

استقرار نماذج المجرة¹

بقلم: محمد ليمو Mohammed Lemou²

فلوريان ميهاتس Florian Méhats³

بيير رافائيل Pierre Raphaël⁴

ترجمة الطالبتين: سماح حمزاوي

فاطمة الزهراء بولنوار



مجرة بيضاوية الشكل

تسبح أرضنا في فضاء مجرة متوسطة الحجم، وهي مجرة درب التبانة⁵. تمثل حركية هذه الأجرام السماوية مصدر سحر لا ينضب لعلماء الرياضيات. لو تتعرض مجرة للاضطراب، حتى بقسط قليل بسبب بيئتها، فهل ستحافظ على شكل قريب مما هي عليه، أو على العكس من ذلك ستتغير رأساً على عقب (ربما يؤدي الوضع إلى انفجارها)؟ هذا يتوقف على الحالات المطروحة، وهنا يدخل مفهوم الاستقرار وعدم الاستقرار.

¹ العنوان الأصلي للمقالة : STABILITÉ DE MODÈLES GALACTIQUES

موقعها الإلكتروني : <http://www.breves-de-maths.fr/stabilite-de-modeles-galactiques/>

² صفحته المهنية : <https://perso.univ-rennes1.fr/mohammed.lemou/>

³ صفحته المهنية : <https://perso.univ-rennes1.fr/florian.mehats/>

جامعة رين 1 الفرنسية. صفحتها: <https://www.univ-rennes1.fr/>

⁴ صفحته المهنية : <http://unice.fr/recherche/chercheurs-a-lhonneur/chercheurs/raphael-pierre>

جامعة نيس الفرنسية. صفحتها: <http://unice.fr/>

⁵ انظر الموقع : https://en.m.wikipedia.org/wiki/Milky_Way

خلال القرن الثامن عشر، كرّس جوزيف لويس لاغرانج Joseph Louis Lagrange⁶ الكثير من أعماله لمسألة استقرار النظام الشمسي. وفي بداية القرن العشرين، عرض هنري بوانكاريه Henri Poincaré⁷ مثالا لنظام يتسم بعدم استقرار أساسي، يسمى "النظام الفوضوي"⁸، أي أن التنبؤ به أمر مستحيل. نشير إلى أن كل مجرة تحتوي على 100 مليار نجم على الأقل. وتتطلب نمذجة نظام بهذا الحجم، متعلق بالجاذبية، عدةً جديدة. ومن النماذج المستخدمة ذلك المستوحى من الأفكار الثورية للودونغ بولتزمان Ludwig Boltzmann⁹ (القرن التاسع عشر) : وصف بطريقة إحصائية تطور N جسما -عندما يكون N كبيرا جداً وتكون هذه الأجسام مترابطة نسبياً- من خلال معادلة تفاضلية جزئية غير خطية¹⁰ نحصل عليها باعتبار N يؤول إلى لانهاية.

في البداية، تم تطبيق هذه المقاربة في حالة الغازات المتصادمة فظهرت معادلة بولتزمان¹¹. لكن، نجوم المجرة نادرة الاصطدام، والتفاعل بينها يتم أساسا عن بعد عبر مجال الجاذبية. في ثلاثينيات القرن العشرين، اكتشف أناتولي فلاسوف Anatoly Vlasov¹² كيفية التعامل مع النهاية لما يؤول N إلى لانهاية في حالة عدم التصادم. فأدى ذلك إلى الحصول على معادلة فلاسوف-بواسون Valsov-Poisson¹³ في صيغتها المتعلقة بالجاذبية. تصف هذه المعادلة بدقة كبيرة تطور الأنظمة النجمية خلال نطاقات زمنية كبيرة.

من خلال إعادة النظر في سلسلة من أعمال الفيزيائيين ليندن بيل Lynden-Bell¹⁴ وأنتونوف Antonov في ستينيات القرن العشرين -المخصصة لنموذج مبسط من نظام فلاسوف-بواسون المتعلق بالجاذبية- وباستخدام أفكار جديدة من حساب التغيرات¹⁵ (وهو فرع من فروع الرياضيات أسسه ج. ل. لاغرانج لحل المسائل التي تتطلب إيجاد دالة تعطي القيمة الصغرى أو العظمى لكمية معينة)، ظهر مؤخرا

⁶ انظر الموقع : https://en.m.wikipedia.org/wiki/Joseph-Louis_Lagrange

⁷ انظر الموقع : https://en.m.wikipedia.org/wiki/Henri_Poincar%C3%A9

⁸ انظر الموقع : <https://www.chaos-math.org/fr.html>

⁹ انظر الموقع : https://en.m.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Boltzmann

¹⁰ انظر الموقع : https://en.m.wikipedia.org/wiki/Partial_differential_equation

¹¹ انظر الموقع : https://en.m.wikipedia.org/wiki/Boltzmann_equation

¹² انظر الموقع : https://en.m.wikipedia.org/wiki/Anatoly_Vlasov

¹³ انظر الموقع :

<http://www.franceinfo.fr/sciences-sante-equation/info-sciences/l-equation-de-vlasov-selon-cedric-villani-453515-2011-11-22>

¹⁴ انظر الموقع : <http://kavliprize.org/artikkel/vis.html?tid=41094> (موقع غير متاح أثناء الترجمة).

¹⁵ انظر الموقع :

<https://www.franceculture.fr/emissions/continent-sciences/joseph-louis-lagrange-et-le-calcul-des-maxima-et-des-minima>

تخمين لعلماء الفيزياء الفلكية حول استقرار بعض الحشود المجريّة التي تسمى "حشودا كروية متناقصة كروية".

ومع ذلك، لا يزال هناك الكثير من العمل. فسواء كنا ندرس الديناميكا السماوية على حدود الكون أو ديناميكا الموائع في كأس ماء، فإن ما لا نفهمه هو السبب الذي يجعل هذه الديناميكيات غير مستقرة! ورغم هذا، يمكن للمحاكاة الرقمية أن تساعد في تحديد مسببات بعض حالات عدم الاستقرار المرصودة، كما هو الحال بالنسبة لحركات الكواكب في النظام الشمسي¹⁶.

للاستزادة:

- M. Lemou, F. Méhats et P. Raphaël (2012), "Orbital stability of spherical galactic models", *Inventiones Math.*, Vol. 187 pp. 145–194.
<https://math.unice.fr/laboratoire/fiche&id=504>
- J. Binney, S. Tremaine (1987), "Galactic Dynamics", Princeton University Press.
<http://press.princeton.edu/titles/2537.html>

• للتعق: دورة ما بعد الماستر حول ديناميكا المجرات.

<http://aramis.obspm.fr/~combes/post-master/index.html>.

• مقال للجمهور العام عن ديناميكا المجرات، وتقدم المحاكاة الرقمية.

<https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/astronomie-dynamique-galaxies-progres-simulations-numeriques-recompenses-7883/>

• [تسجيل صوتي] شرح س. فيلاني C. Villani لمعادلة فلاسوف-بواسون.

<http://www.franceinfo.fr/sciences-sante-equation/info-sciences/l-equation-de-vlasov-selon-cedric-villani-453515-2011-11-22>

مصدر الصورة : astronomija.

¹⁶ انظر الموقع : <http://www.breves-de-maths.fr/que-va-devenir-le-systeme-solaire/>