



Réception des Associés étrangers élus en 2005 / 12 décembre 2006

LA DÉFORMATION DE LA TERRE AUX ÉCHELLES DE TEMPS GÉODÉSIQUE ET GÉOLOGIQUE

Kurt LAMBECK

Professeur de géophysique

Université nationale australienne, Canberra (Australie)

Depuis une quarantaine d'années, ma recherche s'est concentrée sur les lentes déformations de la Terre, dans le but de comprendre les forces qui agissent sur notre planète et la réponse de celle-ci à ces forces. Je me suis intéressé à des temps allant de quelques heures à des millions d'années, à l'échelle locale ou globale. Les méthodes utilisées ressortissaient à de nombreuses disciplines des géosciences, de la sismologie à la géologie, en passant par la géodésie. Un domaine de recherches particulièrement fécond a été celui des interactions entre la terre solide et ses enveloppes fluides : océans, atmosphère et cryosphère. Ce travail a été accompli sur trois continents : aux Etats Unis, en ce qui concerne mes premiers travaux sur le champ de pesanteur terrestre ; en France, pour mon travail sur la rotation de la Terre et les déformations de marée, et en Australie pour mon travail sur la tectonique et l'isostasie glaciaire.

Le travail sur la rotation a été, en grande partie, effectué avec Anny Cazenave au CNES ; nous avons pu démontrer qu'un échange de moment cinétique a lieu entre l'atmosphère et la terre solide, à des périodes allant de quelques jours à quelques années. Ceci nous a donné des aperçus, entre autres, sur la propagation altitude-temps de certaines ondes atmosphériques, en particulier l'oscillation quasi-biennale. Cette étude a également permis de montrer que l'atmosphère masquait nombre d'anomalies de la rotation, d'origine géophysique, auxquelles on pouvait s'attendre, et que des mesures soigneuses de la vitesse des vents dans l'atmosphère avaient une importance critique pour la compréhension des variations de la rotation de la Terre. Le calcul du moment cinétique atmosphérique est maintenant de routine.

Une autre étude, effectuée pendant cette période française, et que je crois significative, portait sur l'analyse des perturbation de marée sur les orbites des satellites. Ce travail a été aussi effectué en collaboration avec Anny Cazenave, mais Georges Balmino, du CNES lui aussi, y a joué un rôle majeur. Nous avons pu développer une théorie élégante pour modéliser les perturbations gravitationnelles des orbites des satellites dues aux marées océaniques, qui est maintenant couramment utilisée.

Plus important sur le plan scientifique était le fait que ce que nous tirions des orbites des satellites était directement pertinent pour comprendre le couple exercé sur la Terre par la

Lune, et par là l'évolution à long terme de l'orbite de notre satellite. Nous avons ainsi démontré qu'au moins 95% de la dissipation d'énergie des marées avait lieu dans les océans, rendant les extrapolations de l'orbite lunaire dans le passé aussi bonnes que notre capacité de modéliser les paléomarées.

Passant rapidement à une époque plus récente, mes travaux actuels concernent les interactions entre les calottes glaciaires, les océans et la terre solide, au cours des cycles glaciaires. En fait, cette étude a débuté en France, à l'Institut de physique du globe de Paris, vers le milieu des années 1970, avant mon retour en Australie, mais il a encore fallu une dizaine d'années avant que je m'y remette.

La réponse de la planète à la croissance et à la fonte de grandes calottes glaciaires peut être mesurée au moyen de diverses méthodes de géodésie, plus particulièrement par l'observation spatiale et temporelle des variations du niveau des mers. Initialement, je m'intéressais à mesurer la viscosité de la Terre et nous avons obtenu quelques résultats intéressants sur la variation latérale et en profondeur du manteau terrestre. Mais, en fait, c'est la détermination des contraintes sur les calottes glaciaires, dans le passé, qui a été plus significative. Ceci a impliqué un travail de terrain dans de nombreux endroits du globe, du Groenland à l'Antarctique, l'amélioration de la théorie et la mise au point de méthodes numériques. Nous avons progressé, en particulier en ce qui concerne l'Europe pour laquelle nous avons réussi à développer un modèle général pour les reculs et les avances des glaces, depuis 150 000 ans.

Je remercie l'Académie des sciences pour avoir reconnu mon travail depuis les dernières décennies. Mais, je dois insister sur le fait que ce genre de travail n'est possible que par une collaboration avec collègues et étudiants. Ceux de France ont joué, sur toute cette période, un rôle important et je leur en suis très reconnaissant.

THE DEFORMATIONS OF THE EARTH AT GEODETIC AND GEOLOGICAL TIME SCALES

My research over the past four decades has focused on the slow deformations of the earth in order to understand the forces acting on the planet and to understand the response of the planet to these forces. I have focused on time scales from hours to millions of years and on length scales from local to global. The methods used have covered many of the geoscience disciplines – from seismology to geodesy to geology. A particularly productive area of research has been the interactions occurring between the solid earth and the fluid regions – oceans, atmosphere, and cryosphere. The work has been done on three continents: in the United States for my early work on determining the Earth's gravity field, in France for my work on the earth's rotation and tidal deformations, and in Australia for my work in tectonics and glacial isostasy.

The rotation work was done in a substantial part with Anny Cazenave at CNES and we were able to demonstrate that exchange of angular momentum occurred between the atmosphere and the solid earth at periods from a few days to a few years. This provided insight, for example, into the height-time propagation of certain atmospheric waves, particularly the quasibiennial oscillation, but it also demonstrated that the atmosphere

masked many of the other anticipated rotational anomalies of geophysical origin and that careful atmospheric wind measurements were critical to understanding the variations in the Earth's rotation. The computation of atmospheric angular momentum has now become standard practice.

Another piece of work from this time in France that I believe was significant dealt with satellite orbit analysis for tidal perturbation. This was also carried out in collaboration with Anny Cazenave but Georges Balmino, also of CNES, also played a major role. We were able to develop an elegant theory for modelling the gravitational perturbations in satellite orbits arising from the ocean tides and this has become standard now. But scientifically more important was the recognition that what we inferred from the satellite orbits was directly relevant to understanding the torque exerted on the Earth by the Moon and hence to understanding the long-term evolution of the lunar orbit. Thus we demonstrated that at least 95% of tidal energy dissipation occurred in the oceans, making extrapolations of the lunar orbit into the past only as good as our ability to model palaeotides.

Fast-forwarding to more recent times, my current work is concerned with the interactions that occur between ice sheets, oceans and the solid earth during glacial cycles. This work was actually started in France, at the IGP in the mid 1970's before I returned to Australia, but it was to be another decade before I returned to it.

The response of the planet to the growth and decay of large ice sheets can be measured in a variety of geodetic ways, most notably in the spatial and temporal pattern of sea level change. Initially my interest in this was to measure the earth's viscosity and we have produced some interesting results on the depth and lateral variation in mantle viscosity. But actually of greater significance has been the determination of constraints on past ice sheets. This has involved new field work in many parts of the world from Greenland to Antarctica, and the development of improved laboratory techniques for establishing the chronology for the sea level fluctuation, and the development of improved theory and numerical methods. But this has gradually all come together, particularly over Europe where we have succeeded in developing a comprehensive model for the glacial retreats and advances from about 150,000 years ago to the present.

I thank the Académie des sciences for recognizing my work over the past decades. But I must emphasize that this sort of work is only possible by working with colleagues and students. Those in France have played an important role throughout and for this I remain most appreciative.