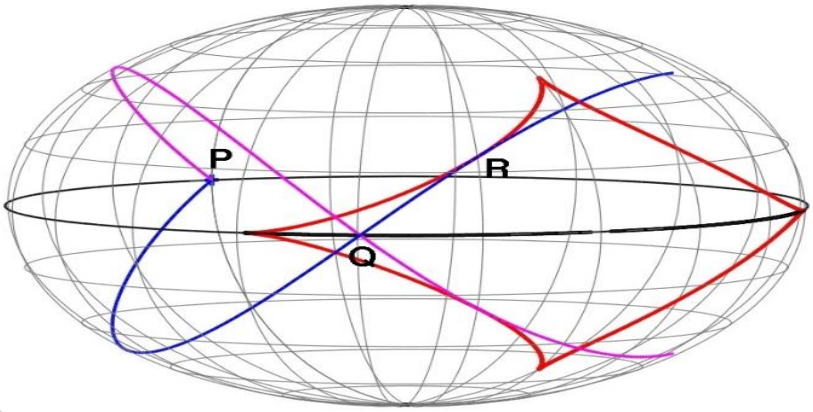
مجسّم إِهْلِيلَجِيّ قد يحجب آخر[1]

بقلم: جان–باتيست كايو Jean-Baptiste Caillau [2]

ترجمة الطالبتين: سمـــــــاح حمزاوي

فاطمة الزهراء بولنوار



مجسّـــــم إِهْلِيلَجِيّ

سواء تعلق الأمر ببعثة لرصد الأرض، أو محيطاتها، أو مجالها المغناطيسي، أو الاتصالات السلكية واللاسلكية، فقد أصبح استخدام الأقمار الصناعية في مدار حول كوكبنا أمرا بسيطا. بعض هذه المركبات الفضائية تستفيد من الطاقة الشمسية لتغيير مسارها باستخدام دفع منخفض الشدّة. قد يستغرق التحوّل **من مدار الاطلاق إلى المدار النهائي** عدة أشهر. ومن ثمّ فمن المعايير التي ينبغي مراعاتها تقليص مدة التحوّل وتخفيض الطاقة المستهلكة.

من المعروف منذ كبلر Kepler [3] (1571–1630)، بالنسبة للقيم المناسبة للموضع والسرعة، أن شكل المدارات قطع ناقصة. ولذلك نطرح السؤال الطبيعي التالي: في حالة التحرك على مدارين إهليلجيين (ناقصيين) في نفس الاتجاه، هل يمكن إيجاد قانون لمراقبة محرك القمر الصناعي يسمح له بتنفيذ التحوّل من مدار إلى آخر؟ الإجابة على هذا السؤال الأساسي في نظرية المراقبة هي نعم، مهما كان حجم الدفع

---

[1] العنوان الأصلي للمقالة : UN ELLIPSOÏDE PEUT EN CACHER UN AUTRE

موقعها الإلكتروني : http://www.breves-de-maths.fr/tout-autour-de-la-terre-2nde-partie/

[2] صفحته المهنية : http://caillau.perso.math.cnrs.fr/

–جامعة بورغونيه (Bourgogne). صفحتها: https://math.u-bourgogne.fr/

[3] انظر: http://www.breves-de-maths.fr/tout-autour-de-la-terre-2nde-partie/Kepler%20(1571-1630)

(الموقع لم يكن متاحا أثناء الترجمة).

المتاح للمركبة الفضائية صغيرا. وبالتالي، **من بين كل المسارات التي تحقق عملية التحوّل، يمكننا البحث عن تلك التي تخفّض الطاقة الضرورية إلى أدنى حدّ.**

لو منحنا أنفسنا متسعا من الوقت لتصورنا أن قوة دفع ضعيفة تكفينا، ولكن علينا أن ندور حول الأرض عديد المرات لتشويه المدار الأولي باستمرار حتى ننتقل إلى المدار النهائي: الفكرة الكلاسيكية في هذا السياق هي الاكتفاء بالنظر إلى معدل التطور –في كل دورة– للعوامل التي تصف القطع الناقص الذي توجد عليه المركبة. خلال الستينيات، أظهر المهندس الأمريكي ت. ن. إدلبوم T. N. Edelbaum بحساب صريح، أن تحديد هذه المسارات التقريبية يتمثل بوجه خاص في العثور على أقصر المسارات على كرة مشوّهة يمثل إحداثياها اللامركزية (أي مدى استطالة القطع الناقص) وموضع الحضيض (أي أقرب نقطة إلى الأرض).

مفاجأة: يتم قياس الأطوال على هذا السطح تقريباً كما يتم على السطح الكروي المفلطح، بنسبة نصف القطر القطبي/ نصف القطر الاستوائي المساوية لـــ $1/\sqrt{5}$ (حوالي 0.447، وهذا أكثر تفلطحاً من الشكل الإهليلجي الذي يمثل الأرضي). يوضح ذلك التحولات **المدارية ذات الطاقة الدنيا**. وكما هو الحال في المجسم الإهليلجي المبيّن في الشكل أعلاه، يحدث نوعان من الظواهر عند محاولة اتباع مسار أقصر. ننطلق من النقطة P على خط الاستواء (باللون الأسود على الشكل)، ونتبع المنحنى الأزرق: إنه منحنى المسار الأقصر... حتى يلتقي في Q (على خط الاستواء) مع نظيره المنحنى الأرجواني. بالإضافة إلى ذلك، إذا واصلنا اتباع المنحنى الأزرق إلى ما بعد Q، فسينتهي الأمر بالمنحنى إلى لمس المنحنى الأحمر النجمي فيR. بعد نقطة التماس هذه –ولكي ننتقل نحو النقاط التي مررنا بها انطلاقا من النقطة P – توجد مسارات أقصر من المنحنى الأزرق رغم أنها قريبة جدا منه. لاحظ أن هذه الظاهرة الأخيرة لا تحدث بين Q و R: اضطراب صغير للمنحنى الأزرق يعطي إذن مساراً أطول.

يعتمد شكل المنحنى الأحمر بصورة عامة على طبيعة تفلطح المجسم الإِهْلِيلَجِيّ : إذا تم تمديد هذا الأخير حتى يقترب من الشكل الكروي، سيتقلص النجم حتى يصبح أشبه بنقطة واحدة (نظيرة النقطة P). وعلى العكس من ذلك، إذا تمت فلطحة المجسم الإِهْلِيلَجِيّ حتى الحصول على قرص ذي وجهين، فإن النجم يتشوّه إلى أن يعطي المنحنى القلبي الذي ورد ذكره في المقالة القصيرة " حول الأرض" (Tout autour de la Terre).

للاستزادة:

- مقالة من نفس السلسلة بعنوان "حول الأرض" (Tout autour de la Terre)

http://www.breves-de-maths.fr/tout-autour-de-la-terre/

- تطبيق "سوارم" SWARM – فهم أفضل لحركة الأرض

SWARM – Mieux comprendre le fonctionnement de la Terre.
https://cnes.fr/fr/web/CNES-fr/5920-swarm.php

- محرك أيوني Ion drive

https://en.m.wikipedia.org/wiki/Ion_thruster

- Garder le contrôle… à l'aide des mathématiques, K. Beauchard, J.-M. Coron et P. Rouchon. http://smf.emath.fr/files/23-30.pdf

مصدر الصورة: Wikimedia Commons.

https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Caustique.jpg