

## ► Sans dessus dessous

### Sources

#### **Co-seismic and post-seismic signatures of the Sumatra December 2004 and March 2005 earthquakes in Grace satellite gravity.**

Isabelle Panet, Valentin Mikhailov, Michel Diament, Fred Pollitz, Geoffrey King, Olivier de Viron, Matthias Holschneider, Richard Biancale, Jean-Michel Lemoine  
*Geophysical Journal International*, vol. 171, issue n° 1, pp. 177-190, october 2007

#### **Can tectonic processes be recovered from new gravity satellite data ?**

Valentin Mikhailov, Sergei Tikhotsky, Michel Diament, Isabelle Panet, Valérie Ballu  
*Earth and Planetary Science, Letters*, vol. 228, pp 281-297, november 2004.

### Notes

#### **Grace :**

La mission Grace, lancée en mars 2002, comporte deux satellites distants de 220 km, sur une orbite basse à environ 500 km d'altitude. La distance inter-satellite est mesurée avec une très grande précision, et les satellites sont localisés en utilisant des systèmes GPS.

L'effet de la gravité n'est pas la même sur les deux satellites, à cause des hétérogénéités de la répartition des masses terrestres (incluant les enveloppes fluides). Ceci provoque de fines variations de la distance entre les satellites. A partir de cette mesure, une image du champ de gravité terrestre peut donc être reconstitué. Tous les 15 jours environ, les satellites repassent au-dessus du même point, ce

Les satellites de la mission [Grace](#) (Gravity Recovery and Climate Experiment) mesurent les variations temporelles du [champ de gravité terrestre](#) depuis mars 2002 avec une résolution spatiale de l'ordre de 400 kilomètres. Ces variations reflètent la redistribution globale des masses, au sein du système Terre, depuis le noyau jusqu'aux enveloppes fluides (hydrosphère, atmosphère).

Les transferts de masse associés au cycle de l'eau entre ces différents réservoirs naturels : atmosphère, systèmes hydrologiques continentaux, océans et glaces des calottes polaires se traduisent par d'importantes variations saisonnières de la gravité. Ces changements exprimés en variation de la hauteur du [géoid](#) peuvent atteindre quelques millimètres par an. Des processus concernent aussi les enveloppes solides. Par exemple les ajustements isostatiques consécutifs à la fonte des glaces provoquent des variations du champ de gravité de quelques dizaines de millimètres par an.

Dans une bien moindre mesure, des déformations liées à l'activité sismique peuvent produire des variations du champ de gravité. Cependant, la contribution des tremblements de terre à ces variations sont difficiles à isoler. Pour répondre à cette question les auteurs ont analysé les données de Grace recueillies entre août 2002 et septembre 2005. Ils ont identifié, pour la première fois, la signature gravimétrique des séismes du 26 décembre 2004 et du 28 mars 2005.

Le 26 décembre 2004 se produit l'un des séismes les plus dévastateurs jamais observés, dans la région de Sumatra-Andaman, là où la plaque Indo-Australienne plonge sous la plaque Eurasienne. C'est dans ces zones de subduction, où une plaque océanique s'enfonce sous une autre plaque, que se produisent les séismes les plus nombreux et les plus violents. Remarquable par sa magnitude et son extension géographique, le séisme de 2004 est l'aboutissement d'un mécanisme complexe : à la rupture rapide initiale succède un glissement lent et important en direction du Nord, difficilement observable par la sismologie et mis en évidence grâce à des observations fines de déplacement du sol par les stations GPS installées sur les côtes et les îles de la région.

Les mesures de déformation de la surface terrestre par les techniques de la géodésie spatiale (GPS, [INSAR](#)) sont en effet devenues un complément incontournable à l'utilisation des sismographes pour l'étude des séismes. Cependant, à Sumatra, comme souvent dans les zones de subduction, la rupture est localisée en domaine marin. Les mesures géodésiques et géophysiques se faisant à terre, éloignées des zones les plus déformées lors d'un tel évènement, elles n'en fournissent qu'une vision partielle.

## ► Cinq lieues sous la mer d'Andaman

### Notes

#### Grace (suite) :

qui autorise un suivi dans le temps. Les variations du champ de gravité induites par les grands séismes sont très faibles par rapport à la valeur du champ statique : de l'ordre de 100 milliardième de g.

#### Champ de gravité terrestre :

La répartition hétérogène de la matière à l'intérieur de la Terre induit des effets gravitationnels multiples qui définissent son champ de gravité. En effet, chaque particule de matière de l'intérieur du globe produit une accélération gravitationnelle proportionnelle à sa densité et à sa position. Les fluctuations du champ de gravité s'expriment en millimètres de variation de hauteur du géoïde.

#### Géoïde :

Le géoïde est une surface équipotentielle du champ de gravité, utilisée pour matérialiser les variations géographiques de la gravité terrestre.

#### Séismes de Sumatra :

La magnitude du séisme de Sumatra du 26 décembre 2004 à 00 h 58 min 53 s UTC a été évaluée à 9,3 sur l'échelle ouverte de Richter. Son origine a été localisée à 3,3° N, 96° E, soit à 160 kilomètres à l'ouest de Sumatra, à une profondeur de 30 kilomètres, soit l'équivalent de 5 lieues marines.

Le séisme du 28 mars 2005 a eu lieu à 16 h 08 UTC au large de la côte occidentale de Sumatra. Ce séisme sous-marin avait une magnitude de 8,7.

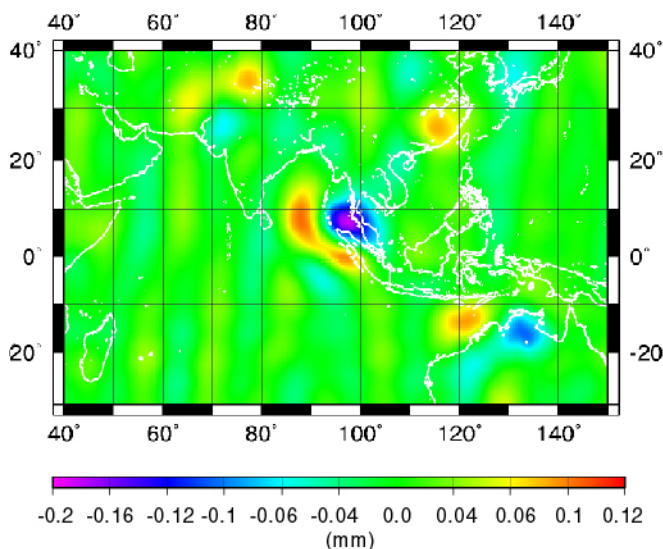


Fig 1 : Variation du champ de gravité exprimé en millimètres de géoïde associée au séisme de Sumatra de 2004. Une diminution nette (en bleu) de la gravité entre Sumatra et la Thaïlande, en mer d'Andaman peut être observée. Ce signal a été moyenné sur 9 mois. Il intègre donc l'effet de la déformation visqueuse du sous-sol de janvier à septembre 2005 en plus de la variation de gravité qui a eu lieu pendant le séisme lui-même. L'extraction du signal sismique utilise une méthode mathématique complexe appelée «analyse en ondelettes continues».

La signature gravimétrique du [séisme de 2004](#) souligne la complexité de cet évènement. Une diminution très forte de la gravité liée à la rupture est observée en mer d'Andaman pendant le séisme (Fig. 1), ce qui n'était pas prédit par les modèles classiques. Elle s'explique en partie par les variations de volume en profondeur. Ce phénomène n'avait jamais été mesuré jusqu'à présent. L'histoire sismique de cette région pendant l'ère Quaternaire a bouleversé l'organisation des couches géologiques de la croûte et du manteau. L'hétérogénéité qui s'est créée au fil du temps explique un affaissement additionnel d'une vingtaine de centimètres du plancher océanique. Celui-ci ne pouvait pas être observé par les stations de mesure géodésique GPS placées à terre.

Les données de Grace n'ont pas seulement apporté des informations inédites sur les processus liés à la rupture mais aussi sur la réponse, sur la durée, de la Terre au séisme. Dans les mois qui ont suivi, une augmentation progressive et significative de la gravité a été mise en évidence (Fig. 2). Ce rebond reflète la déformation visqueuse terrestre suite au séisme. C'est la première fois qu'elle est observée aussi clairement. Une nouvelle voie d'étude des grands séismes est donc en train de s'ouvrir. Après les séismes de Sumatra de 2004 et 2005, d'autres grands séismes font l'objet d'investigations par plusieurs équipes dans le monde.

## ► Tsunami 2004 et 2005 : derniers rebondissements

### Contact chercheur

**Michel Diamant**  
Institut de Physique du Globe  
Paris  
[diamant@ipgp.jussieu.fr](mailto:diamant@ipgp.jussieu.fr)

### + sur le web

[IPGP](#)

[Séisme de Sumatra](#)

[LAREG](#)

[US Geological Survey](#)

[Université de Potsdam](#)

[Géodésie spatiale, Terre solide et Enveloppes fluides](#)

[Mission Grace](#)

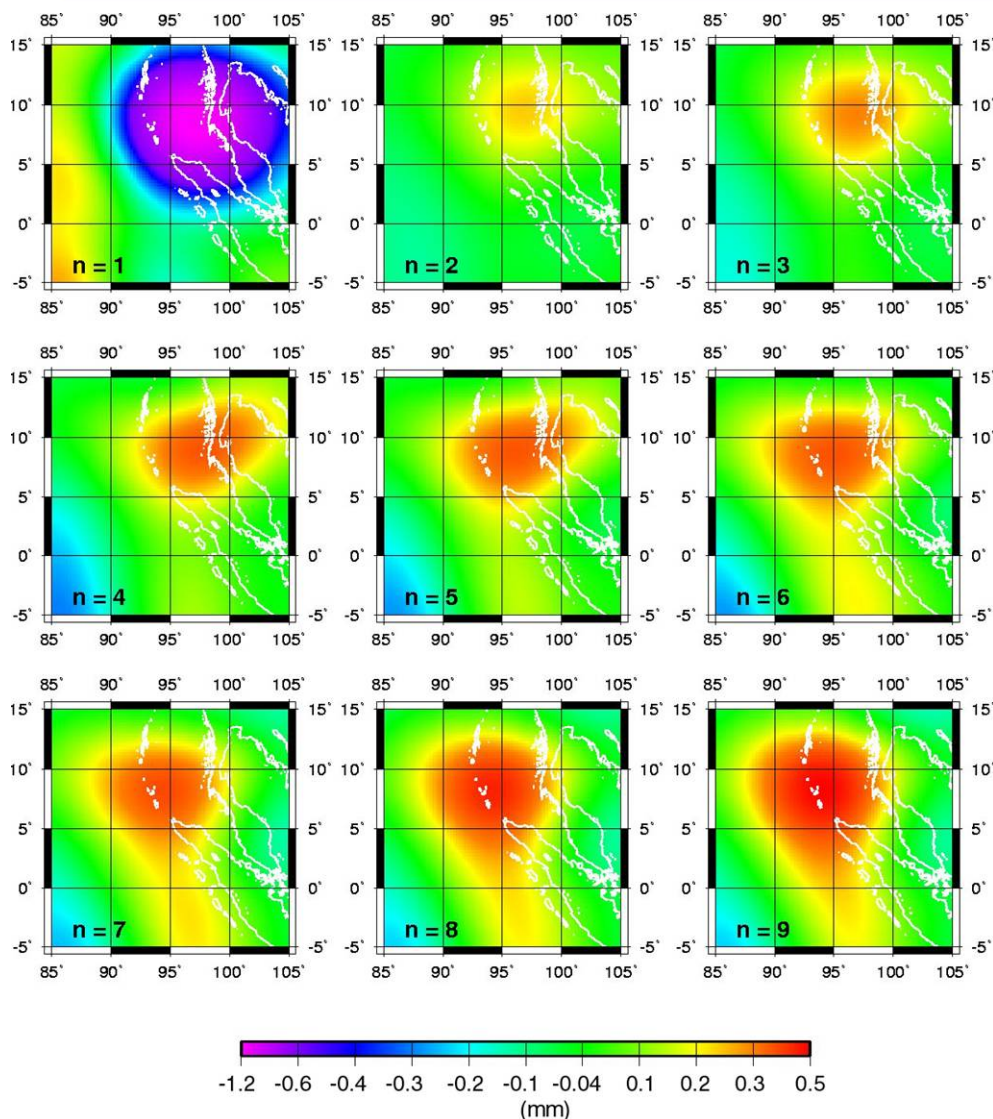


Fig 2 : Evolution du champ de gravité exprimé en millimètres de géoïde dans la zone de Sumatra pendant l'année 2005. Le numéro porté sur chaque graphique correspond au numéro du mois (janvier à septembre). Le graphique 1 représente la variation de gravité pendant le séisme. Les graphiques suivants représentent le rebond post-sismique : une augmentation progressive de la gravité se produit dans les mois ayant suivi la rupture dans la région affectée par le séisme.

### + sur le CNES

[CNES](#)

[Missions scientifiques du CNES](#)

© CNES 2007

Reproduction possible à des fins non commerciales, sous réserve d'autorisation de notre part.

Conformément à la loi 78-17 "Informatique et Libertés" (art. 34 et art.36), vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et de suppression des données vous concernant, en ligne sur ce bulletin.

E-Space&Science vous informe des résultats des expériences scientifiques soutenues par le CNES

Directeur de la publication : **Yannick d'Escatha** ■ Directeur de la rédaction : **Pierre Tréfouret** ■ Rédacteur en chef : **Michel Viso** ■ Secrétaire de rédaction : **Martine Degrave** ■ Diffusion du magazine : **INIST diffusion** ■

### Abonnement

Envoyez un mail sans objet ni contenu à :  
Version française : [www.cnes.fr/essfr](http://www.cnes.fr/essfr)  
Version anglaise : [www.cnes.fr/essen](http://www.cnes.fr/essen)

### Désabonnement

Envoyez un mail sans objet ni contenu à :  
Version française : [www.cnes.fr/essfr](http://www.cnes.fr/essfr)  
Version anglaise : [www.cnes.fr/essen](http://www.cnes.fr/essen)