محاكاة الانـهيارات الثلجية[1]

بقلم: **تيري جودون**[2] Thierry Goudon

ترجمة: **بعزيز سيهام**

شعبان هجيرة

يمكـن أن تكـون عواقـب الانهيـارات الثلجيـة وخيمـة. ولهـذا نحـن بحاجـة إلـى إدراك آليـات هـذه الانهيارات إدراكا جيدا بغية توزيع وتفعيل أجهزة الحماية (جدران واقية) للحد من الأضرار الناجمة عن هذه الظاهرة. إن المحاكاة العددية، عن طريق الحاسوب، هي وسيلة بحث قوية.

إنهيار ثلجي يبلغ الغابة.

تكمن الصعوبة الأولى في كتابة مجموعة معادلات تصف هذه الظاهرة. ذلك أن تفاعل الثلج مع الهواء يشكل مائعاً معقداً يصعب تحديد سلوكه. إن النماذج المستعملة تمثل صيغا مختلفة للمعادلات المعيارية المعروفة في ميكانيك الموائع: معادلات نافيي–ستوكس[3] Navier-Stokes. تتضمن هذه النماذج حدوداً جديدة تتعلق تفاصيلها بطبيعة الانهيار (انهيار ثلجي "مسحوق" أو "سائل"). عند اعتماد هذا الوصف فنحن نقبل سلفا بعدد من التقريبات: يُفترض أن تقدم المعادلات معلومات حول السلوك

[1] العنوان الأصلي للمقال: SIMULER LES AVALANCHES

موقعها: http://www.breves-de-maths.fr/simuler-les-avalanches/

[2] انظر صفحته: http://www-sop.inria.fr/members/Thierry.Goudon/index.html

المعهد القومي الفرنسي للبحث في العلوم العددية (INRIA) صوفيا انتيبوليس Sophia Antipolis (نيس، فرنسا)، موقعها: https://team.inria.fr/coffee

[3] انظر : https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89quations_de_Navier-Stokes

المتوسط للسيلان، لكن عيب هذه المعادلات أنها لا تدرك التفاصيل على مستوى بلورات الثلج! لذا، فما نطلبه من المعادلات هو أن تكون قادرة على تمثيل تشكُّل الانهيار الثلجي "بدقة كافية" مع إتاحة الفرصة للحاسوب بإجراء الحسابات المرتبطة بها خلال مدة معقولة (لنقل خلال بضع ساعات).

غير أن هذه الحدود الإضافية التي ندمجها ضمن المعادلات "الكلاسيكية" –وهي معادلة معروفة بتعقيداتها حتى قبل هذه الإضافة– تغيّر البنية الرياضياتية لتلك المعادلات بشكل جذري. تترتب عن هذا الوضع نتيجتان. فمن جهة، يزداد تحليل المسألة صعوبة إذ يستدعي استخدام مبرهنات جديدة لوصف بعض خصائص الحلول. ومن جهة أخرى، من الضروري تقديم أفكار مبتكرة، وذلك من أجل استنباط طرق عددية لمحاكاة هذه المسألة. ويرجع ذلك إلى كون الحدود الإضافية تأتي بصعوبات جمة.

أخيرا، يمكن مقارنة النتائج المتحصل عليها من خلال "الانهيارات العددية" مع المعطيات التجريبية المسجّلة في الموقع أو في المخبر. ومع ذلك تظل بعض معاملات المعادلات صعبة التقييم رغم أنها تلعب دورا أساسيا في دراسة سلوك السيلان.

على أية حال، فإن النمذجة الرياضياتية للانهيارات الثلجية وإشكاليات محاكاتها العددية تطرح مسائل مفتوحة على نطاق واسع. إنها موضوع لأبحاث النشطة تتطلب، فضلا عن المهارات التقنية، تفاعلا قويا بين المهندسين والفيزيائيين: ينبغي البحث عن نموذج "جيد"، و"بسيط"، ومع ذلك دقيق إلى حد مقبول، يقاوم الارتياب على مستوى العوامل المؤثرة، ويتمتع بخصائص بنيوية "جيدة"؛ ثم ينبغي تصميم خوارزميات عالية الأداء.

للاستزادة:

- مقالة قصيرة من نفس السلسلة:

  Analyser 47 ans d'avalanches pour prévenir les risques futurs.
  http://www.breves-de-maths.fr/analyser-47-ans-avalanches-dans-les-alpes-pour-predire-les-risques-futurs/

- مقال في موقع "Images des Mathématiques " بعنوان:

  Une approche pour simuler des avalanches de neige ; des mathématiques en montagne.
  http://images.math.cnrs.fr/Une-approche-pour-simuler-des.html?lang=fr

- شريط حول المحاكاة العددية لميكانيك الموائع

  https://www.inria.fr/centre/lille/recherche/sciences-pour-tous2/avis-de-recherche

- C. Calgaro, E. Creusé, T. Goudon : Simulation of Mixture Flows: Pollution Spreading and Avalanches
  https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00732112

- موقع IRSTEA

  https://www.irstea.fr/fr

- أعمال حول الانهيارات الثلجية المسحوقة لجوسلين إتيان Jocelyn Etienne

https://www-liphy.ujf-grenoble.fr/pagesperso/etienne/

والموقع Toraval لكريستوف أونسي Christophe Ancey :

http://www.toraval.fr/
https://www-liphy.ujf-grenoble.fr/equipe/dyfcom/etienne/Papers/EPFL-Juin2004.html?lang=fr
http://www.toraval.fr/

مصدر الصورة: C. *Vion*/Irstea.