

جون ريلي Rayleigh والهزات الأرضية¹

بقلم: سيلفي بنزوني-غافاج² Sylvie Benzoni-Gavage

دوني سير³ Denis Serre

ترجمة: بعزير سيهام

شعبان هجيرة

عندما تنتشر اهتزازات وتر الكمان على طولها، فإنها تكون شبيهة بالموجات الكهربائية على طول سلك موصل للكهرباء: فهي اهتزازات لا تخف إلا قليلا خلال انتشارها، وهذا جميل لأن ذلك يجعل الأنغام منسجمة، وفي نفس الوقت يساعد على توزيع الطاقة. وفي المقابل، عندما تحدث هزات أرضية، نحن نتمنى أن تتخفف الاهتزازات الناتجة في باطن الأرض في أقرب وقت ممكن.



درس في التناغم

¹ العنوان الأصلي للمقال: RAYLEIGH ET LES TREMBLEMENTS DE TERRE

موقعها: <http://www.breves-de-maths.fr/rayleigh-tremblements-de-terre/>

² انظر صفحته: <http://math.univ-lyon1.fr/~benzoni>

جامعة ليون 1 Lyon 1 (فرنسا)، موقعها: <https://www.univ-lyon1.fr/>

³ انظر صفحته: <http://perso.ens-lyon.fr/serre/>

المدرسة العليا للأساتذة، ليون Lyon (فرنسا)، موقعها: <http://www.ens-lyon.fr/>

والحال يكون كذلك في الزلازل إلى حد معين لأن الاهتزازات ثلاثية الأبعاد من المفترض أن تتناقص (خلافًا لما يحدث في حالة البعد الواحد على طول وتر الكمان). وبتعبير أدق، تخبرنا القوانين الفيزيائية أن تناقص الاهتزازات الزلزالية يتناسب مع مقلوب مربع المسافة التي تفصلها عن مصدرها، (أي عن مركز الهزة). ومن ثمّ نتساءل : كيف يمكن إذن تفسير وجود تلك القوة المدمرة للهزات الأرضية؟

في سنة 1885، تم تقديم تفسير لهذه الظاهرة من قبل جون ويليام ستروت⁴ John William Strutt (1842-1919) الحائز على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1904. إنه البارون الثالث ريلي Rayleigh. يعتمد هذا التفسير على فكرة **الموجات السطحية**، الشبيهة بالموجات على سطح المحيطات، التي تتناقص ببطء مقارنة بسرعة الاهتزازات "في الكتلة". تسمى هذه الموجات اليوم **موجات ريلي** وهي التي نشعر بها أكثر أثناء الزلزال.

من أين أتت هذه الموجات؟ لفهم ذلك، ينبغي النظر عن كثب لاهتزازات باطن الأرض. على سبيل المثال، كما هو الشأن في كل المواد المرنة، فإن الجزء الصلب من الأرض يخضع لنوعين من الاهتزازات: النوع الخاص بما يسمى بالموجات الطولية -مثل تلك التي يمكن ملاحظتها على نابض يتقلص ويتمدد وفق اتجاهه. والنوع الثاني هو المسمى بالموجات العرضية -وهي أشبه بتلك التي نشاهدها على الوتر المهتز. تسمى الموجات العرضية "الموجات S" (من كلمة Shear، التي تعني القص باللغة الإنجليزية) في حين تسمى الموجات الطولية "الموجات P" (من كلمة Pression التي تعني الضغط). وبما أننا لا نستطيع "قصّ" الموائع فإن "الموجات P" هي الوحيدة التي نجدتها في الموائع: إنها الموجات الصوتية التي بفضلها نسمع الوتر حين يهتز.

هنالك نقطة أخرى هامة: سطح الأرض الذي نعيش فوقه ليس مُثبتًا إذ بإمكانه الاهتزاز من دون قيود. ومن وجهة النظر الرياضياتية، فالأمر يتعلق بمسألة من الفئة المسماة **مسائل الحدود الحرة**. نلاحظ أن للموجات التي تصل إلى السطح احتمالين. إما أنها تنعكس وتعود إلى الأعماق -في هذه الحالة لا نشعر بها إلا خلال لحظة من الزمن، وهي تتسبب في أضرار طفيفة؛ وإما أنها تتجمّع لتنتشر أفقياً: وهذا أمر يستحيل في وسط مائع، بيد أن ذلك يمثل القاعدة في الوسط الصلب! نشير إلى أن هذا التجمع للموجات P والموجات S الذي اكتشفه ريلي، لا زال اليوم قيد الدراسة المعمّقة من قبل الرياضياتيين بعد صياغة الموضوع بأشكال أكثر تعقيداً.

تتناقص طاقة موجات ريلي بشكل يتناسب مع مقلوب المسافة (وليس مع مربعها). ولذلك فنحن نشعر بها خلال مدة أطول وبقوة أشدّ، وهو ما يجعل آثارها مدمرة. وبطبيعة الحال، فإن هذا الوصف

⁴ انظر : https://en.wikipedia.org/wiki/John_William_Strutt,_3rd_Baron_Rayleigh

يفترض أن الأرض مستوية. والكارثة تحدث عندما يكون ملمح الأرض خطيا -مثل السلاسل الجبلية- لأن الموجة الأحادية البعد تنتشر في هذه الحالة كما تنتشر على طول الوتر، ومن ثم فطاقتها لا تتناقص (تقريبا) خلال قطعها للمسافات، ولذا فحجم الدمار يكون معتبرا. ذلك ما حدث عام 1995 في كوبي Kobe (اليابان)، وفي أكويلا Aquila (إيطاليا) عام 2009.

للاستزادة:

- صفحة في الموسوعة الحرة حول الموجات الزلزالية :
https://en.wikipedia.org/wiki/Seismic_wave
- السيرة الذاتية للورد ريلي Rayleigh في موقع جوائز نوبل Nobel: "الورد ريلي -السيرة الذاتية"
<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1904/strutt/facts/>
- جان ميشيل كورتي Jean-Michel Courty، "استعمال نظام التموضع العالمي لمراقبة موجات زلازل 11 مارس"، مدونة Idées de Physique
<http://blog.idphys.fr/2011/observer-les-ondes-sismiques-du-11-mars-avec-le-gps/>
- فريديريك شامبات Frédéric Chambat، "تسجيل الموجات الزلزالية على جهاز قياس شدة الزلازل"، موقع Planet Terre
<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/sismogramme.xml>

مصدر الصورة: Frinck51 / Wikimedia Commons.