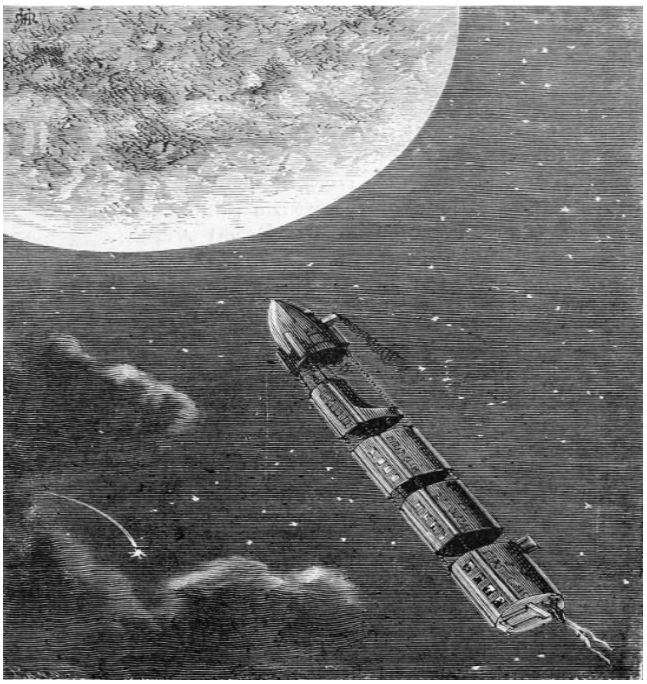
من الأرض إلى القمر[1]

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

ترجمة الطالبتين : سمـــــاح حمزاوي

فاطمة الزهراء بولنوار



طريقة الإطلاق لاستهداف القمر، ليست ببعيدة عن قذيفة جول فيرين.

في إطار أول بعثة أوروبية إلى القمر (SMART1)[3]، قامت أوروبا سنة 2003 بنقل قمر صناعي مجهز بمحرك كهربائي من مدار حول الأرض إلى مدار حول القمر. نظرا لأن هذا النوع من الدفع ليس قويا، **من المهم تقدير الحد الأدنى لمدة الرحلة: من الأرض إلى القمر** في أقل مدة.

في الأساليب الجديدة للميكانيكا السماوية[4]، يعرّف بوانكاريه Poincaré (1854–1912) المسألة الدائرية المقيّدة للأجسام الثلاثة[5] تقريبا بـــ: كتلتان متجاذبتان ترسمان دوائر لها نفس المركز حول مركز

---

[1] العنوان الأصلي للمقالة : De la Terre à la Lune

موقعها الإلكتروني : http://www.breves-de-maths.fr/de-la-terre-a-la-lune/

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

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

[3] انظر: http://www.futura-sciences.com/magazines/espace/infos/dico/d/univers-smart-1-2533/

[4] انظر: http://henripoincarepapers.univ-lorraine.fr/bibliohp/

[5] انظر: http://www.astrosurf.com/rondi/3c/theorie.htm

جاذبيتهما. وهناك كتلة ثالثة، من المفترض أن تكون مهملة، تخضع لجذب الكتلتين السابقتين دون التأثير على حركتهما. كان بوانكاريه مهتما بنظام "الشمس–الأرض–القمر" الذي أُهملت فيه كتلة القمر. كما أن مدار الأرض حول الشمس، ومدار القمر حول الأرض شبه دائريين. والمسألة المقيّدة لبوانكاريه يمكن أن تُستخدم كتقريب لدراسة نظام "الأرض–القمر" حيث يمثل الجسم الثالث مركبة فضائية مثل قمرنا الصناعي. الجديد هنا هو أن هذه المركبة مجهزة بوسائل الدفع.

لكن، هل يمكننا أن نرسل قمرا صناعيا من مدار أرضي إلى مدار قمري، مهما كانت قوة الدفع صغيرة؟ نعم، شريطة أن تظل كمية تسمى تكامل جاكوبي[6] أقل من القيمة التي تأخذها عند نقطة خاصة في الفضاء، تسمى النقطة الأولى للاغرانج Lagrange [7] أو النقطة L1. هذه النقطة، الواقعة بين الأرض والقمر على المحور الذي يفصلهما، تتميز بكون قوة جذب الكوكب الأول للثاني تساوي قوة جذب الكوكب الثاني للأول: إذا وجد جسم في هذه النقطة فإنه يظل فيها إلى الأبد. (نظريا على الأقل، بما أن النقطة غير مستقرة، فمن الضروري عمليا ممارسة بعض السيطرة من أجل بقائها هناك). توجد خمس نقاط توازن للمسألة المقيدة، تسمى نقاط لاغرانج، من L1 إلى L5، تستخدم عادة في تصميم البعثات الفضائية[8].

يندرج تحديد مسار "أرض– قمر" في أقل مدة ممكنة ضمن مسائل التحكم الأمثل[9]. في خمسينيات القرن العشرين، أثبت ل. س. بونترياغين L. S. Pontryagin [10] (1908–1988) ومساعديه أنه من الممكن **ردّ المسألة إلى حل معادلة تفاضلية لا يعرف شرطها الابتدائي إلا جزئيا**. ومن ثمّ، تتمثل الإستراتيجية في محاولة تخمين المعلومات الناقصة في نقطة البداية، وبعد ذلك حلّ المعادلة لمعرفة ما إذا كنا نبلغ الهدف (وهو مدار قمري هنا). يتم استخدام انحراف الهدف المرصود لتصحيح تقييم الحالة الأولية غير المكتملة، ومن ثمّ نعيد الكرّة. تسمى هذه الطريقة بطريقة الرماية. وهكذا نستطيع تعديل زاوية المدفع وفقا للهدف، وبناء على الخطأ الذي تم قياسه أثناء إطلاق سابق. لتحسين تقارب هذه الخوارزمية، من المفيد تبسيط المسألة عن طريق إزالة جاذبية القمر في البداية وإعادة إدراجها تدريجيا. بهذه الطريقة نحلّ المسائل التي تمثّل تشوهات للمسألة الأصلية. أدت فكرة التشوّه المستمر دورا مهما في أعمال بوانكاريه الخاصة بالنظرية القمرية.

طريقة الرماية لاستهداف القمر، ليست بعيدة عن قذيفة جول فيرين Jules Verne.

---

[6] انظر: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Jacobi_integral

[7] انظر: https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-point-lagrange-4540/

[8] انظر: http://www.breves-de-maths.fr/points-de-lagrange-missions/

[9] انظر: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Optimal_control

[10] انظر: http://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Pontryagin.html

للاستزادة:

- 3 مقالات من نفس السلسلة :

1. نقاط لاغرانج والبعثات بين الكواكب

- Points de Lagrange et missions interplanétaires
  http://www.breves-de-maths.fr/points-de-lagrange-missions

2. مجسّم إِهْلِيلَجِيّ قد يحجب آخر

- Un ellipsoïde peut en cacher un autre
  http://www.breves-de-maths.fr/tout-autour-de-la-terre-2nde-partie/

3. ريتشارد بيلمان والبرمجة الديناميكية

- Richard Bellman et la programmation dynamique
  http://www.breves-de-maths.fr/richard-bellman-et-la-programmation-dynamique/

- « Three-body problem », A. Chenciner.
  http://www.scholarpedia.org/article/Three_body_problem

- صفحة من الموقع الشبكي للمجلس القومي الاقتصادي والاجتماعي (CNES) مخصصة لبعثة SMART1
  http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/905-smart-1-leurope-dans-la-course-a-la-lune.php

- « 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
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Delaterrelalun00vern_0123_1.png