

Vibrations propres basse fréquence et déformation de marée. Impact des hétérogénéités locales et contribution à l'étude de la source des grands séismes.

L'enregistrement d'un signal par un instrument contient toujours du bruit en plus du signal étudié. Cette thèse porte sur l'étude à la fois d'une partie du bruit et des signaux eux-mêmes à longue période.

Dans un premier temps, ce travail s'est attaché à étudier plusieurs effets perturbateurs sur les données sismologiques et gravimétriques dans la bande de fréquences des marées terrestres. Comme les sismomètres horizontaux sont sensibles à la fois à l'accélération et à l'inclinaison du sol, à longue période, les composantes horizontales sont souvent plus bruitées que les verticales; ceci est notamment dû aux effets locaux tels que la topographie, la géologie locale et particulièrement les effets de cavité (quand les instruments sont installés dans des tunnels ou des cavités). La plupart de ces effets locaux, et en particulier l'effet de cavité, se traduisent par un couplage entre le champ de déformation et l'inclinaison. Cette première partie de l'étude s'est donc intéressée à l'analyse des composantes horizontales et verticales dans le but de trouver une combinaison minimale des différents observables (inclinaisons, déplacements horizontaux et verticaux, déformations, gravité) nécessaire pour expliquer les enregistrements sismologiques, et à considérer la stabilité des résultats d'une telle analyse à long terme. 4 observables suffisent à reconstruire les perturbations. On obtient ainsi, pour chaque station et chaque instrument, un jeu de 4 coefficients stables dans le temps. Le produit de ces coefficients par les observables correspondants contient un mélange de toutes les perturbations entraînant un couplage entre l'inclinaison et le champ de déformation, il est donc nécessaire pour interpréter ces coefficients de connaître un minimum la géométrie de la cavité et/ou de la topographie. Par contre, ces coefficients peuvent être utilisés de façon systématique pour réduire les effets locaux dans les données.

Plus on considère des fréquences élevées, plus l'effet inertiel domine, et plus la contribution de ces effets locaux diminue. On s'est donc intéressé à l'étude de ces effets sur les modes propres de la Terre. Ces modes propres de la Terre sont, entre autres, excités par les séismes, et clairement observables pour des séismes de magnitude supérieure à 6. Le séisme de Sumatra du 26 décembre 2004 (M_w de 9.1-9.3) est une opportunité exceptionnelle pour étudier ces effets de cavité sur les modes, car les modes les plus graves sont clairement visibles sur les composantes horizontales avec un rapport signal sur bruit très satisfaisant. Cependant, plus on considère des fréquences élevées, et plus l'effet des structures 3D de la Terre devient significatif. Il est donc nécessaire de les prendre en compte dans l'étude des effets de cavité sur les modes.

Enfin, ce travail s'est intéressé à montrer ce que peuvent apporter les modes propres de la Terre les plus graves à l'étude de la source de séismes de très forte magnitude ($M_w > 8$), et en particulier pour le séisme de Sumatra du 24 décembre 2004, exceptionnel de par son extension à la fois spatiale et temporelle. Les modes propres de la Terre les plus graves ont été observés pour la première fois après le séisme du Chili en 1960; et il a été notamment observé l'éclatement de ces modes, lié, entre autres, à la rotation et à l'ellipticité terrestre. Ce sont ces modes propres fortement éclatés qui sont particulièrement intéressants dans cette étude, on parle dans ce cas de multiplets éclatés en singlets. La phase des singlets des multiplets les plus graves (tels que ${}_0S_2$, ${}_0S_3$, ${}_0S_4$, ${}_1S_2$, ${}_0S_0$, ou ${}_1S_0$) permet de contraindre une image globale de la rupture (la longueur, la durée, et par conséquent la vitesse moyenne de rupture), ceci pour des séismes de forte magnitude ($M_w > 8$). Ces phases ont été obtenues avec l'aide de 2 méthodes: un ajustement non linéaire des spectres des données et la méthode de « stripping » (méthode largement utilisée dans l'étude de la structure 3D de la Terre). L'analyse de la phase des modes propres les plus graves a été effectuée plus particulièrement pour le séisme de Sumatra du 26 décembre 2004, important à la fois par son extension spatiale et par la durée de sa rupture. Dans ce cas, on trouve une longueur de rupture de 1250 ± 100 km, une durée de source de 550 ± 50 s et par conséquent une vitesse moyenne de rupture de 2.3 ± 0.3 km/s.