

الأمواج والشواطئ، ومسألة تبديل المتغير¹

بقلم : هيرفي غيارد² Herve Guillard

ترجمة: بوجلة نوال

أوريحان صبرينة



الأمواج تتحول إلى معادلات

من المؤكد أن الرياضياتيين يحلون المعادلات. لكن كيف؟

من بين التقنيات المتاحة للرياضياتيين، فإن تبديل المتغير يعتبر أداة قوية. تتمثل عملية التبديل في تحويل مسألة مجهولة الحل إلى مسألة حلها معروف. على سبيل المثال، تبدو المعادلة $y^2 - 6y + 5 = 0$ صعبة الحل، لكن تبديل المتغير $y = x + 3$ يحولها إلى المعادلة $x^2 - 4 = 0$ التي نعلم أن حلها هما $x = -2$ و $x = 2$. وبالتالي، فإن حلّي المسألة التي انطلقنا منها هما $y = -2 + 3 = 1$ و $y = 2 + 3 = 5$.

لكن ما علاقة ذلك بصعود الموجة فوق الشاطئ؟

¹ العنوان الأصلي للمقال :

LES VAGUES ET LES RIVAGES, UNE QUESTION DE CHANGEMENT DE VARIABLE.

موقعه الإلكتروني :

[http://www.breves-de-maths.fr/changement-de-variable-et-comment-les-vagues-montent-a-lassaut-des-rivages /](http://www.breves-de-maths.fr/changement-de-variable-et-comment-les-vagues-montent-a-lassaut-des-rivages/)

² صفحته الشخصية : XHerve.GuillardX@sophia.inria.fr

يعمل بالمعهد القومي الفرنسي في علوم الرقمنة "إنريا" (INRIA)، جامعة نيس نايس صوفيا- أنتيبوليس INRIA-Nice Sophia

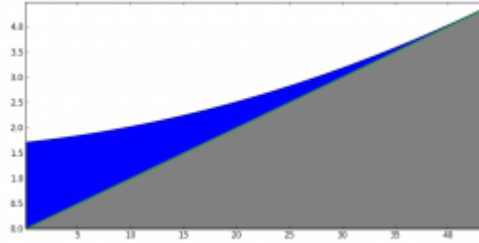
Antipolis، صفحة المؤسسة : <https://www.inria.fr/centre/sophia>

حرر المقال بالإعتماد على الأعمال المنجزة في مشروع "كاستور" CASTOR.

رابط المشروع : <https://team.inria.fr/castor/fr/research>

يتم استخدام طريقة تبديل المتغير في العديد من مجالات العلوم والهندسة. ومن خصائص الرياضيات هي إثبات أن فروعاً، تبدو للوهلة الأولى مختلفة تماماً لكنها في واقع الأمر مرتبطة ارتباطاً وثيقاً. لنعتبر على سبيل المثال المعادلة التي تصف سلوك الموجة على الشاطئ. هناك تبديل للمتغير يردّ هذه المعادلة إلى مسألة هيدروليكية معروفة تصف انهيار السدود.

في هذا المثال، نعتبر كتلة من الماء ساكنة خلف السد. سيولّد انهيار السد موجة تنتشر في اتجاه أسفل النهر بسرعة عالية. من ثمّ، ونظراً للخطورة التي تهدد سلامة الناس الذين يعيشون في أسفل السد، نفهم لماذا تحظى هذه المسألة بقدر كبير من الاهتمام. هناك حل لهذه المسألة يسمح بحساب سرعة هذه الموجة يرجع تاريخه إلى عام 1892 يعرف بحل ريتير³ Ritter.



يوضح هذا الشكل التحويل الذي يسمح بتحديد ملح موجة صاعدة على طول شاطئ

لكن ما هي الفائدة الملموسة من هذه الحسابات؟

يمكن دمج هذا النوع من الحسابات في عمليات محاكاة عددية معقدة. ذلك ما يسمح بدراسة تفاعل الأمواج مع الشاطئ. يعتبر فهم هذا التفاعل مسألة حاسمة حيث أن الأمواج مسؤولة عن نقل الرواسب وتزويد الشواطئ بالرمال والحصى. نلاحظ أنه عندما يكون هذا التزود غير كاف فإن الشاطئ يتراجع. والجدير بالذكر أن الشواطئ تعتبر مناطق مستقرة نسبياً، ولكنها حالياً تتطور بسرعة في جميع دول العالم؛ وهذا نتيجة للنشاطات البشرية التي لا تراعي التوازنات الحركية -الهشة في أغلب الأحيان- التي تميّز هذه الأوساط.

³ انظر : https://il.water.usgs.gov/proj/feq/fequtl/chap4html/fequtl.chap4_7.html



التوازن الديناميكي للشواطئ يمكن أن يكون هشاً.

في فرنسا، غيرت المرافق على الشواطئ (الحواجز الصخرية وغيرها) عددا كبيرا من السواحل، كما حدث مثلا في منطقة لانغدوك روسيون⁴ Languedoc-Roussillon. هذا التراجع للشواطئ له أيضا عواقب معتبرة، بل وخيمة في عدد كبير من البلدان الإفريقية. ففي دولة طوغو -وبعد تشغيل سد أوكوسمبو Akossombo في غانا وتهيئة ميناء العاصمة الطوغولية لومي- تم تسجيل تراجعات في حافة السواحل⁵ تصل إلى 40 مترا في السنة. هناك حاليا حالات مماثلة في مدينة سانت لويس Saint Louis بالسنغال، وأيضا بكوت ديفوار وعدة بلدان أخرى من خليج غينيا. إن استخدام أدوات رياضية للتنبؤ بهذا التدهور على مستوى الشواطئ من شأنه أن يساهم في توعية الناس بأهمية احترام التوازنات الطبيعية.

للاستزادة:

- مقالات من نفس السلسلة ذات صلة :
- Des équations pour les vagues.
<http://www.breves-de-maths.fr/des-equations-pour-les-vagues/>
- Des vagues hors du commun.
<http://www.breves-de-maths.fr/des-vagues-hors-du-commun/>
- مقالة ويكيبيديا حول الأمواج (بالإنكليزية والفرنسية والعربية) :
https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_wave
- موقع المصلحة الهيدروغرافية للبحرية الفرنسية.
<http://www.shom.fr/les-activites/activites-scientifiques/oceanographie/houle-vagues-et-littoral>
- David Lannes (2011), « Les vagues en équations », Pour la Science, No. 409, pp. 96.
- G.B. Whitham (1974), « Linear and Nonlinear Waves», Wiley & Sons
<https://archive.org/details/LinearAndNonlinearWaves/page/n7>.

⁴ انظر : <http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr>

⁵ انظر : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/404>

مصدر الصور:

- الصورة 1 : جوسلين إيرهيل Jocelyne Erhel .
- الصورة 2 : التآكل الساحلي في كوت ديفوار .

<http://erosioncotiere.e-monsite.com/medias/images/568.jpg>