

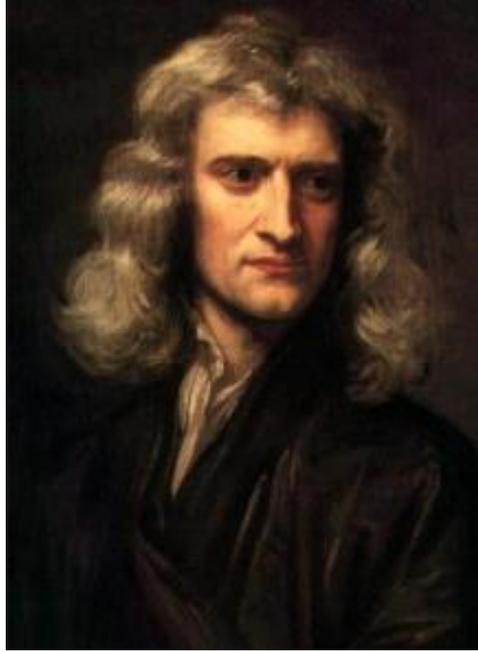
الأرض لها كُمون¹

بقلم: برنارد فيليب² Bernard Philippe

ترجمة: بعزيز سيهام

شعبان هجيرة

نعلم منذ عهد نيوتن Newton، أن الأرض تمارس قوة جذب على التفاحة الساقطة من الشجرة، وعلى أي جسم آخر غير معدوم الكتلة. هذا ما يسمى بقوة الجاذبية. وفضلا عن ذلك، بما أن الأرض تدور، فبإضافة قوة الطرد المركزي إلى قوة الجاذبية نحصل على قوة الثقالة³. لمعرفة قيمة قوة الثقالة لأي جسم متموضع على أي ارتفاع، يكفي تحديد كُمون الأرض: إنها دالة تموضع الجسم ترتبط بشكل وكتلة الأرض. إن معرفة كُمون الأرض ضرورية لتحديد مسار القمر الصناعي أو تحديد المفهوم الدقيق للارتفاع (مثل الجبال والطائرات).



صورة نيوتن

¹ العنوان الأصلي للمقالة: LA TERRE A DU POTENTIEL

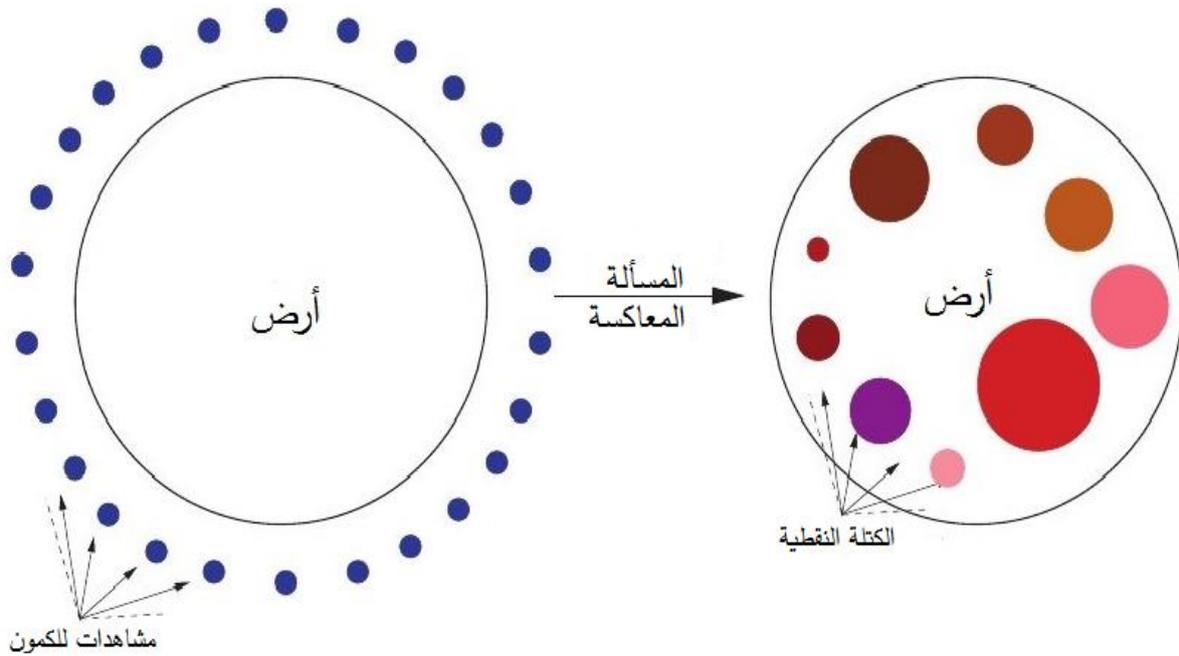
² موقعها: <http://www.breves-de-maths.fr/la-terre-a-du-potentiel>

² انظر صفحته: <http://www.irisa.fr/sage/bernard/>

³ انظر: https://en.wikipedia.org/wiki/Gravitational_acceleration

المستوى المتوسط للبحار، الممثل بالمجسم الأرضي⁴ (geoid)، يحدّد الارتفاع الصفري الذي يُعتبر منطلق قياس أي ارتفاع. إن جميع نقاط المجسم الأرضي لها نفس كمون الثقالة. يتم تحديد هذا الكمون بمجرد معرفة كيفية حساب كمون الأرض. يمكن اعتبار أن الأرض ممثلة جيدا من الناحية الرياضية بمجسم إهليلجي⁵ كثافته متجانسة. لو كان شكل الأرض هو بالضبط مجسم إهليلجي لكان المجسم الأرضي هو بالضبط سطحه الهندسي. لكن الأرض ليست مجسما إهليلجيا متجانسا، ولذلك فالمستوى المتوسط للبحار ليس منتظما كما قد نعتقد!

لذلك نلجأ إلى قياسات فيزيائية، وهذا من أجل تحسين حساب كمون الأرض. لقد أنشأ الرياضياتيون في القرن 19 مجموعة غير منتهية من التوابع الأولية، تسمى أساس التوافقيات الكروية. يسمح هذا الأساس بتمثيل كمون الأرض بمجموعة -نفترضها غير منتهية في البداية- من التوابع المتناسبة مع التوافقيات الكروية. تكمن المسألة في تقدير معاملات التناسب التي عددها غير منتهٍ! لتذليل هذه العقبة نعتبر أن القياسات تحتوي دائما على هامش ارتياب. وبالتالي يصبح من المعقول أن تقتصر على عدد منته من توابع الأساس. ومع ذلك يمكن أن يكون هذا العدد كبيرا جدا: يتم تقدير ملايين المعاملات في نموذج الجاذبية الأرضية 2008 (EGM08) المستعمل حاليا.



تحديد مجموعة من الكتل النقطية تولد كمونا معطى مسبقا

⁴ انظر : <http://www.breves-de-maths.fr/geoide-ellipsoide-et-autres-mots-compliques>

⁵ انظر : <https://en.wikipedia.org/wiki/Spheroid>

تهدف الأعمال الحديثة إلى تقليص عدد التوابع الأولية من خلال دمج تقريبين. تتمثل الفكرة الأولى في اقتصار منطقة دراسة المجسم الأرضي على جزء من الأرض. وأما الفكرة الثانية فتتقضي بتغيير أساس التوابع الأولية، وذلك عن طريق تعويض الأرض بعدد صغير من الكتل النقطية التي تولد كمونا قريب من الجاذبية الأرضية (انظر الشكل). وهكذا فإن نحو 10 كتل تكفي للحصول على قيمة تقريبية، بدقة مقبولة، لكمون الأرض على نطاق قارة من القارات.

للاستزادة:

- مقالة قصيرة من نفس السلسلة لإتيان جيس Etienne Ghys: Géoiide, ellipsoïde et autres mots compliqués.
<http://www.breves-de-maths.fr/geoïde-ellipsoïde-et-autres-mots-compliqués/>
- المجموعة الجيوديزية الساتلية لمخبر ديناميكية الأرض والكواكب.
<https://images.math.cnrs.fr/Le-site-MPT-propose-une-breve-1765.html?lang=fr>
- Bernhard Hofmann-Wellenhof et Helmut Moritz. *Physical geodesy*. Springer, 2005.
- أطروحة أمين عبد المولى Amine Abdelmoula
Résolution de problèmes inverses en géodésie physique
<http://www.theses.fr/2013REN1S155>
- الموقع التالي حول الجاذبية :
<http://www2.csr.utexas.edu/grace/>

مصدر الصور:

الصورة 1:

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GodfreyKneller-IsaacNewton-1689.jpg>

الصورة 2: رسم بياني لأمين عبد المولى A. Abdelmoula ، فريق "ساج" Sage، المعهد القومي للبحث في العلوم العددية (INRIA)، مدينة رين Rennes (فرنسا)؛ ومخبر الرياضيات ونمذجة العلوم الهندسية (LAMSIN)، جامعة تونس.