

Évaluation de l'exactitude de l'intégrale de Stokes dans la méthode de Retrait-Restauration

Zahra Ismail, Olivier Jamet, Zuheir Altamimi

IGN LAREG, Univ Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, 5 rue Thomas Mann,
75205 Paris Cedex 13, France

zahra.ismail@ign.fr

(Journées de la Recherche 2015)

le 20 mars 2015



Plan de la présentation :

- ① Introduction
- ② Paramètres et Méthodologie :
 - ① Le pas de la grille d'intégration
 - ② Le rayon d'intégrationTests sur des données synthétiques
- ③ Conclusion et Perspectives

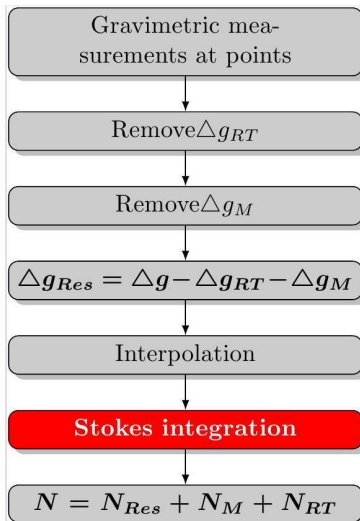
Introduction

- Géoïde est la surface équipotentielle du champ de pesanteur qui correspond au niveau moyen des mers.
- Utilisation en géodésie, géophysique, océanographie,...
- GPS :convertir les hauteurs GPS en altitudes.
- Précision d'1 cm.

Introduction

- Une des méthodes les plus utilisées dans le calcul d'un quasi-géoïde **Retrait-Restauration**)
(**R-C-R**) [Moritz.1980, Forsberg.1993].
- **Principe** : Integration of Δg_{Res} .
Interpolation.
- Impact des paramètres d'intégration ?

Introduction/Remove-Restore technique :



$$N = \frac{R}{4\pi\gamma} \iint_{\sigma} S(\Psi) \Delta g_{Res} d\sigma$$

$$N \simeq K_{ij} \Delta g_{Res} \cdot S(\psi(i_0 + i\Delta\lambda, j_0 + j\Delta\phi)) \cdot d\sigma$$

GRAVSOFT [Tscherning.2003]

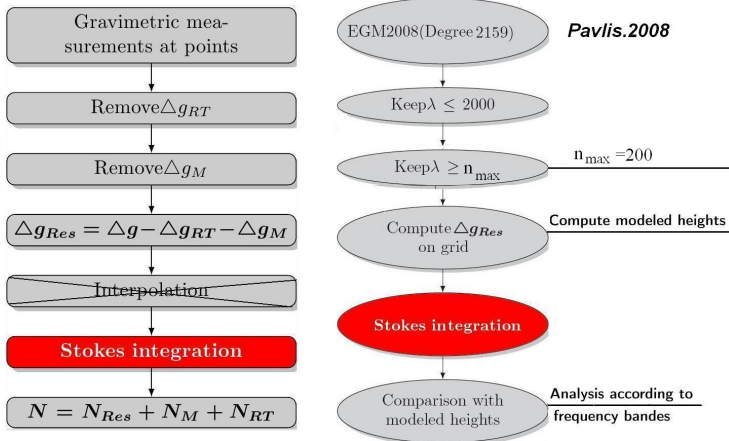
Paramètres :

- ① Le pas de grille d'intégration
- ② Le rayon d'intégration

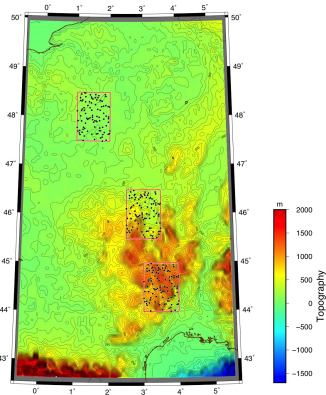
Décomposition en bandes spectrales

Sur la sphère : les bandes spectrales sont représentées par des degré d'harmonique sphérique

Méthodologie :

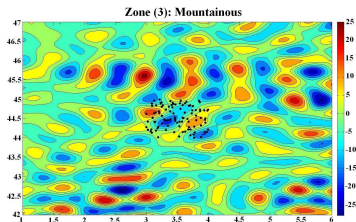
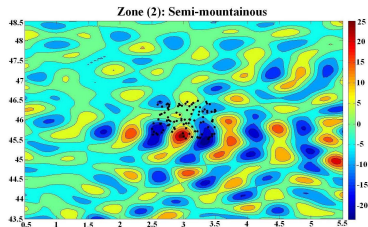
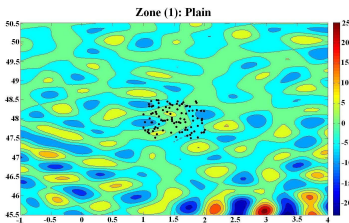


Test Zones :



	Zone(1)	Zone(2)	Zone(3)
Lat(°)	47.50-48.49	45.51-46.49	44.00-44.98
Long(°)	1.00-1.99	2.50-3.49	3.00-3.99
Hmin(m)	84.00	247.00	142.50
Hmax(m)	242.00	1379.70	1394.40
Hmean(m)	131.96	523.70	958.54
Std(m)	24.47	240.43	245.39

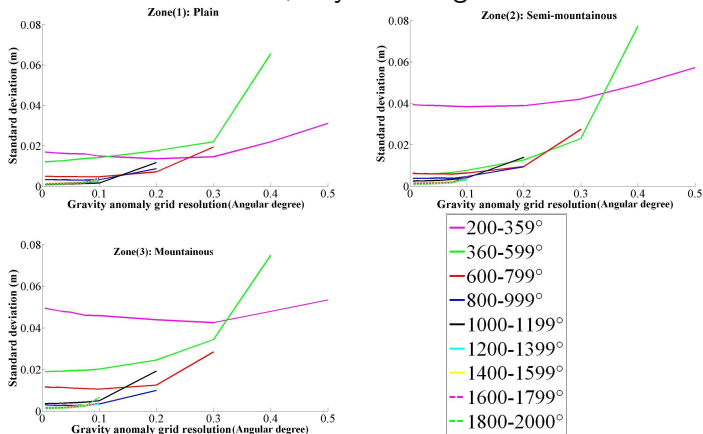
Test Zones/Carte des anomalies :



Δg_{res}	Zone(1)	Zone(2)	Zone(3)
Min(mgal)	-22.8	-23.33	-27.92
Max (mgal)	26.86	26.86	26.86
Mean(mgal)	-0.002	-0.003	-0.074
Std (mgal)	4.63	6.12	7.34

Tests/Resolution of gravity anomaly grid(1) :

Écart type de la différence entre les hauteurs du modèle EGM2008 et les hauteurs calculées, Rayon d'intégration de Stokes=2 Degré



Tests/Pas de grille d'anomalies résiduelles :

Conclusion :

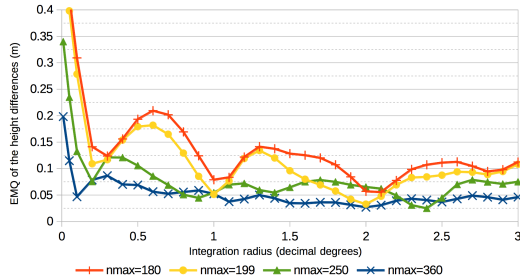
- Valeurs d'erreur sont importants pour les degrés bas(jusqu'au 600).
- Prendre une résolution $<$ la valeur correspondante à l'échantillonnage du signal.
- Dégradation de résolution entre 0.005 et 0.075 ne change pas la précision.
- Tests avec d'autres rayons d'intégration confirment ces résultats.

Tests/Rayon d'intégration de Stokes :

- Des études précédentes :(Kaersley 1986,1988) Higgins 1998,...
- Tests sur des données réels.
- Rayons optimaux vers 0.5 degré.
- Une forte corrélation entre la valeur optimale du rayon et $180/n_{max}$.
- Possibilité de choisir des rayons plus petit que cette valeur.
- Des études récents choisissent des valeur entre(1 – 3)degré
[Hwang2003, Ellmann, Valty2012]

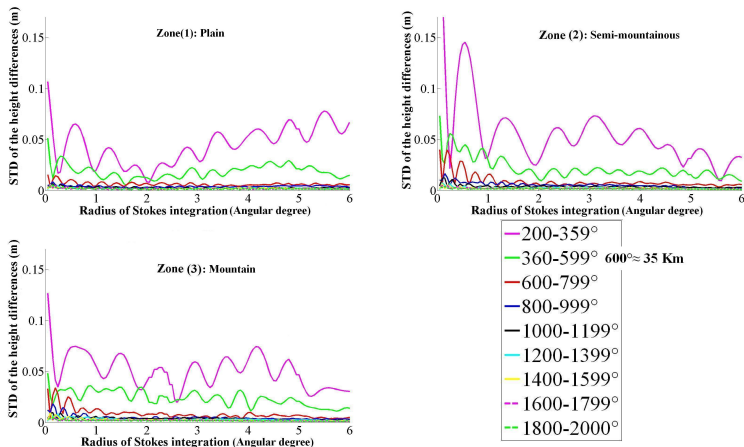
Tests/Rayon d'intégration de Stokes :

Comparaison aux études anciennes : Test de plusieurs n_{max} du modèle EGM2008 dans la Zone 2



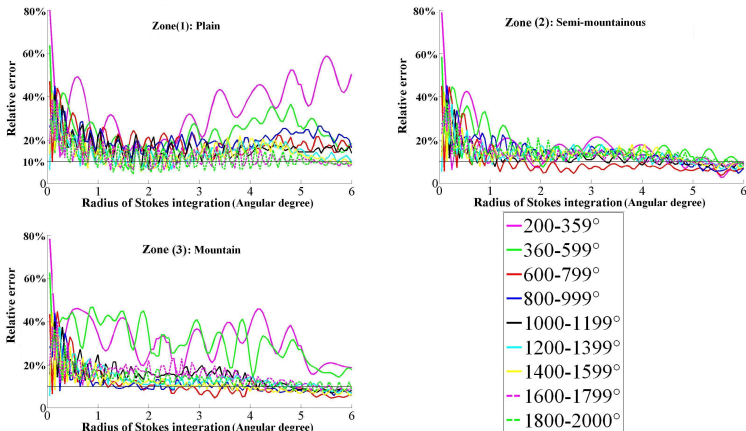
Tests/Rayon d'intégration de Stokes :

Écart type de la différence entre les hauteurs du modèle EGM2008 et les hauteurs calculées, Pas de grille = 0.05 Degré :



Tests/Rayon d'intégration de Stokes :

Erreur relative de la différence entre les hauteurs du modèle EGM2008 et les hauteurs calculées, Pas de grille = 0.05 Degré :



Tests/Rayon d'intégration de Stokes :

Estimation dans des cas réels :

[Duquenne2007] : L'amplitude du géoïde résiduel $\simeq 11\text{cm}$ du jet test (Auvergne) → La meilleure précision de Stokes est : 1.1 cm (+Autres sources d'erreurs).

Tests/Rayon d'intégration de Stokes :

Conclusion :

- Position de premier minimum en accord avec des études précédentes.
- Valeurs d'erreur sont importants pour les degrés bas(jusqu'au 600)et dépendent de la zone.
- Intégration avec un rayon de 2 degré apporte une amélioration de la précision.
- Précision relative des degré > 600 améliore quand on augmente le rayon d'intégration.
- Fonction standard de Stokes ne peut pas être mieux que 10% de l'écart type du géoïde résiduel .

Conclusion :

- Résolution de la grille n'affecte pas la précision à condition qu'elle soit moins de la valeur suggéré par la théorie de l'échantillonnage.
- Rayon d'intégration :
 - Choix d'un rayon plus petit d'1 degré : ne suffit pas d'avoir la précision voulu - données synthétiques.
 - Au-delà de 2, 2.5 degré : pas d'amélioration de la précision.
 - Choix du rayon d'intégration dépend fortement des propriétés du terrain.
- Précision relative des degré > 600 améliore quand on augmente le rayon d'intégration.
- Fonction standard de Stokes ne peut pas être mieux que 10% de l'écart type du géoïde résiduel .
- Fonction standard de Stokes n'est pas suffisante pour atteindre la précision d'1cm .

Perspectives :

- Évaluer d'autre noyaux de Stokes [*Ellmann.2004,Sjöberg.2003*].
- HF : erreurs différentielles sur les bases courtes.
- Prendre en compte les effets de l'aplatissement de l'ellipsoïde.
- Effet d'interpolation.

References :

- Moritz H (1980) Advanced physical geodesy. Herbert Wichmann, Karlsruhe/Abacus Press, Tunbridge Wells.
- Forsberg R (1993) Modelling the fine structure of the geoid : methods, data requirements and some results. Surv Geophys, 14 :403-418. volume 86. Springer-Verlag, 1967.
- M.B. Higgins, R. Forsberg, and A.H.W. Kearsley. The Effects of Varying Cap Sizes on Geoid Computations : Experiences with FFT and Ring Integration. In Rene Forsberg, Martine Feissel, and Reinhard Dietrich, editors, Geodesy on the Move, volume 119 of International Association of Geodesy Symposia, pages 201–206. Springer Berlin Heidelberg, 1998.
- C. Hwang, C.G. Wang, and Y.S. Hsiao. Terrain Correction Computation Using Gaussian Quadrature. Computers and Geosciences, 29 :1259–1268, 2003
- A.H.W Kearsley. The Determination of Precise Geoid Height Differences Using Ring Integration. Bollettino Di Geodesia E Scienze Affini, (2) :151–174, 1986
- Pavlis NK, Holmes SA, Kenyon SC, Factor JK (2008) An Earth Gravitational Model to Degree 2160 : EGM2008. Presented at the 2008 General Assembly of the European Geosciences Union, Vienna, April 13-18, 2008
- P. Valtý, H. Duquenne, and I. Panet. Auvergne Dataset : Testing Several Geoid Computation Methods. In Geodesy for Planet Earth, volume 136 of International Association of Geodesy Symposia, pages 465–472. Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- Henri Duquenne. A Data Set to Test Geoid Computation Methods. Harita Dergisi, (18) :61–65, 2007. Proc. 1st international symposium of the International Gravity Field Service 'Gravity field of the Earth', Istanbul, Turkey, Aug. 2006.
- Tscherning, C.C, Forsberg, . R.(2003) GRAVSOFT, Geodetic Gravity Field Modelling Programs (overview manual).
- Ellmann, A. (2004) The geoid for the Baltic countries determined by least-squares modification of Stokes formula. Doctoral Dissertation in Geodesy, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- Sjöberg, LE (2003). A general model of modifying Stokes formula and its least-squares solution Journal of Geodesy, 77. 459-464.