# تحت أقدامنا، الوشاح يتحرّك[1]

بقلم: **نيكولا كولتيس**[2] Nicolas Coltice

**ألكسندر فورنييه**[3] Alexandre Fournier

ترجمة: **بعزيز سيهام**

**شعبان هجيرة**

الأرض تتزحزح: القارات تنحرف وأعماق البحار في توسع. نلاحظ في المحيط الهادئ بوجه خاص أن صخور قاع المحيطات تغطس في أعماق وشاح الأرض تحت تأثير ثقلها. وسبب هذه الزحزحة البطيئة (بضع سنتمترات في السنة) هو مرونة الصخور التي تشكل الطبقات العميقة للأرض. فهي تسمح لكوكبنا بالتخلص من فائض طاقته الداخلية كما تفعل المحركات. إنها ظاهرة الحمل الحراري[4]، التي يتم التعبير عنها في سطح الكرة الأرضية من خلال **تكتونية الصفائح**.

---

[1] العنوان الأصلي للمقالة: SOUS NOS PIEDS, LE MANTEAU BOUGE

موقعها: / http://www.breves-de-maths.fr/sous-nos-pieds-le-manteau-bouge

حررت المقالة حسب أعمال المؤلف والباحثين:

– توبياس رولف Tobias Rolf، صفحته: http://jupiter.ethz.ch/~rolft/INFO.html؛

– بول تاكلي Paul Tackley، صفحته: http://jupiter.ethz.ch/~pjt/

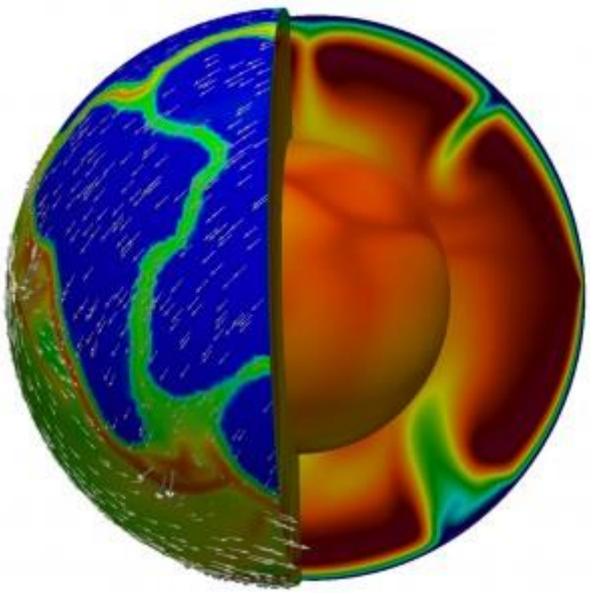
[2] مختبر ليون Lyon للجيولوجيا، موقعه: http://lgltpe.ens-lyon.fr/؛ جامعة ليون 1

[3] معهد باريس لفيزياء الأرض، موقعه: http://www.ipgp.fr/fr

[4] انظر: https://en.wikipedia.org/wiki/Convection

تكتونية الصفائح[5] نظرية نشأت في أواخر ستينيات القرن العشرين، وهي تصف المائة كيلومتر الأولى لأعماق الأرض اليابسة **كتراكب طبقات رقيقة وصلبة** تتحرك الواحدة منها بالنسبة للطبقات الأخرى. وهكذا فتحت هذه الفرضية بابا من علم الجيولوجيا أمام الرياضيات. ذلك أن فرضية الصفيحة الصلبة سمحت بوصف وإعادة مشهد زحزحة سطح الأرض بفضل **أدوات هندسة** الكرة.

يوفر هذا الإطار الرياضياتي وسائل تقدير سرعة الزحزحة في أي مكان من الكرة الأرضية. نلاحظ أن السرعات المتوقعة تتوافق جيدا مع قياسات السرعة اللحظية التي يقدمها بوجه خاص نظام التموضع العالمي[6] GPS على القارات. ومع ذلك، تظل تكتونية الصفائح أداة وصف تقتصر على سطح الأرض، وهي لا تستطيع تقدير القوى المتسببة في الزحزحات. كما أن هذه النظرية تهمل التشوّه المُلاحظ في السلاسل الجبلية نتيجة افتراضنا بأن الصفائح صلبة تماما. وفي الإجمال، فهناك حوالي 20% من سطح الأرض لا يمكن وصفه إذا ما اعتبرنا الصفائح صلبة لا تقبل التشويه.



نموذج عددي للحمل الحراري خاصا بوشاح الأرض. لون السطح يمثل مقاومة الصخور: الأزرق للصخور المقاومة (القارات)، والأحمر للصخور ضعيفة المقاومة (المحصورة بين الصفائح والسلاسل الجبلية). أما الأسهم فتشير إلى السرعة المحسوبة على السطح.
ثم إن اللون في الأعماق يمثل درجة الحرارة: الأزرق للمناطق الباردة والأحمر للمناطق الساخنة.

[5] انظر: https://fr.wikipedia.org/wiki/Tectonique_des_plaques

[6] انظر: http://www.cnrs.fr/espace-presse

**الحمل الحراري** نظرية أكثر شمولا من النظرية السابقة حيث أنها تربط بين الزحزحة السطحية وأصل الحركة في الأعماق، مع مراعاة تشوّه الصخور. يعتمد هذا التشوّه على سلوك ميكانيكي غير خطي للصخور، وهذا ما يُصعّب التقريب العددي بمعادلات تفاضلية جزئية[7]. كان الجيوفيزيائيون في حاجة إلى 30 سنة من البحث للتمكن من استغلال طرق طوّرها التحليل العددي[8] ووضع خوارزميات دقيقة تسمح بالحصول على حلول عددية لمعادلات حمل الوشاح[9] في حالة قريبة جدا من الواقع. وهكذا، نظرا للتقدم المستمر الذي تسجله الطرق الرياضياتية ولزيادة قدراتنا الحسابية، يمكننا بدءا من الآن التفكير في تجاوز تكتونية الصفائح وإيجاد الروابط بين التكتونية السطحية والحركات البطيئة في أعماق الأرض.

**للاستزادة:**

- محاضرة نيكولا كولتيس Nicolas Coltice بعنوان

La grande saga des continents : quel avenir pour la tectonique des plaques ?
http://youtu.be/Mwa_-WZKNFU.

- مقال علمي مبسط حول الحمل الوشاحي:

http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/convection-mantellique-tectonique-plaques.xml.

**مصدر الصور:** Nicolas Coltice ؛ Léa Bello.

[7] انظر: https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89quation_aux_d%C3%A9riv%C3%A9es_partielles

[8] انظر: https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_num%C3%A9rique

[9] انظر: https://fr.wikipedia.org/wiki/Convection_mantellique