

L'instrumentation en gravimétrie

Bilan et prospective

Bilan :

Parc de gravimètres relatifs

L'instrument absolu national FG-5

Les acquisitions en cours d'absolus (FG-5 et A-10)

Les développements en cours

Prospective :

Les besoins instrumentaux à quatre ans

Les besoins humains

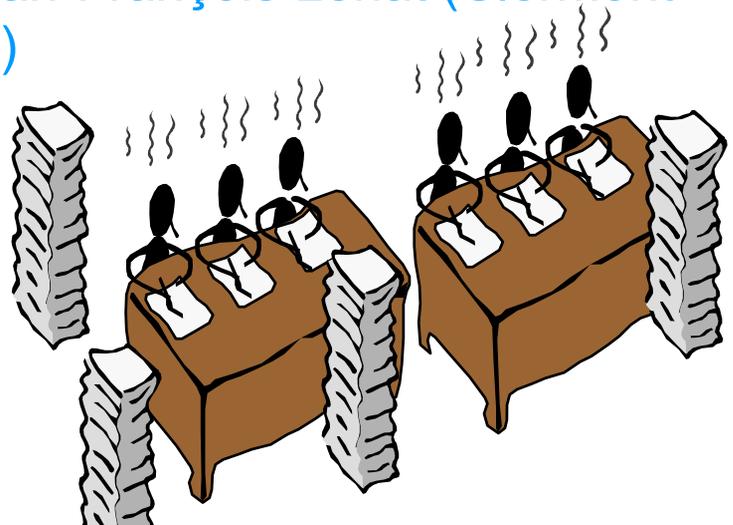


Réflexions de la communauté suite à diverses réunions et échanges ces dernières années (cadre du CNIG par exemple) et plus particulièrement en préparation à cette réunion de la CSST

Réunion le 6 février dernier à laquelle ont assistés : Roger Bayer (Montpellier), Michel Diamant (IPGP), Michel Sarrailh (BGI), Françoise Duquenne (IGN), Henri Duquenne (IGN), Jérôme Ammann (IPGP), Valérie Ballu (IPGP), Marcia Maia (Brest), Jean-Paul Boy (EOST), Nicolas Florsch (Paris 6), José Cali (IGN), Guillaume Martelet (BRGM), Jérôme Verdun (ENSG).

Excusés : Martine Amalvict (EOST), Sylvain Bonvalot (IRD), Yan Chen (Orléans), Marie-Françoise Lalancette (SHOM), Olivier Jamet (LAREG), Jacques Hinderer (EOST), Jean-François Lénat (Clermont-Ferrand), Pascale Ultré-Guérard (CNES)

Le compte rendu est disponible.



Les objectifs scientifiques

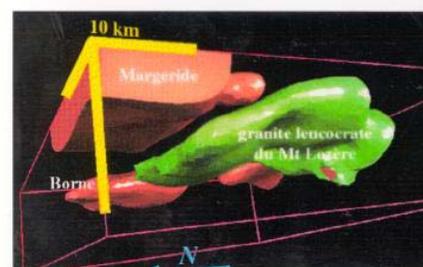
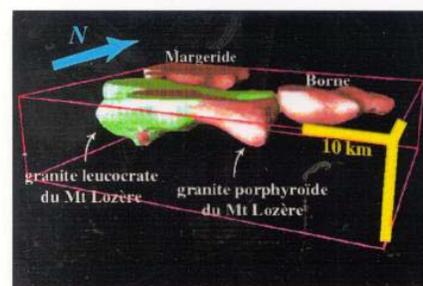
Le champ statique :

La structure interne à différentes échelles spatiales (inversion gravi et inversions conjointes)

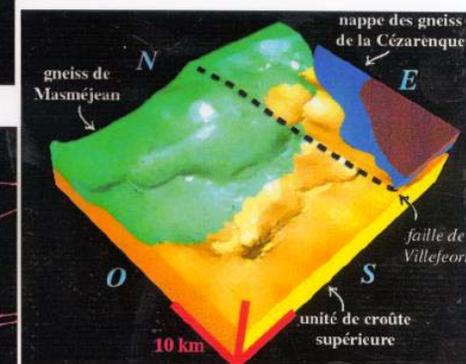
La connaissance du géoïde

Moyens :

Levés (y compris de gradiométrie) terrestres, aériens, marins, fond de mer, en forage, Satellites.



Le modèle 3-D du granite du M^t Lozère-Borne



Les objectifs scientifiques

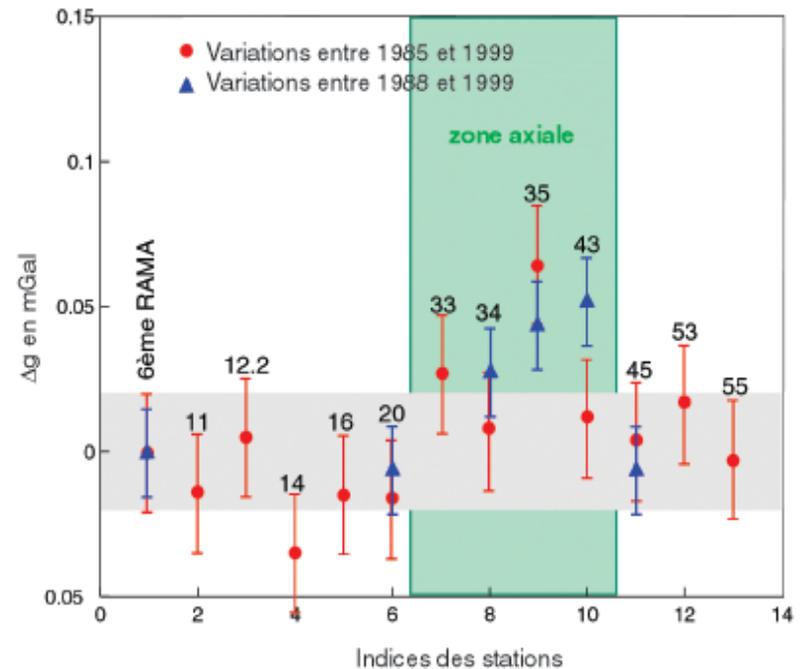
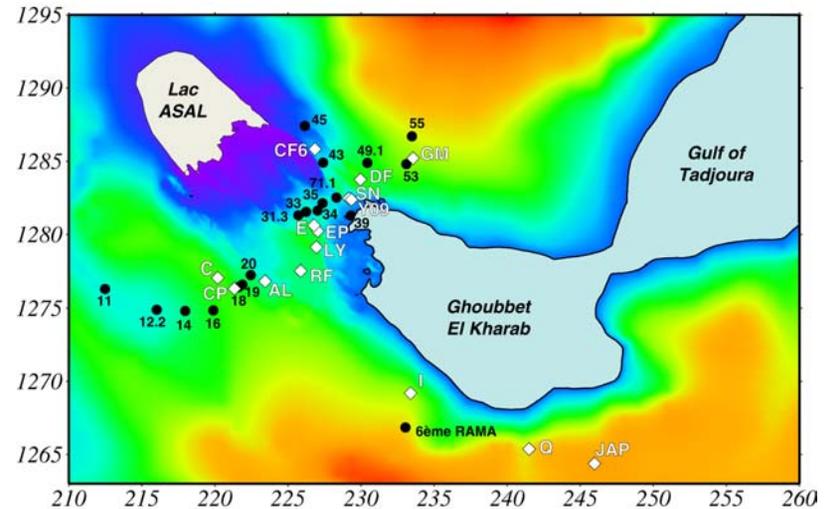
Les variations temporelles :
Marées terrestres, surcharges océaniques.

Etudes des transferts dans
les enveloppes fluides superficielles.

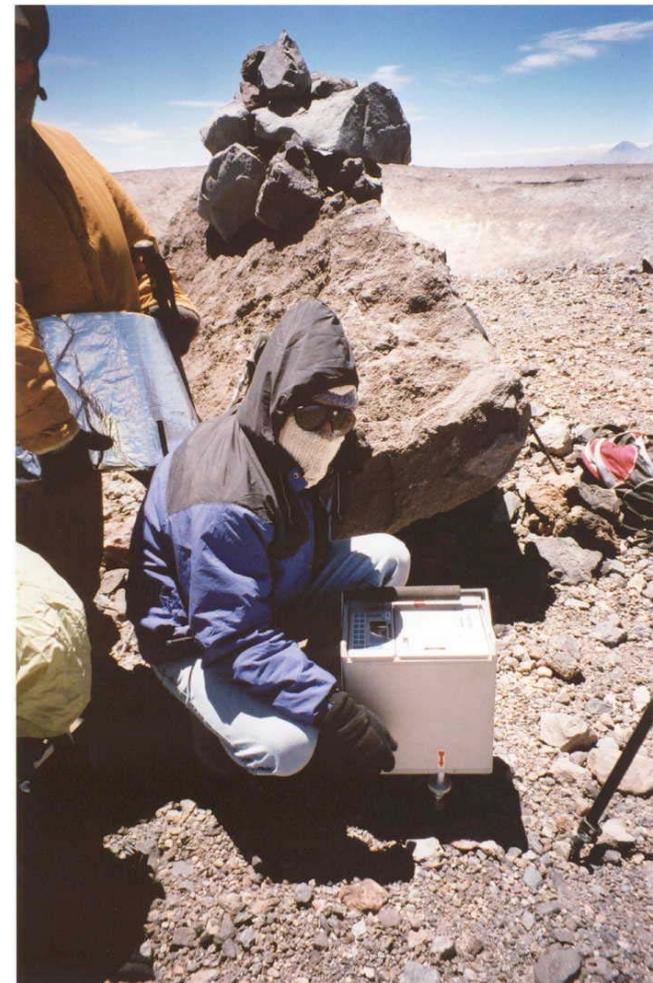
Variations/déplacements de masse
ou changements de densité dans
les zones volcaniques et actives.

Moyens :

*Réseaux de répétitions,
Enregistrements continus
(co-localisation avec instruments
géodésiques)*



Le parc d'instruments relatifs portables



Le parc comporte 3 instruments type CG-3M basés à St Maur et gérés et maintenus par le labo de gravimétrie et géodynamique de l'IPGP : 2 acquis sur crédits INSU- les instruments numéros 323 et 424, 1 IPGP – le 193 ; auquel il faut rajouter un instrument associé au FG5 national basé à Strasbourg – le 379. Un dernier instrument est basé à StMaur (le 408), il s'agit d'un instrument faisant partie du parc de matériel pédagogique en géophysique acquis d'occasion avec des crédits du ministère. Cet instrument sert à des manips en dehors des périodes d'enseignement.

D'autres instruments du même type en dehors du parc (2 à l'IRD, 1 La Rochelle, ...)

Les données sont archivées au BGI ([Bureau Gravimétrique International](#)). Les données acquises sur le territoire national doivent être transmises au BRGM (code minier).

Le parc d'instruments relatifs portables

Besoins : 1 - un instrument supplémentaire pour satisfaire au besoin des utilisateurs : notamment campagnes systématiques avec au moins deux instruments pour les variations temporelles, stations en continu, levé haute-résolution.



2 -Évolution vers les nouveaux capteurs plus précis et plus portables (CG-3M vers CG5)

Bilan d'activités 1997-2003



Gravimètre Absolu FG5#206
IPGS / EOST

Objectifs scientifiques

- Étude des variations temporelles de la pesanteur en un lieu donné
- Réseaux de bases gravimétriques
- Établissement de lignes d'étalonnage pour gravimètres de terrain
- Étalonnage des gravimètres cryogéniques du réseau GGP
- IPEV
 - Crozet, Kerguelen, Amsterdam
 - La Réunion
- Tahiti
- Intercomparaisons de gravimètres absolus : BIPM, Walferdange
- Strasbourg - J9
- Traverse Vosges – Fossé Rhénan - Forêt Noire
- Répétition des points de mesure de Sakuma : BIPM, Marseille, Nancy, Orléans, Toulouse

Statistiques

- **Total des chutes annuelles**

- 180 731 chutes en 1997
- 258 224 chutes en 1998
- 378 223 chutes en 1999
- 150 727 chutes en 2000
- 171 289 chutes en 2001
- 189 330 chutes en 2002
- **132 500 chutes en 2003**
- soit au total **1 461 024** chutes

- **Total des chutes entre maintenances**

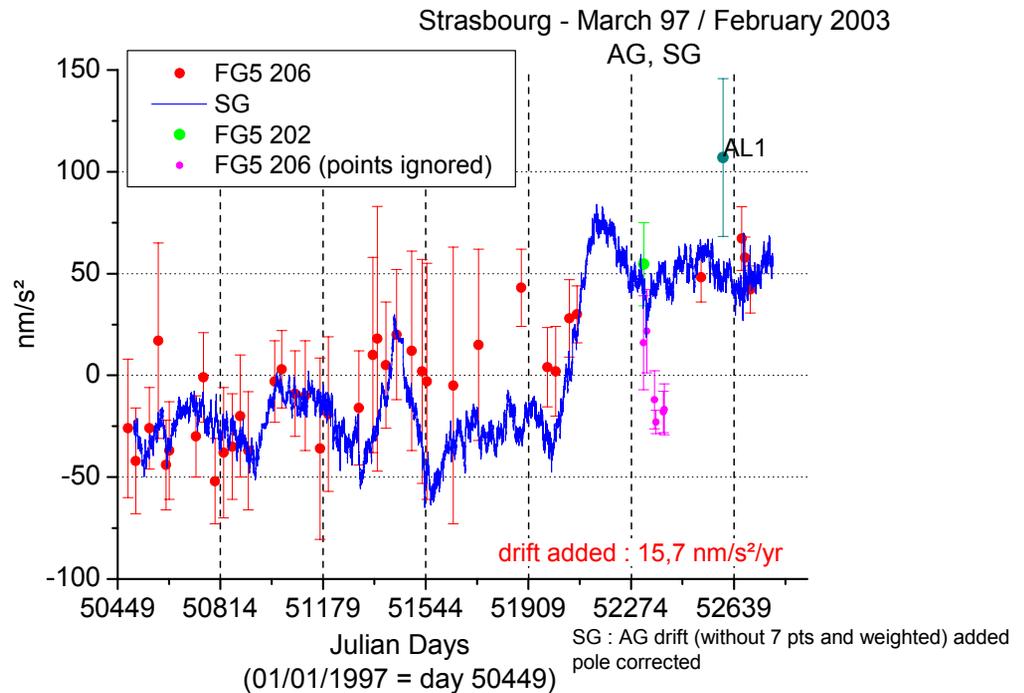
- mars 97 - nov 98 : **412 930**
- nov 98 - mai 00 : **467 062**
- mai 00 - janv 02 : **234 103**
- janv 02 - juil 2003 : **276 030**

- **Dates des maintenances**

- novembre 1998
- mai 2000
- janvier 2002
- septembre 2003

Strasbourg - J9

- Superposition avec les enregistrements du gravimètre cryogénique
- ~40 mesures absolues
- Tendance positive confirmée
+ 1.6 $\mu\text{Gal}/\text{an}$





Projets 2004

- J9 - Welschbruch
 - Brest – SHOM : janvier (point 2003) + point 2004
 - Toulouse : point Sakuma février?
 - Cerga : mars?
 - Cotentin : Cherbourg?
 - Spitzberg : juin-juillet?
 - Cotentin : Brest?
 - Iran : octobre
-
- Pas de mission IPEV en 2004

La gravimétrie absolue

Un FG5 en cours d'acquisition à Montpellier (financements de l'INSU, Université de la Rochelle, ISTEEM, région Languedoc Roussillon).

Arrivée prévue : automne 2004

Besoin : un gravimètre relatif pour l'accompagner

Un A10 en cours d'acquisition en commun par l'IGN, l'IRD et l'IPGP

Arrivée prévue : automne 2004



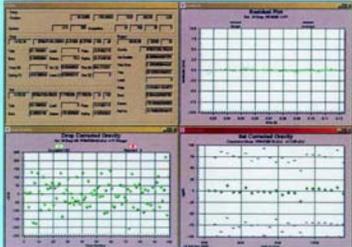
Micro-g A10 Absolute Gravimeter

Fast Absolute Gravity Surveys

- Calibrated Gravimeter
- No Looping Required
- No Drift or Tares



Typical 12-Hr Data Set



Features

- Mobile Outdoor Operation
- Absolute Accuracy (10 μ Gal)
- Repeatability (3 μ Gal)
- Quick Measurement



Micro-g Solutions
515 Briggs Street
Eric, CO 80516

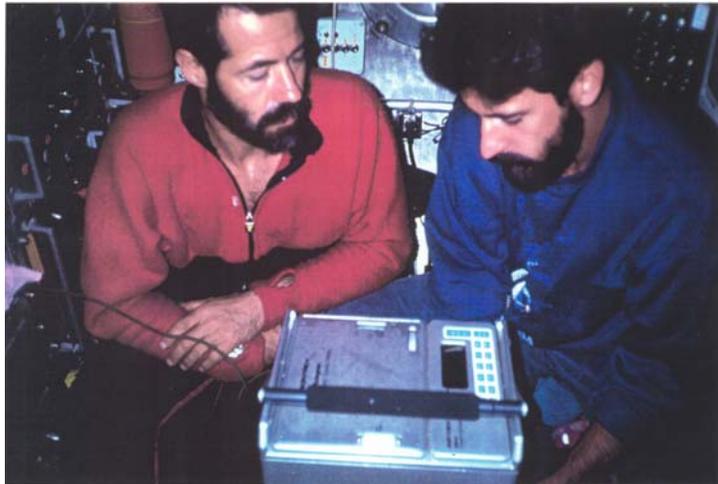
Tel: 303-828-3499
Fax: 303-828-3288
www.microgsolutions.com

Le marin : un besoin en fond de mer

Objectifs scientifiques :

- Structure fine de la croûte (par exemple sur les dorsales)
- Variations temporelles en fond de mer (mouvements verticaux, mouvements de masses)

Nécessité de mesurer le champ de pesanteur au plus près des sources et de réoccuper des points de réseaux de répétition.



Mesure avec un Scintrex dans le Nautille en 1993
Campagne GRAVINAUTE sur la dorsale Atlantique

La technique « traditionnelle » de mesure dans un submersible n'est pas optimale :

Besoin d'un instrument manipulable par le bras d'un robot et repositionnable (cf ROVDOG de la Scripps).

Levés en continu près du fond.

Mesures absolues.

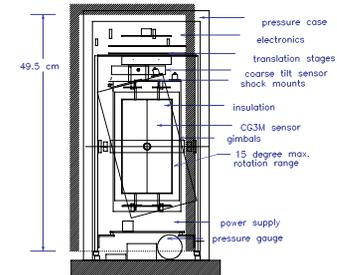
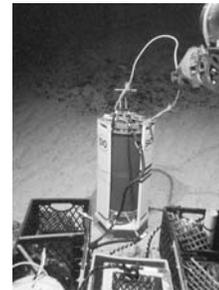
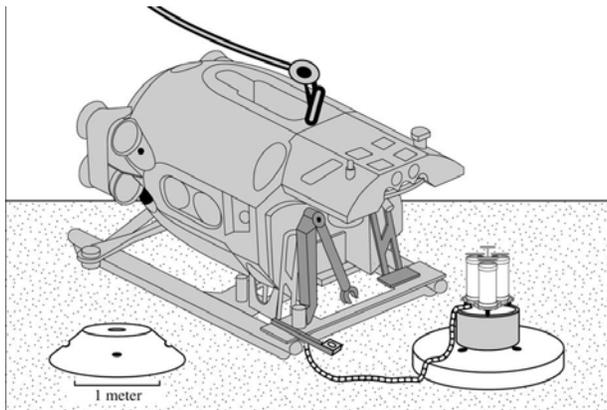
À terme des enregistrements continus ?

Le marin : besoin en fond de mer



Besoin d'un instrument manipulable par le bras d'un robot et repositionnable (cf ROVDOG de la Scripps).

➔ Proposition de « **mariniser** » le capteur d'un CG3 du parc à l'instar de ce que la SCRIPPS a réalisé. Le CG3 marinisé étant alors **remplacé** dans le parc par un instrument de terrain type CG5.



Gravimètre sous-marin du S.I.O. (0.019 mGal)

Levés en continu près du fond.

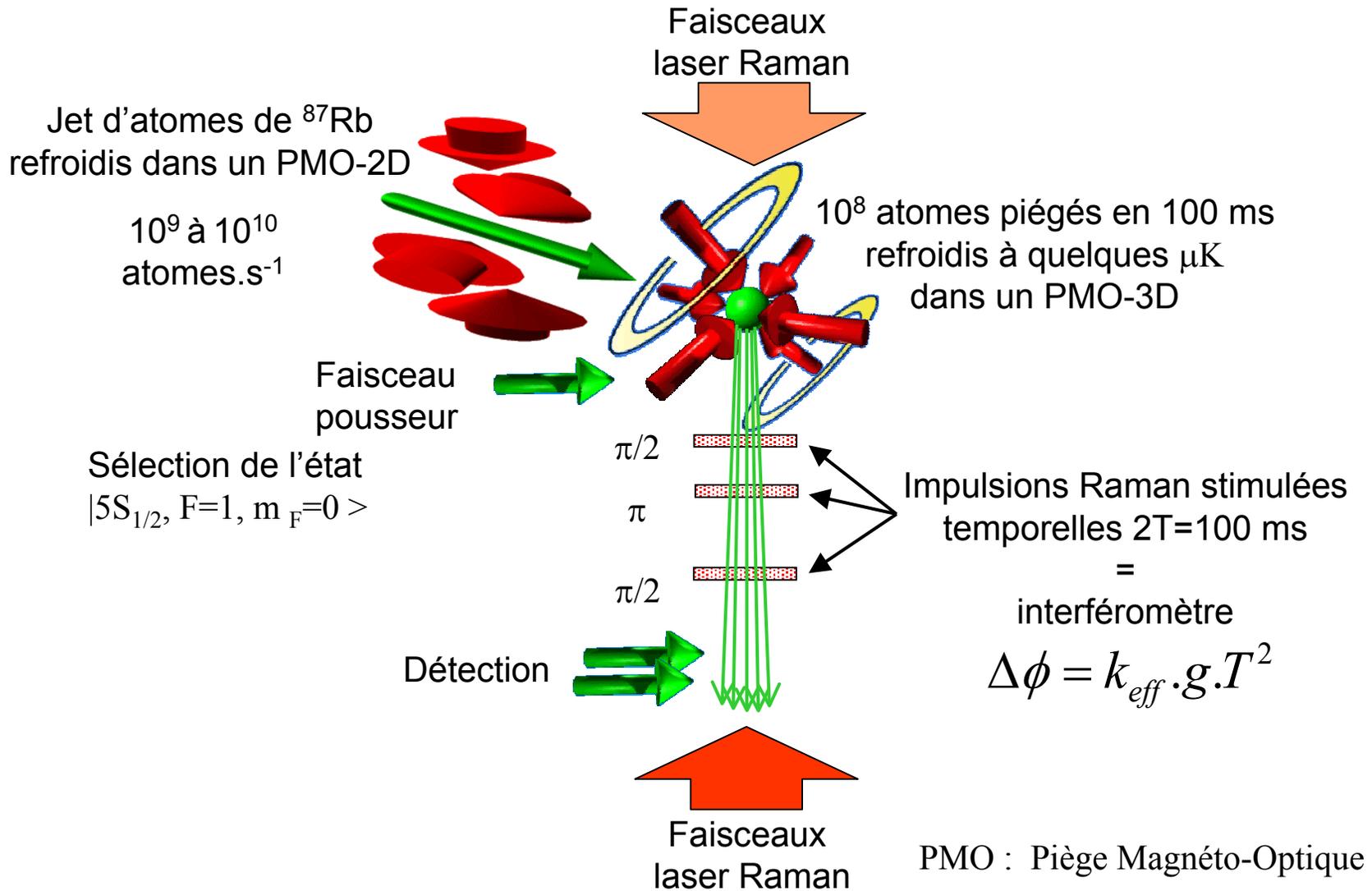
➔ Voir les développements effectués pour les drones.

Mesures absolues.

➔ Voir les développements effectués avec les instruments à atomes froids + A10.

À terme des enregistrements continus ?

Une perspective d'avenir : les gravimètres à atomes froids en développement au BNM et à l'ONERA



La gravimétrie mobile

Les manips aéroportées récentes



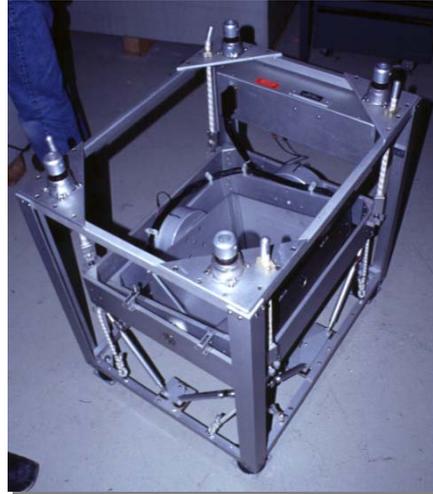
Les drones : des développements prometteurs

Capteurs d'accélération

La plate-forme



Le berceau



Le gravimètre



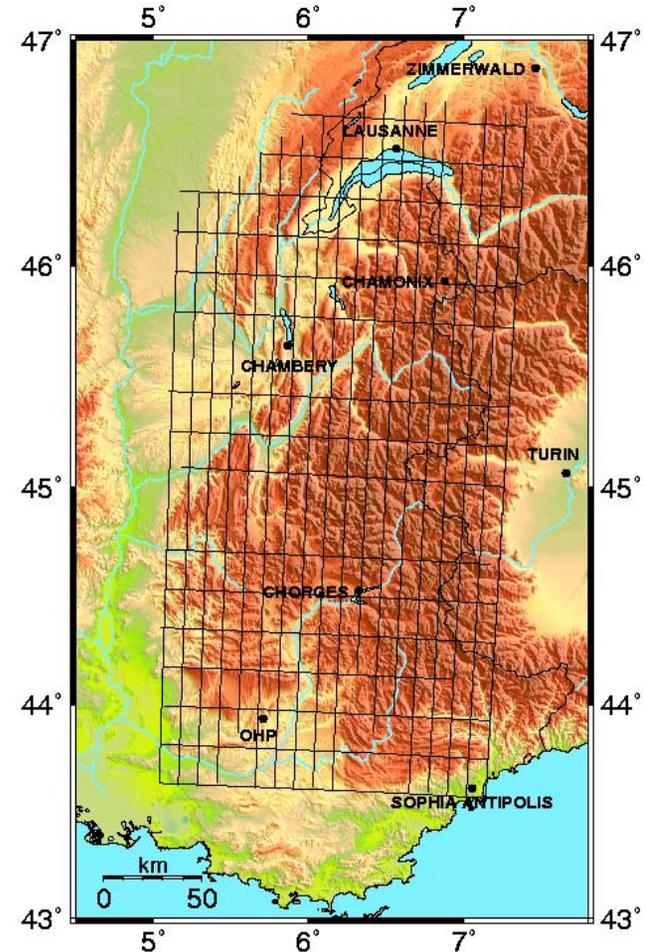
Les capteurs
de la plate-forme



Systeme gravimétrique aérien/marin
(« LaCoste & Romberg »)

Levé « Alpes 1998 »

- L'avion : De Havilland Twin Otter
- Altitude : 5100 m
- Espacement des profils : NS = 10 km
EO = 20 km
- Vitesse : entre 280 & 300 km/h
- Distance totale volée : 10 000 km
- Surface couverte : 50 000 km²
- Échantillonnage : 80 m en moyenne, entre chaque mesure gravimétrie/position



Précision des levés réalisés

Analyse des différences aux croisements

Levé	Altitude moyenne (m)	Vitesse moyenne (km/h)	Filtrage	Résolution (km)	Nombre de croisements	Ecart quad. moy. des différences (mGal)	Précision estimée (mGal)
Alpes 1998	5100	300	Exponentiel	8,4	133	7,7	5,5
Corse 2001	300	310	Buttw 200s	8,6	25	3,7	2,6

Améliorations ? ←

- modèles d'erreur pour l'égalisation des profils
- traitement « globalisé » mesures, anomalies, continuation vers le bas
(thèse BGI en cours)

Intérêts de l'approche « drones »

- Coût

- Accès facile

} Grande redondance possible

- Vitesses de vol plus faibles pour une même altitude *Meilleure résolution*

- Adaptation de l'instrumentation plus aisée, souplesse dans l'utilisation

- Instruments non perturbés par l'activité des opérateurs

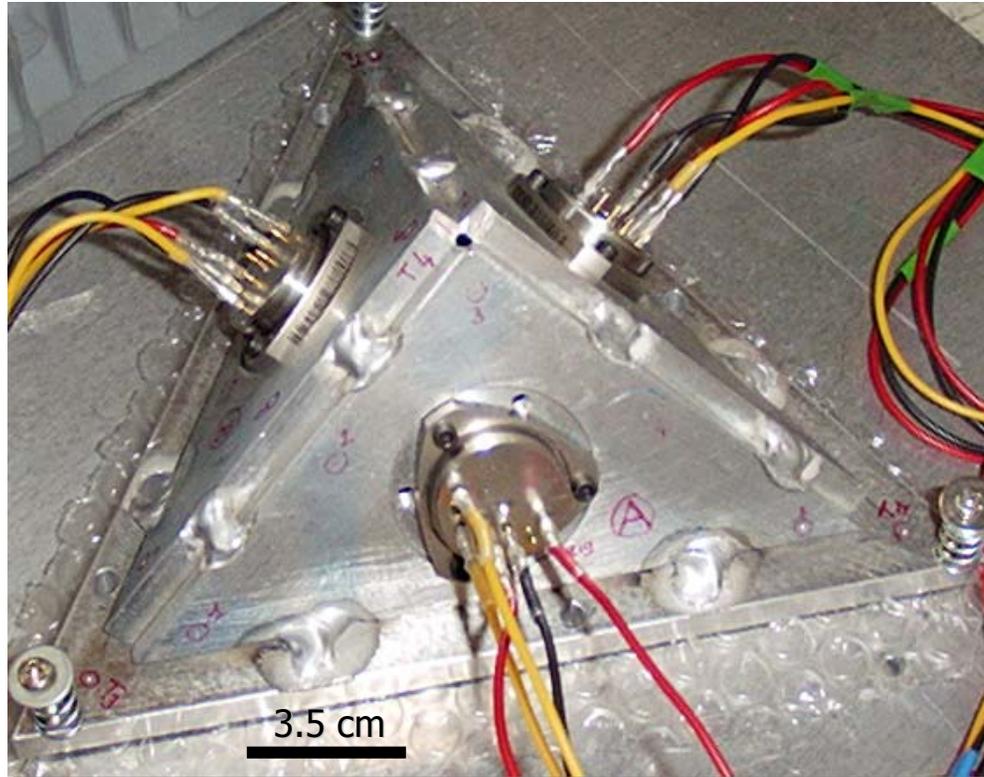
Limitation des sources d'erreurs aléatoires

- Mesures directes des longueurs d'onde « intermédiaires » grâce aux drones « haute altitude »

intégration possible des mesures terrestres, « basse altitude » et spatiales

Capteurs d'accélération

Systeme « ESGT »

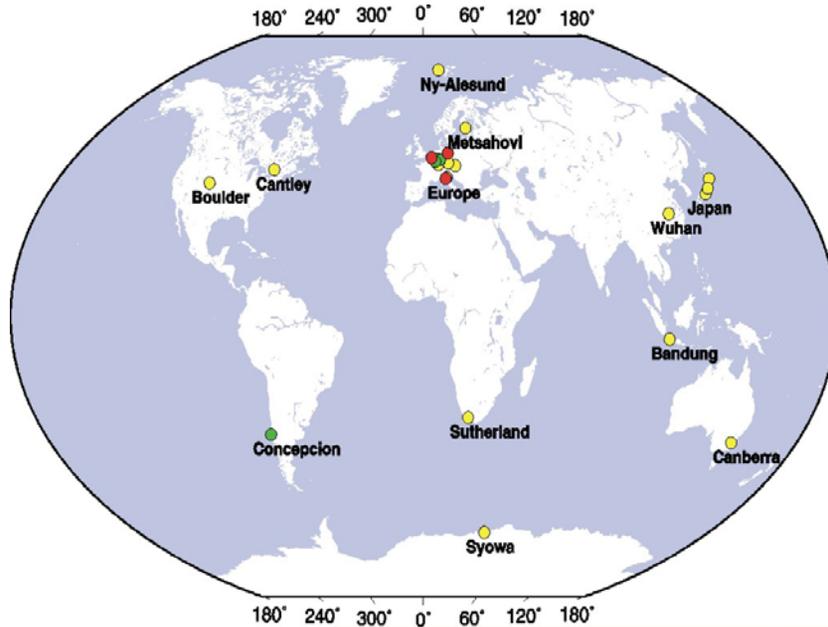


Triade d'accéléromètres

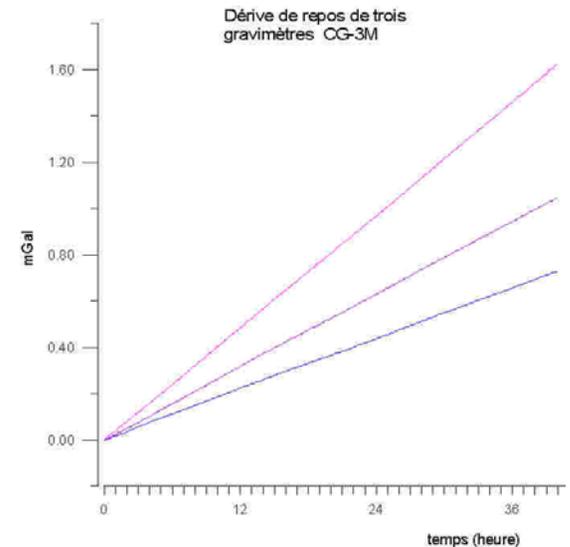
« Allied Signal » QA 3100-020

Résultats escomptés : (1 à 10 mGal)

Les enregistrements continus

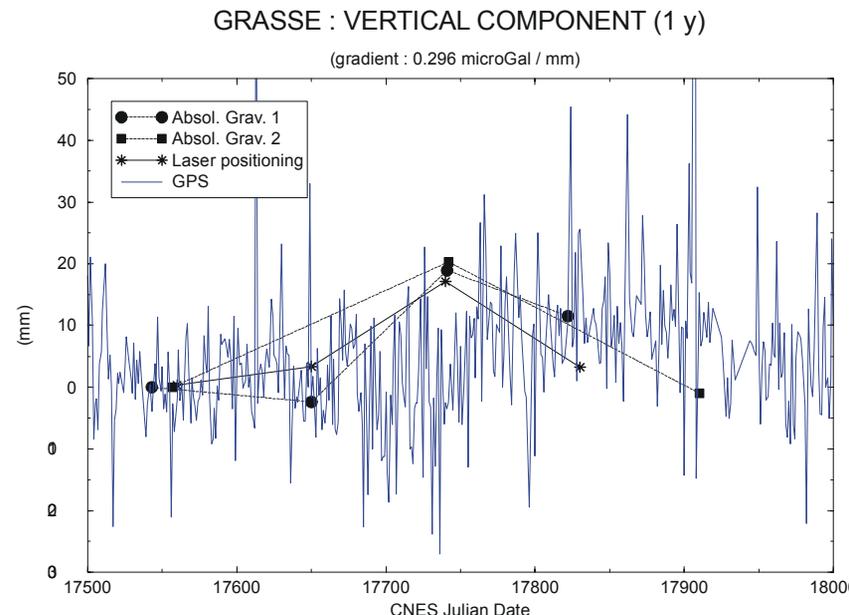
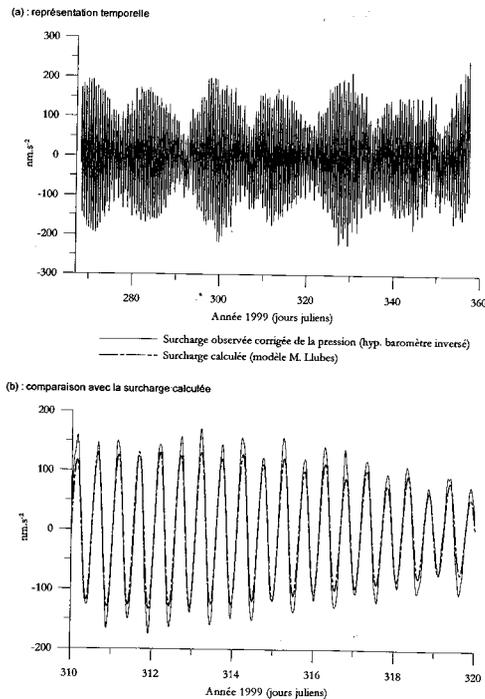


Des besoins pour des mesures semi-permanentes « entre » GGP et les stations utilisant des gravimètres à ressort



Objectifs :

- Etudes des variations de masses et de densité liées à d'éventuelles variations d'altitudes (co-localisation avec des stations géodésiques)
- Corrélation et validation GRACE, CHAMP, GOCE
- Marées, surcharges océaniques
- suivi des enveloppes fluides (aquifères...)
- Suivi des volcans
- Tectonique et cycle sismique

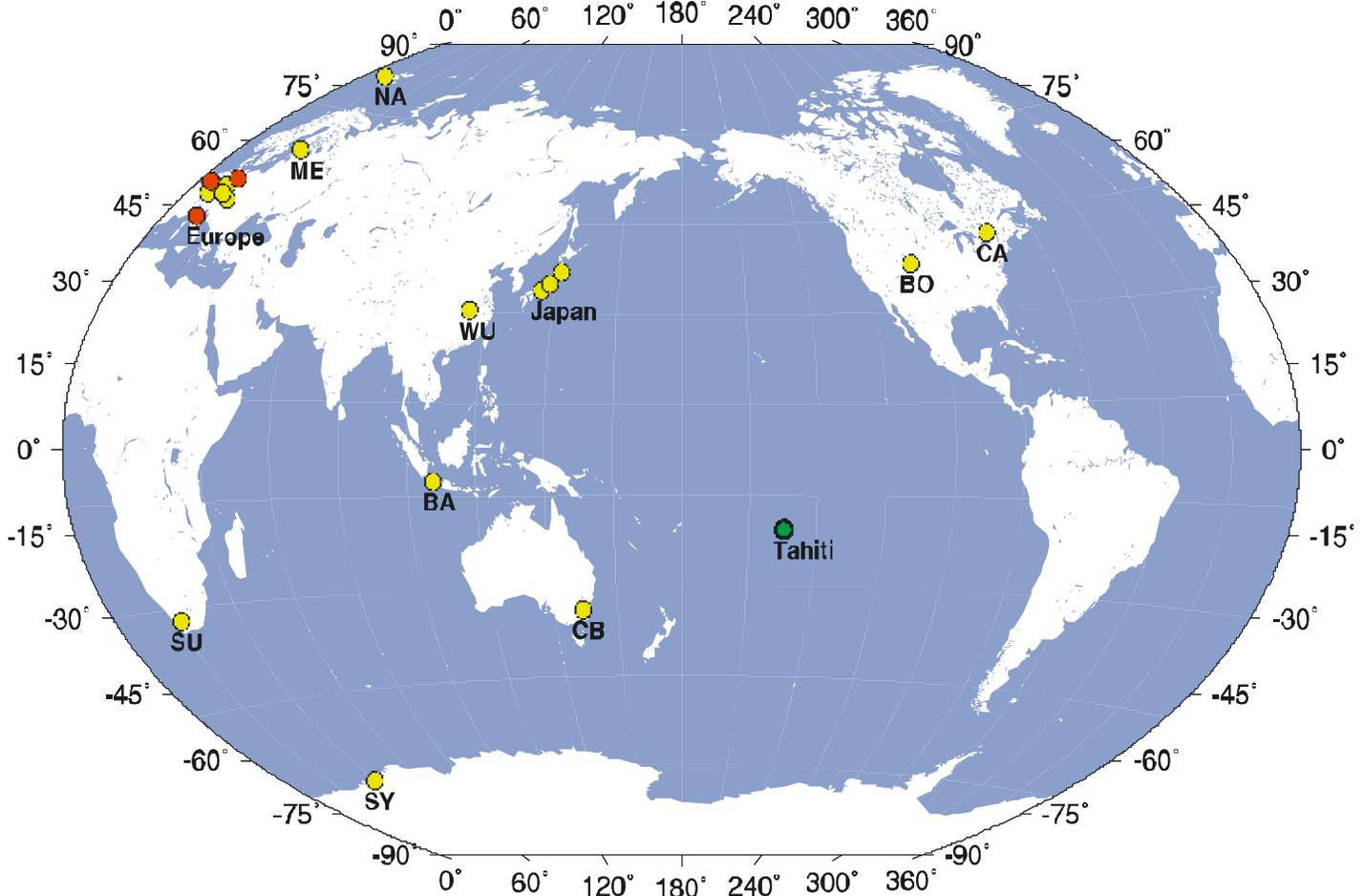


Superconducting Gravimetry for remote field sites!

Nous estimons les besoins à deux instruments de ce type dans les années à venir.



Où installer un nouveau gravimètre cryogénique dans le cadre des observatoires?



Conclusion :

Synthèse des besoins exprimés en équipement pour la mesure de la pesanteur terrestre dans les années à venir (en dehors de l'aspect « observatoire »)

Ceux-ci sont de deux types, d'une part des acquisitions d'instruments « sur étagères » et d'autre part des développements instrumentaux.



- Un gravimètre relatif Scintrex CG5 pour augmenter le nombre d'instruments du parc (± 55 k€)
- Un deuxième CG5 pour remplacer un CG3 du parc que l'on mariniserait (± 55 k€).
- Financement de la marinisation du CG3 (± 50 k€)
- Un gravimètre relatif pour accompagner le FG5 basé à Montpellier (idem Strasbourg) (± 55 k€)
- Deux gravimètres supra-conducteurs nouvelle génération (transportables) pour des manip semi-permanentes ($\pm 2 \times 170$ k€)
- Un soutien au développement de systèmes d'acquisition de mesures en continu sur des AUV/drones (± 50 k€)
- Un soutien à une collaboration avec le Bureau National de la Métrologie et avec l'ONERA qui développent actuellement des nouveaux instruments à atomes froids (± 15 k€)

Soit un total sur 4 ans de l'ordre de 620 k€ hors maintenance de l'existant (Coûts estimés en mars 2004)

Des moyens humains (cf. postes d'IT) et des budgets de fonctionnement sont également à prévoir !