

Anomalies de Bouguer

Positionnement thématique

Mécanique (mécanique newtonienne), Physique interdisciplinaire (géophysique), Mathématiques appliquées (cartographie).

Mots-clés

| Mots-clés (en français) | Mots-clés (en anglais) |
|---------------------------|------------------------|
| <i>Champ de pesanteur</i> | <i>Gravity field</i> |
| <i>Modélisation</i> | <i>Modelling</i> |
| <i>Précision</i> | <i>Precision</i> |
| <i>Mesures</i> | <i>Measurements</i> |
| <i>Pendule</i> | <i>Pendulum</i> |

Bibliographie commentée

La gravimétrie, c'est-à-dire la mesure de l'accélération de la pesanteur g en un point donné, est une méthode géophysique qui permet d'imager à différentes échelles la structure interne de la Terre [1]. Elle consiste à étudier, de façon indirecte, les variations spatio-temporelles du champ de pesanteur terrestre liées à la distribution des masses au sein de la Terre (effets à grande distance), à proximité de la surface (quelques centaines de mètres), voire en surface. En France, la valeur moyenne admise de g est de $9,81m.s^{-2}$, soit $981Gal(cm.s^{-2})$. La valeur de l'accélération de la pesanteur est principalement liée aux structures profondes de la Terre.

En 1687, Newton publie *Philosophiae naturalis principia mathematica* dans laquelle il formule la loi de la gravitation universelle : deux corps ponctuels, du simple fait de leur masse, s'attirent mutuellement. Cette loi n'est pas pour autant réduite à une interaction mutuelle entre simples corps ponctuels puisque l'effet gravitationnel exercé en un point extérieur par une sphère à distribution radiale de masse est le même que si toute la masse de la sphère était concentrée en son centre.

Les études menées depuis près de trois siècles, et les perfectionnements dans la précision des mesures, ont permis progressivement de constater que cette approche globale était loin d'être suffisante [2], avec des variations sensibles selon le point de mesure. Si la distribution radiale est relativement uniforme à grande échelle (structure profonde de la Terre), elle est hétérogène à proximité d'une surface (couches géologiques proches de nature variable), et dépendante du relief.

À présent, le champ de pesanteur théorique en un point est calculé en première approximation à partir de la distance au centre de la Terre, puis on lui applique des termes correctifs prenant en compte la rotation de la Terre sur elle-même, sa non-sphéricité (ellipsoïde), les écarts de densité du sous-sol et les effets des marées terrestres [3, 4]. On appelle anomalie gravimétrique de Bouguer (en l'honneur d'un mathématicien du début du XVIIIème siècle), au point considéré sur l'ellipsoïde de référence [2], l'écart entre le champ de pesanteur terrestre mesuré et le champ de pesanteur théorique. Cet écart peut être significatif, de l'ordre de $\pm 300mGal$, soit $\pm 3cm.s^{-2}$. La correction à "l'air libre" permet de tenir compte de l'effet de l'altitude du point de mesure par rapport à un ellipsoïde de référence supposé d'altitude zéro. La correction dite "de plateau" vise à tenir compte de la masse comprise entre l'ellipsoïde et le point de mesure, approximée par une tranche horizontale homogène

et d'extension infinie. Très souvent, il faut apporter une correction supplémentaire, dite correction "de terrain". Ce calcul prend en compte ici les effets du relief (vallée, colline, falaise) autour du point de mesure. Il est donc nécessaire de connaître la géologie, et la topographie locale au point de mesure pour calculer ces trois corrections [5].

On appelle "anomalie de Bouguer complète" la différence entre la pesanteur mesurée en un point donné, et la valeur théorique tenant compte de ces trois corrections [6]. On peut les calculer par des modèles mathématiques simples. Ces anomalies de Bouguer sont exploitées par exemple pour les recherches minières puisqu'elles apportent des informations sur le sous-sol.

Pour avoir accès à ces informations, il a fallu développer des mesures de plus en plus précises. L'utilisation systématique de gravimètres pendulaires (mesure de période) a fourni depuis longtemps de nombreuses données relatives (par rapport à un réseau de points de référence). La mise au point de gravimètres absolus par mesure du temps de chute a permis de préciser ces points de référence [7]. Cela a conduit le Bureau Gravimétrique International (BGI) à publier des cartographies de ces "anomalies de Bouguer" [8].

Problématique retenue

Si l'on veut comparer des corrections théoriques à une mesure effectuée en un point donné, il faut sélectionner un point de référence absolu, fourni par la banque de données du BGI, qui soit associé à une topographie locale très simple à modéliser, et effectuer une mesure aussi précise que possible.

Objectifs du TIPE

Je me propose :

1. de choisir dans les bases de données du BGI des points de référence absolus pour lesquels la topographie locale et la géologie (IGN et BRGM) [9] sont simples à modéliser ;
2. de calculer mathématiquement les corrections de Bouguer associées à cette topographie locale, pour apprécier l'ordre de grandeur des effets locaux à mesurer ;
3. d'effectuer une mesure de g en ces points à partir des oscillations d'un pendule (construction personnelle), en identifiant tous les moyens pour améliorer la précision de la mesure, en espérant arriver à l'ordre de grandeur des écarts calculés [10].

Références bibliographiques

- [1] Champ gravitationnel : définition du champ de gravité. fr.wikipedia.org/wiki/Champ_gravitationnel.
- [2] S. BONVALOT : Mesure et modélisation de la gravité. *École d'été du groupe de recherche en géodésie spatiale (GRGS)*, 6-10 septembre 2010. www.geoazur.fr/GLOBALSEIS/stehly/cours.
- [3] S. ROSAT, J-P BOY, G FERHAT, J HINDERER, M AMALVICT, P GEGOUT et B LUCK : Analysis of a 10-year (1997–2007) record of time-varying gravity in Strasbourg using absolute and superconducting gravimeters : new results on the calibration and comparison with GPS height changes and hydrology. *Journal of Geodynamics*, 48(3):360–365, 2009.
- [4] P. MELCHIOR et B. DUCARME : Étude des phénomènes de marée gravimétrique. *Géodynamique*, 4-1:3–14, 1989.
- [5] Geoportail de l'Institut Géographique National (IGN). en rapport avec les sites de référence du BGI. Visité le 8 octobre 2016. www.geoportail.gouv.fr.

- [6] George P. WOOLLARD : The relation of gravity anomalies to surface elevation crustal structure and geology. *Geophysical and polar research department, Research Report series*, N°62-9, Décembre 1962. University of Wisconsin.
- [7] M. SARRAILH et S. BALMINO : La mesure du champ de gravité de la Terre. Bureau Gravimétrique International (BGI). bgi.omp.obs-mip.fr/data-products/Documentation/tutorials.
- [8] S. BONVALOT et AL. : Carte des anomalies de Bouguer. Commission de la carte géologique du monde.
- [9] Bureau Gravimétrique International (BGI) : banque de données des mesures absolues. Visité entre le 7 septembre et le 13 octobre 2017. bgi.omp.obs-mip.fr.
- [10] R.P. MIDDLEMISS et AL. : Measurement of the Earth tides with a MEMS gravimeter. *Nature*, 531:614, 2016.