cause de cette anisotropie, la question de la rotation, ou non, différentielle, par rapport au manteau de la terre, la façon dont son volume augmente progressivement aux dépens du noyau externe liquide, et son rôle dans les inversions du champ magnétique terrestre.

Cette série de cours comprendra également, le 25 Novembre 2011, un colloque réunissant des spécialistes des différentes disciplines impliquées dans l'étude du noyau : sismologie, physique des matériaux, géochimie, géodynamique et géomagnétisme.

**Les cours de Barbara Romanowicz auront lieu les lundis à 14h30 et seront disponibles sur le site du Collège de France.**