

## Prospective G2 2008

*Ebauche réalisée au cours du colloque 2007 du G2 (Grenoble, 21 – 23 Novembre 2007)*

*Participants actuels à la réflexion* : Richard Biancale (CNES/GRGS), Marie-Noëlle Bouin (IGN/LAREG), Pierre Briole (ENS), Stéphane Calmant (IRD), Cédric Champollion (GM), Jean Chéry (GM), Florent Delefie (OCA), Pierre Exertier (OCA), Michel Gay (GIPSA-Lab), Cécile Lasserre (ENS), Jean-Michel Lemoine (CNES/GRGS), Stavros Melachinos (CNES/LEGOS), Jean-Mathieu Nocquet (GeoAzur), Erwan Pathier (LGIT), Michel Peyret (GM), Jean-Yves Richard (SYRTE, Obs. Paris), Mark Simons (CalTech), Paul Tregoning (ANU), Emmanuel Trouvé (Univ. Savoie), Mathilde Vergnolle (LGIT), Olivier de Viron (IPGP), Andrea Walpersdorf

*Nota* : lors de la réunion de Grenoble, manquent notamment des chercheurs pour faire le lien entre géodésie et glaciologie, océanographie, climatologie (cycle de l'eau)

### Introduction

Le G2 (groupe Géodésie Géophysique) rassemble une communauté de chercheurs intéressés à l'astronomie, la géodésie, la géophysique et désireux d'échanger résultats, idées, projets, ... (>100 « actifs », >350 dans la liste mail). Le groupe se situe au carrefour de disciplines présentes dans chacune des divisions de l'INSU (Terre solide, Océans Atmosphère, Astronomie Astrophysique, Surfaces Continentes).

Le G2 (précédemment AGRET) réunit annuellement depuis 1999 un colloque scientifique (Paris 1999, Strasbourg 2000, Grasse 2001, Toulouse 2002, Paris 2003, Le Mans 2004, Montpellier 2005, La Rochelle 2006, Grenoble 2007) au cours duquel divers thèmes ont fait l'objet de sessions scientifiques et de débats. Il s'agit notamment de :

- Références géodésiques
- Rotation de la Terre et Géophysique
- Gravimétrie terrestre et spatiale
- Orbitographie
- Altimétrie et marégraphie
- Hydrologie terrestre et spatiale
- InSAR et des applications
- Mesure et modélisation des déformations sismiques
- Observatoires, réseaux d'instruments

D'autres thèmes émergent dans le groupe :

- Relaxations, rhéologie, Terre solide non élastique
- Glaciers polaires et tempérés
- Inclinométrie et ses applications

La contribution du G2 à la prospective INSU s'effectue suivant 3 thèmes et un axe commun au carrefour des thèmes. Les thèmes sont :

- (1) Références, orbites, rotation de la Terre
- (2) Géodésie et l'eau dans tous ses états (océans, troposphère, glaces)
- (3) Déformations lentes et rapides de la Terre solide

Chaque groupe thématique aborde les questions suivantes :

- Axes de recherche actuels et à développer
- Valeur ajoutée de l'approche pluridisciplinaire et comment la réaliser
- Réseaux de capteurs nécessaires à ces recherches (et bases de données associées)

Animateurs (au 22/11/07) : Olivier de Viron, Florent Deleflie

## **1.1. Objectifs scientifiques à moyen terme**

### **1.1.1. Méthodologie**

Problème principal : réconcilier les modèles géophysiques (intérieur, extérieur) avec la géodésie globale (dont spatiale)

Objectif : Le système de référence terrestre devrait pouvoir être exprimé comme la réponse d'une terre complexe (4 composantes + interactions) au forçage gravitationnel et thermique : avoir en même temps les causes et les observations.

Rotation de la terre :

- Modélisation globale : qui intègre en une fois tout ce qui va jouer : astronomie, géophysique interne, géophysique externe (pour le moment, assez loin)
- Nutation : avoir une modélisation (et éventuellement inversion) directement au niveau des mesures VLBI (*i.e.* en supprimant les intermédiaires)
- Modélisation de la rotation consistante avec, en même temps :
  - o marées terrestres
  - o mouvement du pôle et longueur du jour
  - o nutations
- Modélisation du noyau : mettre ensemble observations du champ magnétique et de la rotation de la Terre

Orbitographie :

- Représentation du champ qui garde un sens physique pour les très courtes longueurs d'onde spatiales (complémenter les harmoniques sphériques par des bases locales)
- Estimer l'effet des (voire isoler les) perturbations orbitales engendrées par des structures et des mouvements de la Terre interne : convection manteau, mouvement dans le noyau
- Poursuivre la modélisation des effets agissant sur les satellites géodésiques passifs
- Inverser, en même temps, le système terrestre et le champ de gravité, les transferts de masse modifiant à la fois le géopotential et la position (en particulier l'altitude) des stations
- Prendre en considération les modèles géophysiques de transfert de masse, à différentes échelles de temps
- Déterminer depuis l'espace certains paramètres des modèles d'évolution de la géophysique (en particulier transferts de masse à grandes échelles)
- Evaluer l'impact des nouveaux systèmes de radionavigation par satellite (Galileo, Compass) sur les produits géodésiques

Analyse numérique :

- optimisation des méthodes d'inversion
- optimisation des méthodes de contraintes

Systèmes de référence :

- Publication du système terrestre sous forme de séries temporelles

- Optimisation des techniques de combinaison
- Préparer la production de systèmes de référence dynamiques par la mise en place d'un grand service d'observation de :
  - o La rotation de la Terre et le géocentre
  - o La déformation de la croûte : tectonique, effets de charge, marées
  - o Les variations du niveau des mers
- Extension des systèmes de référence sous l'océan, par l'étude des déformations sous-marines (réseau de capteurs adaptés)
- Evaluer l'impact des nouveaux systèmes de radionavigation par satellite (Galileo, Compass)
- Le problème des hautes fréquences, en particulier aux fréquences diurnes

### 1. Côté technologique

Mêmes objectifs que sur la Terre, avec un réseau GNSS adapté aux autres environnements planétaires.

### **1.2. Importance de la multidisciplinarité pour atteindre les objectifs**

- Lieu d'échanges incontournable entre astronomes et géophysiciens, les INPUT des uns étant les OUTPUT des autres et inversement
- G2 c chnette, c meme trop bien :) :)

(Liens importants avec le groupe 2 : « Transfert de masse »).

### **1.3. Réseaux de capteurs nécessaires et à développer**

- Capteurs de fonds (pas seulement de fonds océaniques)

## Groupe 2 : La Géodésie et l'eau dans tous ses états (océans, troposphère, glaces)

Animateurs (au 22/11/07) : Stéphane Calmant, Marie-Noëlle Bouin

### 2.1. Objectifs scientifiques à moyen terme

- La géodésie est indissociable du cycle de l'eau. La communauté scientifique doit se structurer en tenant compte de cela.
- Importance de la troposphère pour les campagnes de mesure et modélisation à échelle fine.
- Lien entre l'eau et les observations que l'on peut faire en InSAR
- Besoin de connaissance très précises du relief (glacio : réservoirs d'eau)
- Hydrosphère encore ressenti comme un facteur bloquant pour la géodésie.

On est dans une phase transitoire où on comprend qu'on va utiliser la géodésie pour l'hydrologie. Il y a un manque de modèles fiables. La campagne COPS montre à quel point on avance lorsque l'on décide d'organiser une campagne mettant vraiment ensemble géodésiens et météorologues. AMMA et GYRAF, à une autre échelle, illustrent le besoin de dialogue entre géodésiens, météorologues et hydrologues. HYMEX rassemble géodésiens météorologues et océanographes autour de thématique arrivée des fronts humides en méditerranée (+ couplage océan atmosphère).

Les liens doivent être augmentés (par exemple avec société hydrologique de France). Il faut des personnes actives pour animer ces liens.

Au niveau institutionnel il faut des liens plus forts entre les organismes qui sont partie prenante (INSU, IGN, Météo France, CNES, etc ...).

### 2.2. Importance de la multidisciplinarité pour atteindre les objectifs

Il faut un point de rencontre pour les données, un lieu où un géodésien peut par exemple trouver des modèles météo sans avoir à faire une requête individuelle, et où réciproquement un météorologue puisse trouver librement des données (GPS par exemple).

### 2.3. Réseaux de capteurs nécessaires et à développer

- Recommandation : compléter par différents types de capteurs les observatoires déjà existants plutôt que de créer de nouveaux sites avec un seul capteur.
- Souhait de priorité sur un poste CNAP ou IR associé à la vaille scientifique pour technique, et chargé de regrouper les infos
- Futures missions InSAR : manque le bifréquence. Il faudrait faire des études de phase 0 pour un InSAR bifréquence, un interféromètre topographique

## Groupe 3 : Déformations crustales

Animateurs (au 22/11/07) : Cécile Lasserre, Jean-Mathieu Nocquet

### 3.1. Objectifs scientifiques à moyen terme

- (1) Mouvements verticaux : les limites actuelles des solutions géodésiques à grande échelle sont liées à :
  - a. Problème de mesure (troposphère), problèmes instrumentaux (antennes, ...)
  - b. Le signal mesuré contient des contributions à diverses fréquences, la séparation de ces composantes demande un effort pluridisciplinaire (tectonique, charges verticales sur la lithosphère, redistribution des masses). Nota : point (a) et point (b) sont reliés.
  - c. Il y a un problème de référentiel (par exemple le passage de l'ITRF2000 à l'ITRF2005 qui s'est fait avec un changement du mode de pondération des observations, notamment SLR, aboutit à des vitesses verticales très différentes entre ces deux réalisations de l'ITRF.
  
- (2) L'InSAR est une méthode d'observation de la Terre d'une richesse inouïe, nous ne sommes qu'au début de l'utilisation de ce type de données. Les limites actuelles sont l'accès aux données et la compréhension du signal mesuré.
  
- (3) Il faut :
  - a. Avoir un accès beaucoup plus facile aux données. Ceci peut se faire en mettant en place un portail national (ou européen ?) de type WINSAR (c'est en effet WINSAR qui a permis un important essor de la recherche dans ce domaine aux USA) :
    - i. Poids et visibilité plus important auprès de l'ESA et des agences nationales
      1. Poids en termes de programmation
      2. Délais raccourcis d'accès aux données d'archives
      3. Evite la redondance de la fourniture des données brutes
      4. Archivage commun et structuré de façon unique
  - b. Continuer de développer des outils et méthodes de traitement de ce type de données (PS, ...), exploitation d'images multi-incidence. Combinaison avec les données InSAR de données de divers types (météo, GPS).
  - c. En InSAR on devrait prendre en compte explicitement dans les programmes de production d'interférogrammes, les contributions pouvant être modélisées explicitement (troposphère, effets de surcharges, ...)
  - d. Réfléchir et proposer des nouveautés pour les systèmes interférométriques radar du futur (systèmes bi-fréquence, co-location de capteurs à bord des satellites, ...).
  
- (4) Pérennité des observations. Les agences de recherche scientifique doivent réaliser la nécessité de maintenance des équipements et expériences scientifiques (en France et à l'étranger) sur des périodes de temps longs (>10 ans, donc bien supérieur à la durée de financement de projets ordinaires). Ceci est crucial pour la compréhension de l'évolution de la planète et la compréhension des phénomènes rares (exemple : transitoires sur les failles).
  
- (5) ACQUISITION CONTINUE ET TRANSMISSION TEMPS REEL DE DONNEES.

- a. Tendre vers des réseaux de capteurs fournissant des données en continu et en temps réel. La gestion de l'acquisition s'en trouve considérablement simplifiée à toutes les étapes.
- b. Disposer au niveau du CNRS de solutions techniques coordonnées, fiables et durables pour la communication des données de capteurs vers les bases de données (télémétrie globale).
- c. Motifs :
  - i. Le temps réel facilite le développement technique pour le traitement des données
  - ii. Il permet une amélioration de la logistique des expériences
  - iii. Il donne une bien meilleure visibilité de l'activité auprès de la société (+ impact possible sur la vie sociale, notamment dans le domaine de la prévention des risques)

(6) Il faut deux types de moyens de calcul

- a. Des équipements collectifs et pérennes pour les traitements routiniers de données
- b. Des équipements puissants (mis en place auprès de laboratoires spécifiques) permettant de rejouer rapidement de grands jeux de données afin de permettre les développements pour le traitement des données et la modélisation.

Il faut continuer d'améliorer la connaissance du relief de la Terre

### **3.2. Importance de la multidisciplinarité pour atteindre les objectifs**

### **3.3. Réseaux de capteurs nécessaires et à développer**

## **Thématiques transverses aux groupes**

- Il faut continuer d'améliorer la connaissance du relief de la Terre
- Bilans de masse du système Terre mal connus
- La compréhension de la dynamique de l'eau (sous toutes ses formes) est cruciale pour les trois groupes de travail
- Manque de données dans les océans (surface et fond)