

## Proposition de sujet de thèse pour 2012

<b>Sujet</b>	Modélisation en ondelettes du champ de pesanteur terrestre dans l'espace et dans le temps.
<b>Laboratoire d'accueil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Institut Géographique National / Laboratoire de Recherche en Géodésie LAREG</li> <li>• En collaboration avec l'Observatoire Midi-Pyrénées / Equipe Géodésie Spatiale</li> </ul>
<b>Responsable dans le laboratoire</b>	<p>IGN : Isabelle Panet  Institut Géographique National  Laboratoire de Recherche en Géodésie LAREG  6/8, av. Blaise Pascal, Cité Descartes – Champs/Marne  77455 Marne-la-Vallée Cedex  tél : 01 64 15 32 58 ; fax : 01 64 15 32 53 ;  isabelle.panet@ensg.eu</p> <p>OMP : Guillaume Ramillien  Observatoire MidiPyrénées  Equipe Géodésie Spatiale  14, avenue Edouard Belin  31400 Toulouse  tél : 05 61 33 29 70 ; ramillien@ntp.obsmp.fr</p>
<b>Profil du candidat</b>	Bonnes connaissances en physique, mathématiques appliquées et programmation pour le calcul scientifique. Une formation en géodésie et/ou géophysique est un plus. Le candidat devra faire le lien entre développements théoriques et mise en oeuvre pratique.
<b>Description succincte du sujet.</b>	<p>Dans un contexte marqué par l'essor de la gravimétrie spatiale (missions GRACE, GOCE), la recherche proposée vise à développer une méthode de modélisation du champ de pesanteur en fonction de l'espace et du temps, basée sur des fonctions localisées à la fois dans l'espace et dans le temps (ondelettes, ...). De telles représentations semblent en effet très appropriées pour construire des modèles locaux de variations temporelles du champ à partir des observations des missions GRACE voire GOCE, et optimiser localement le rapport signal-sur-bruit. L'enjeu d'une telle approche est une meilleure estimation de la signature gravimétrique d'évènements faisant intervenir des changements rapides et localisés des masses, comme des inondations et des séismes importants, et une amélioration des références géodésiques.</p> <p>La fiche ci-après présente de manière détaillée le sujet de recherche proposé.</p>

## Contexte

Depuis 2002, la mission de gravimétrie spatiale GRACE mesure les variations temporelles du champ de pesanteur avec une résolution temporelle décadaire à mensuelle, et une résolution spatiale d'environ 400 km. Ces variations sont liées aux redistributions de masse au sein du système Terre, qu'il s'agisse de déformations de la Terre solide ou de transferts associés au cycle de l'eau dans les enveloppes fluides. La mission GRACE a ainsi permis d'établir le bilan de masse des calottes polaires, de suivre les variations saisonnières du contenu en eau des sols et des sous-sols, ou encore les déformations liées aux très grands séismes. Depuis 2009, la mission GOCE mesure le tenseur des dérivées secondes du géopotential, avec une bande passante comprise entre 1500 et 80 km. Si cette mission a été principalement programmée pour la détermination du champ statique, elle mesure néanmoins des gradients sur une durée pouvant permettre d'accéder aux variations temporelles du champ. La plus haute résolution spatiale fournit une information complémentaire à celle de GRACE. La détermination des transferts de masses aux plus hautes résolutions spatiale et temporelle possibles, à partir des différents types d'observations disponibles, est essentielle pour de nombreuses applications, telles que la compréhension des évolutions climatiques, l'étude des déformations de la Terre associées à des phénomènes locaux comme les grands séismes, et pour l'établissement de références géodésiques à un niveau de précision compatible avec les utilisations qui en sont faites. Ceci pose des défis en termes de modélisation du champ de pesanteur et des surcharges.

La modélisation actuelle rencontre deux principales limitations, dans le domaine temporel et dans le domaine spatial. La résolution des modèles de champ issus de GRACE est mensuelle, mais les observations sont sensibles à la variabilité temporelle à très haute fréquence du champ, liée par exemple aux marées, dont la prise en compte imparfaite produit des artefacts d'aliasing dans les modèles de champ. D'autre part, la variabilité spatiale est classiquement modélisée par des fonctions à support global, les harmoniques sphériques. Pour chaque période de temps considérée (de 10 jours à 1 mois pour GRACE, plusieurs années pour GOCE), un modèle moyen en harmoniques sphériques est calculé par un processus d'optimisation global. L'inconvénient en est la propagation sur tout le globe d'erreurs locales, du fait du support global des fonctions choisies, et la difficulté d'introduire des *a priori* locaux dans les inversions, pour réaliser une optimisation locale du rapport signal-sur-bruit et estimer au mieux, localement, les variations du champ et les transferts de masses.

## Sujet

Dans ce contexte, l'objectif de cette thèse est de développer des représentations fonctionnelles du géopotential et de la surcharge en fonction non seulement de l'espace, mais aussi du temps. L'utilisation de fonctions spatialement et temporellement localisées sera étudiée, afin de permettre l'introduction d'information *a priori* locale pour l'estimation du champ et des surcharges. On espère notamment de la modélisation temporelle qu'elle contribue, à terme, à diminuer les effets d'aliasing dans les modèles, menant du même coup à une augmentation de leur résolution spatiale à niveau d'erreur équivalent. Son couplage avec une modélisation spatiale pourra notamment rendre compte du fait que des processus physiques à différentes échelles spatiales produisent des déplacements de masse et une variabilité du champ à des échelles temporelles qui ne sont pas les mêmes, et qui devront être étudiées. Ainsi, on pourra considérer d'étendre les approches multi-échelles développées au LAREG pour la variabilité spatiale à la dimension temporelle. Ceci pourrait permettre d'améliorer la résolution temporelle de certaines composantes du champ et des effets de surcharges.

On validera les méthodes développées par la modélisation 4D des surcharges issues de modèles (notamment hydrologiques), puis par la modélisation de différences de potentiel GRACE le long de l'orbite et de gradients GOCE de niveau 2. On pourra ensuite inclure les observations géométriques de déformation crustale par GNSS dans l'estimation des variations de masse. L'apport des modélisations développées sera analysé en prenant l'exemple d'une ou deux zones test, marquée par un signal hydrologique ou lié à la Terre solide localement fort : transferts de masse et déplacements co- et post-sismiques associés au séisme de Concepcion du 28 février 2010 et au séisme de Tohoku du 11 mars 2011, estimation du signal gravimétrique associé aux variations des réserves en eau.

## Nature du travail et compétences

La recherche proposée comprend à la fois un volet théorique qui relève des mathématiques appliquées, un volet

applicatif dans le domaine des sciences de la Terre, et une part importante d'implémentation, pour laquelle une pratique avancée de la programmation dans le domaine du calcul scientifique est souhaitable.

**Lieu de travail**

Laboratoire de recherche en géodésie de l'IGN, Campus de Marne-la-Vallée. Une partie des travaux pourront être conduits dans les locaux du Pôle Terre-Planète, site Paris-Rive-Gauche de l'Université Paris Diderot. Des séjours collaboratifs réguliers sont prévus à l'Observatoire Midi-Pyrénées (groupe Géodésie Spatiale, Toulouse).