نافييه Navier وتلك الطيور المحيّرة[1]

بقلم: ديديي براش Didier Bresch [2]

ترجمة الطالبتين: أشواق بن حمادي

ريحانة جوجو

طيران الطيور، تَحَدٍ للرياضياتيين

ولد كلود لويس ماري هنري نافييه Claude Louis Marie Henri Navier[3] بتاريخ 10 فيفري 1785 في مدينة ديجون Dijon الفرنسية. وقبل فترة طويلة من تصميم الإنسان للأجسام الطائرة المزودة بالمحركات، ساهم هذا الرياضياتي، مهندس الطرقات والجسور[4]، بأعماله في ميكانيك الموائع لفهم طيران الطيور.

قُبَيلَ ولادة نافييه، أبدع الرياضياتي ليونهارت أويلر Leonhard Euler[5] في إنشاء جمل معادلات[6] تحمل اسمه إلى اليوم وتصف جريان المائع مثل الهواء.

---

[1] العنوان الأصلي للمقالة : NAVIER ET CES DRÔLES D'OISEAUX

موقعها الالكتروني : http://www.breves-de-maths.fr/navier-et-ces-droles-doiseaux/

[2] عضو في مخبر الرياضيات في جامعة سافوا (université de Savoie) ومدير أبحاث المركز القومي للبحث العلمي (CNRS)،

انظر الموقع : https://www.lama.univ-savoie.fr/index.php

صفحته المهنية : https://www.lama.univ-savoie.fr/pagesmembres/bresch/

[3] انظر الموقع: https://fr.wikipedia.org/wiki/Henri_Navier

[4] انظر الموقع: https://fr.wikipedia.org/wiki/Ingénieur_des_ponts,_des_eaux_et_des_forêts

[5] انظر الموقع: https://en.wikipedia.org/wiki/Leonhard_Euler

[6] انظر الموقع: https://en.wikipedia.org/wiki/Euler_equations_(fluid_dynamics)

كما اهتم الموسوعي دالمبير D'Alembert[7] أيضًا بمسألة النمذجة التي تصف جريان المائع، وتوصل إلى هذا الاستنتاج المثير للقلق (مفارقة دالمبير) : «إذن فأنا لا أدرك، أعترف بذلك، كيف يمكن تفسيرُ مقاومةِ الموائع من الناحية النظرية بأسلوبٍ ملائمٍ. فعلى العكس من ذلك، يبدو لي أن هذه النظرية، عندما تُعالج بعمق ودقة، ستفضي إلى أن المقاومةَ حتما معدومة، على الأقل في عدة حالات. إنّها مفارقة غريبة للمهندسين عساهم يوضحوها» (ذكرت المفارقة بصورة مفصلة إثر أعمال بري دو سانت فنان Barré de Saint-Venant[8]). إلا أنّ الطيران لا يمكن أن يتم في حال انعدام المقاومة : فكيف يمكن للطيور أن تطير وتحلق؟ **تدعونا هذه النتيجة الرياضياتية إلى إعادة النظر في النموذج الابتدائي** (معادلات أويلر) من أجل "السماح رياضياتيا للطيور بالطيران".

بعد ذلك ببضع سنوات، طرحت مجددا مسألة طيران الطيور في أكاديمية العلوم. وقد كان الموضوع محل جدال متواصل، فتعددت التجارب... بل ذهب البعض إلى فرضية مفادها أن عضلات الصدر عند الطيور تعرف تطورا هائلا مقارنة بالثدييات. وفي هذا الخضم، كتب نافييه تقريرًا سنة 1829عن طيران الطيور، وذلك أثناء مناقشة مذكرة حول هذا الموضوع قُدمت لأكاديمية العلوم. ناقش نافييه في تقريره إجراءات، وأورد مقارنات، وقدّم فرضيات لم تقنع الجميع (انظر نص ج. م. أ. ديبروشي J.M.A Dubrochet وأعمال الفيزيولوجي إ. ج. ماري E. J. Marey[9]).

في الواقع، تَطَلَب توضيح مفارقة دالمبير قرابة قرن من الانتظار. وبفضل التعديلِ الجوهري الذي أُدخِل على معادلات أويلر (وهي فكرة يبدو أنها كانت أيضا لدى بري دو سانت فنان) وراعى الاحتكاكات داخل المائع، توصل نافييه إلى نموذج جديد سيسمح في آخر المطاف للطيور بالطيران (رياضياتيًا)! نُسب هذا النموذج أيضًا للعالم الشهير الأيرلندي جورج جابرييل ستوكس George Gabriel Stokes[10]، ولذا يحمل حاليًا اسم معادلة نافييه–ستوكس[11]. تسمح هذه المعادلة، على وجه الخصوص، بشرح ما يسمى بقوة الرفع[12] وقوة المقاومة[13] لجسم مغمور في مائعٍ يوصف بأنّه "لزج" (القول إن الهواء لزج يتنافى مع الحدس، غير أنّ

---

[7] انظر الموقع: https://fr.wikipedia.org/wiki/Jean_Le_Rond_d'Alembert

[8] انظر الموقع: https://fr.wikipedia.org/wiki/Adhémar_Barré_de_Saint-Venant

[9] انظر الموقع: https://fr.wikipedia.org/wiki/Étienne-Jules_Marey

[10] انظر الموقع: https://en.wikipedia.org/wiki/Sir_George_Stokes,_1st_Baronet

[11] انظر الموقع: https://en.wikipedia.org/wiki/Navier_Stokes_equations

[12] انظر الموقع: https://en.wikipedia.org/wiki/Lift_(force)

[13] انظر الموقع: https://en.wikipedia.org/wiki/Drag_(physics)

الأمر يتعلق هنا بمسألة أخرى مرتبطة بظاهرة الطبقات الحدية التي لن نتعرض لها في هذا المقام). يمكن الإطلاع على الرسومات الرائعة[14] التي سجلها إ. ج. ماري –رائد نفق الرياح (wind tunnel) الديناميكي الهوائي– بهدف مشاهدة تدفقات الهواء حين تواجه عقبة، مستعينا في ذلك بالدخان.

اليوم، لا يقتصر استعمال معادلات نافييه–ستوكس على محاولة فهم أفضل لتعقيدات آلية طيران الطيور فحسب، بل يفيدنا أيضا في تحليل الاضطرابات داخل الأنهار وتحرك كتل الهواء وجريان المحيطات. كما استُخدمت المعادلات في التنبؤات الجوية بعد إضافة حدّ (في نفس المعادلات) يراعي دوران الأرض (بفضل أعمال غ. غ. كوريوليس G. G. Cariolis[15] الذي كان مقربًا من نافييه). نشير أيضا إلى أن هذه المعادلات تعتبر إحدى أهم مسائل جائزة الألفية التي اقترحها معهد كلاي للرياضيات Clay Mathematical Institute [16] على نبغاء رياضياتيي القرن الحادي والعشرين.

للاستزادة:

- D. Marshall, T.O. Hands, I. Griffiths, G. Douglas (2011), "Trajectory of a falling Batman" , Physics Special Topics, Vol. 10 pp. 9-12.
  https://physics.le.ac.uk/journals/index.php/pst/article/view/484/289
- G.Grimberg, W. Pauls, U. Frisch (2008), "Genesis of d'Alembert's paradox and analytical elaboration of the drag problem", Physica D: Nonlinear Phenomena, Vol. 237, No. 14-17, pp. 1878-1886.
  http://arxiv.org/abs/0801.3014
- M.J.A. Dubochet (1834) "Recherches sur le vol des oiseaux et l'art aéronautique", Société Royale Académie de Nantes.
- كتاب عن "طيران الطيور" "le vol des oiseaux"، تأليف إتيان جولي–ماري Etienne-Jules Marey، نشر دار "ماسون" Masson، 1890.

  https://www.biusante.parisdescartes.fr/histoire/medica/resultats/index.php?cote=extacad31476&do=livre
- مقالتان من موقع Images des Maths بعنوان :

Autour des équations de Navier

[14] انظر الموقع: https://www.musee-orsay.fr/fr/evenements/expositions/aux-musees/presentation-detaillee/article/mouvements-de-lair-etienne-jules-marey-1830-1904-photographe-des-fluides-4216.html?tx_ttnews%5BbackPid%5D=649&cHash=4ee41d4cf4

[15] انظر الموقع: https://fr.wikipedia.org/wiki/Gaspard-Gustave_Coriolis

[16] انظر الموقع: https://fr.wikipedia.org/wiki/Clay_Mathematical_Institute

http://images.math.cnrs.fr/Autour-des-equations-de-Navier.html
Quand les maths donnent des ailes
http://images.math.cnrs.fr/Quand-les-maths-donnent-des-ailes.html
- BDs de J.-P. Petit: Aspirisouffle, Mecavol.
http://www.savoir-sans-frontieres.com/JPP/telechargeables/Francais/ASPIRISOUFFLE.pdf
http://www.savoir-sans-frontieres.com/JPP/telechargeables/Francais/mecavol/mecavol.pdf

مصدر الصورة : http://www.ipernity.com/doc/francoise-delestrade/13704109