

Matemàtiques arreu i recursos

Racó històric

Gabrielle-Émilie le Tonnelier de Breteuil, Marquise du Châtelet

Mònica Blanco

Universitat Politècnica de Catalunya

Actualment, Gabrielle-Émilie Le Tonnelier de Breteuil, Marquise du Châtelet (París, 1706-Lunéville, 1749), és coneguda principalment com la companya i col·laboradora de Voltaire (1694-1778), així com la traductora més destacada a França dels *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* d'Isaac Newton (1643-1727). No obstant això, més enllà d'aquests dos fets, estudis recents han demostrat que l'obra de Du Châtelet va deixar una empremta significativa en les discussions filosòfiques i científiques dels anys 1730 i 1740. Els seus treballs van ser publicats i reeditats a París, Londres i Amsterdam. A més, van ser traduïts a l'alemany i l'italià, i comentats en les revistes científiques més influents de l'època, com les *Mémoires des Trévoux* o el *Journal des Sçavans*. Algunes de les seves aportacions van aparèixer a l'*Encyclopédie* de Diderot i d'Alembert. Va mantenir correspondència sobre física, matemàtiques i filosofia natural amb figures com Alexis-Claude Clairaut (1713-1765), Leonhard Euler (1707-1783), Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) i Christian Wolff (1679-1754). La seva obra va travessar fronteres no només pel seu coneixement i criteri, sinó també per les seves opinions liberals sobre sexe, religió i política. Filòsofa, física i matemàtica, Du Châtelet va ser una intel·lectual respectada pels seus contemporanis.

Institutions de Physique

Nascuda a París en el si d'una família aristocràtica molt propera a la cort reial, l'Émilie rebé

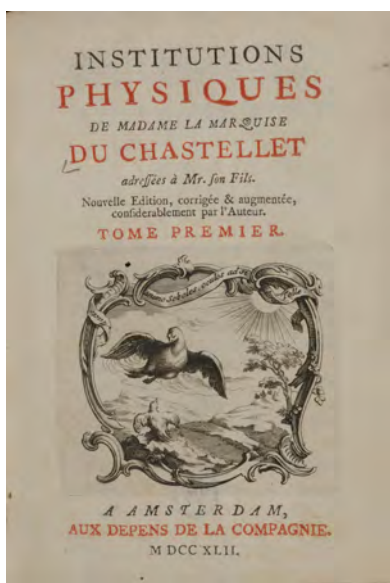
una educació literària, musical i científica [4, 6, 7]. Els seus pares organitzaven habitualment elegants vetllades a la seva casa de París, on l'Émilie va tenir l'oportunitat de conèixer personatges com el matemàtic Bernard le Bovier de Fontenelle (1657-1757) i Voltaire. El 1725, es va casar amb Florent-Claude, marquès du Châtelet i comte de Lomont. Junts van tenir una filla i dos fills, dels quals el segon va morir poc després de néixer.



Retrat de Gabrielle-Émilie Le Tonnelier de Breteuil, Marquise du Châtelet (Marianne Loir, ca. 1745)

És aleshores quan l'Émilie, ara Marquise du Châtelet, es va retrobar amb Voltaire. Quan les *Lettres philosophiques*, ou *Lettres anglaises*

(1733) de Voltaire van ser prohibides a França, la família de Du Châtelet va oferir protecció al filòsof al seu Château de Cirey, a la Xampanya. Allà, Voltaire i Du Châtelet van establir una acadèmia singular, per a ciència i arts, on convidaven matemàtics, escriptors i filòsofs d'arreu d'Europa. Van adquirir els millors i més recents llibres, i els millors instruments científics, per dur a terme experiments i recerca. En aquest context, van redactar diversos texts conjuntament, tot i que les seves idees no sempre coincidien del tot. El 1737 Du Châtelet va enviar la seva memòria *Dissertation sur la nature et la propagation du feu* al Grand Prix de l'Académie des Sciences. Tot i que el premi el va guanyar Euler, el treball de Du Châtelet va ser publicat el 1739, juntament amb la memòria presentada per Voltaire. Per primer cop l'Académie publicava el treball d'una dona, i aquesta distinció va col·locar la jove Du Châtelet en un lloc inèdit dins la comunitat científica francesa [6].



Frontispici de les *Institutions Physiques* (1742)

El 1740 publicà, de forma anònima, la seva obra magna, les *Institutions de Physique* [1, 2], obra adreçada al seu fill, al qual ella mateixa havia ensenyat geometria. L'obra va tenir bona acollida. El 1742 va aparèixer a Amsterdam una segona edició augmentada amb el títol *Institutions physiques* i fou traduïda a l'alemany i a l'italià el 1743. Diversos articles de l'*Encyclopédie* foren adaptats directament de les *Institutions*, alguns reescrits, d'altres en

la seva forma original. El 1746 Du Châtelet esdevé membre de l'Accademia delle Scienze di Bologna. Laura Bassi (1711-1778), física italiana, professora a la Universitat de Bolonya, i també membre de l'Accademia, va fer servir les *Institutions* de Du Châtelet a les seves classes.

Tot i ser una seguidora del newtonisme, en la introducció de les *Institutions* declara que té la intenció d'abastar un terreny més ampli, sense restringir-se als límits del sistema newtonià. Així, introdueix i explica la metafísica de Gottfried W. Leibniz (1646-1716) al públic francès, sent probablement la primera pensadora a França a considerar les idees leibnizianes. Amb la seva obra, Du Châtelet va participar en el famós debat sobre la vis viva, centrat en la millor manera de mesurar la força d'un cos i la forma més adequada de considerar els principis de conservació. La teoria de Leibniz sobre la *vis viva* (o força viva) va ser la primera descripció coneguda del que ara anomenem energia cinètica o energia relacionada amb el moviment dels cossos. Proposada per Leibniz entre el 1676 i el 1689, la teoria va generar polèmica, ja que semblava contradir la teoria de la conservació del moment defensada per René Descartes (1596-1650) i per Newton. Per a Leibniz, la força era energia en moviment, o energia cinètica, que es podia mesurar amb l'expressió mv^2 . Per contra, Descartes i Newton creien que la força es podia expressar com mv . Per a Du Châtelet, l'acceptació de la *vis viva* no posava en perill la validesa de la mesura cartesiana-newtoniana.

La seva correspondència amb Maupertuis, qui havia estat el seu tutor matemàtic entre 1733 i 1734, fa palès que el 1738 ja havia adquirit l'expertesa necessària per posicionar-se en el debat. Al capítol XXI de les *Institutions* criticava la memòria de 1728 de Jean-Jacques d'Ortous de Mairan (1678-1771), secretari perpetu de l'Académie des Sciences, sobre aquesta qüestió. Du Châtelet es decantava per Leibniz i la seva teoria sobre la *vis viva*. El 1741, Mairan va publicar una breu carta en defensa pròpia, esmenant Du Châtelet. Immediatament, ella va respondre amb una carta on refutava cadascun dels arguments de Mairan i defensava la superioritat de la *vis viva* de Leibniz [1, pp. 35-36].



Primera plana de la Lettre... à Madame la Marquise du Chastellet d'Ortous de Mairan (esquerra) i la Réponse d'Émilie du Châtelet (dreta) (Linda Hall Library)

Segons Itis [2, pp. 45-46], els seguidors de les teories de Newton i Leibniz sobre la mesura de la força en els anys 20 del segle XVIII estaven influïts tant pel compromís intel·lectual amb les visions de Newton i Leibniz, com pel compromís social envers els grups i institucions que envoltaven aquests dos científics. Aquests compromisos obstaculitzaven que les interpretacions oposades poguessin ser considerades vàlides. En la generació següent, durant els anys 40, aquests compromisos es van afeblir i es van començar a integrar elements de les dues filosofies de la natura. Les *Institutions de Physique* de Du Châtelet representen aquesta integració: en metafísica, adopta i unifica les visions de Descartes i de Leibniz; en mecànica, la dinàmica de Leibniz i la mecànica bàsica de Newton.

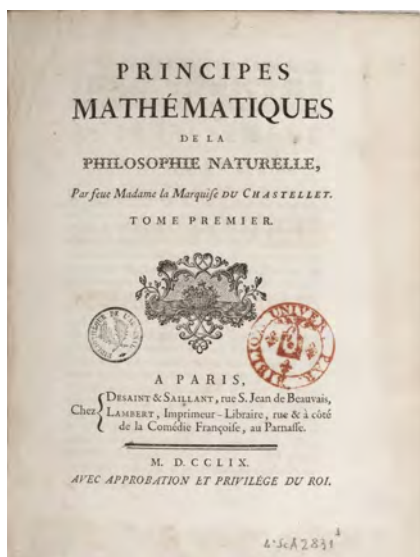
Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle

A mitjans dels anys 40, Du Châtelet era una de les poques persones que podien llegir i entendre les matemàtiques avançades, i el càlcul en particular, i que podien explicar i manipular les proposicions per aplicar-les a altres casos. Fins aleshores, només existia una traducció important dels *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, la de 1729 d'Andrew Motte a l'anglès, basada en la tercera edició de Newton. Calia, doncs, una traducció al francès per difondre les idees de Newton al Continent. Du Châtelet va començar a treballar en la traducció el 1745, obtenint el Privilegi Reial per a la

seva impressió l'any següent. En aquest projecte la va acompanyar Clairaut, com a conseller i revisor tant de la traducció com del comentari. Acabada la seva obra el 1749, va fer arribar el manuscrit a la Biblioteca del Rei a París abans de morir a causa de complicacions durant el part del seu quart embaràs. Els *Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle*, publicats parcialment el 1756 sota la direcció de Clairaut i amb un prefaci de Voltaire, es van publicar completament el 1759 [3].

L'obra de Du Châtelet es pot entendre com una traducció multinivell, com assenyala Zinsser [7, p. 235]. Consta de tres parts ben diferenciades. La primera part consisteix en la traducció, metòdica i curiosa, dels tres llibres dels *Principia*. Per a la traducció va fer servir les dues primeres edicions dels *Principia* de Newton, així com la versió llatina del *De Systemate mundi* (edició de 1731), que constitueix el llibre III dels *Principia*. Newton també havia escrit una versió més curta del seu sistema del món, *De mundi systemate liber*, on explicava l'aplicació dels seus teoremes, corol·laris, proposicions i lemes sobre el moviment dels cossos. Tanmateix, ambdues versions eren difícils de llegir, tant pel que fa al seu llenguatge i estil, com per les formulacions matemàtiques que contenia. A França només els físics i geòmetres més capacitats havien pogut llegir el sistema del món, en qualsevol de les dues versions. Tot i tractar-se d'una traducció més aviat literal, Du Châtelet hi va introduir alguns canvis, per fer més entenedora la prosa de Newton. El seu coneixement de la matèria queda palès en les decisions que pren en els passatges més controvertits. Per exemple, va escollir la interpretació de James Jurin (1684-1750) dels lemes I i XI de la primera secció del llibre I dels *Principia*, en lloc de la de Henry Pemberton (1694-1771), pel que fa a si les variables de Newton assolien els seus límits, o no. Jurin, a diferència de Pemberton, considerava que sí [7, nota 20]. Alguns historiadors atribueixen a Clairaut aquests canvis i decisions. Tanmateix, a causa de la seva intensa activitat entre 1745 i 1750, per a Zinsser sembla difícil imaginar que pogués dedicar-li temps a la revisió de la traducció de Du Châtelet. En el prefaci dels *Principes Mathématiques*, Voltaire afirmava que Du Châtelet havia contribuït a la creació d'un llenguatge francès més adient que

el llatí per expressar les veritats matemàtiques i físiques, per difondre arreu del món tots aquests coneixements nous.



Frontispici dels *Principes Mathématiques*

A continuació, ve el comentari de Du Châtelet, que comença per l'*Exposition abrégée du système du monde, et explications des principaux phénomènes astronomiques tirée des Principes de M. Newton*. Aquí ofereix una síntesi dels tres llibres dels *Principia*, de les matemàtiques del sistema del món abreujat de Newton i de les aplicacions de les matemàtiques newtonianes a les observacions del moviment dels planetes, dels seus satèl·lits i dels cometes. Es tracta d'una exposició clara, sense argot matemàtic o científic, que havia de permetre als lectors menys acostumats a discussions matemàtiques seguir la progressió gradual des de les seves explicacions en prosa, fins a les demostracions algebraiques més complexes. Finalment, la darrera part del comentari, *Solution analytique des principaux problèmes qui concernent les système du monde*, representa un altre tipus de traducció, al llenguatge del càlcul. Du Châtelet explica als seus lectors que, només "la méthode analytique" podria explicar fenòmens físics com la trajectòria dels cometes. Es tracta d'equivalents algebraics per a les seccions més complicades dels *Principia*. Du Châtelet va aplicar el càlcul diferencial i integral a l'estudi de casos específics als quals Newton només havia fet referència en el seu text, perfeccionant així el sistema newtonià. Les darreres seccions presenten descripcions

de treballs contemporanis que milloraven les proposicions del llibre I dels *Principia*. D'una banda, la relació entre atracció i forma de la Terra, i d'una altra els efectes de l'atracció lunar i solar sobre les mareas, a partir dels treballs de Clairaut i de Daniel Bernoulli (1700-1782), respectivament. Aquestes dues seccions finals servien com a introducció als estudis contemporanis sobre mecànica celeste. Amb els seus resums dels treballs de Clairaut i Bernoulli, Du Châtelet va completar la triple traducció dels *Principia*, fent accessible aquesta obra a diferents nivells.



- a) *Principia* de Newton, llibre I, secció III.
- b) *Principes* de Du Châtelet, Proposició X, problema V

Una criatura pensant

Al voltant de 1745, Mariane Loir (1705-1783) va pintar un retrat d'Émilie du Châtelet (Figura 1). Es creu que la mateixa Du Châtelet va encarregar aquest retrat a Loir amb l'objectiu d'ajudar-la a guanyar prestigi com a retratista professional. Du Châtelet, reconeguda per ser mecenes de dones en els àmbits de l'art i la ciència, podria haver escollit Loir precisament per aquest motiu. Aquesta és també la raó per la qual he optat per aquest retrat, en comptes del més conegut, basat en un altre quadre atribuït a Maurice Quentin de la Tour (1704-1788) [5].

A més del seu interès per la promoció de les dones en l'àmbit professional, Du Châtelet també es va posicionar a favor de l'educació intel·lectual de les dones. Va expressar la seva visió en el prefaci de la seva traducció de la controvertida *The fable of the bees* de Bernard de Mandeville (1670-1773), una de les primeres

defenses del consumisme com a motor de l'economia. No es va limitar a traduir l'anglès al francès, sinó que va eliminar seccions, hi va afegir material i va escriure un prefaci en què exposava la seva visió sobre la posició de les dones a la societat. Assenyalava els prejudicis, contradictoris, que exclouïen les dones de l'àmbit de les ciències: mentre que hi havia països governats per dones, no n'hi havia cap on se les educués per pensar. Es lamentava que aquestes criatures, tan semblants als homes, semblessin aturades per una força invencible davant d'aquesta barrera. Moltes dones, o bé desconeixien les seves capacitats, a causa de les mancances de la seva educació, o bé les amagaven per por als prejudicis. Conscient de la seva pròpia vàlua, Du Châtelet creia que calia lluitar contra aquesta barrera i posava com a exemple la seva pròpia experiència: "L'atzar em va fer conèixer gent de lletres, que van sentir simpatia per mi, i vaig veure amb gran sorpresa que em valoraven. Vaig començar a creure aleshores que jo era una criatura pensant." (*La fable des abeilles*, 1735, prefaci traductora, f 158v)

Referències

- [1] Ruth Hagenruber (ed.), "Émilie Du Châtelet Between Leibniz and Newton", Dordrecht: Springer, 2012.
- [2] Carolyn Iltis, "Madame Du Châtelet's Metaphysics and Mechanics.", *Studies in History and Philosophy of Science* 8 (1977): 29–48.
- [3] Isaac Newton, Émilie Du Châtelet, "Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle: par Feue Madame la Marquise Du Chastellet", 2 Vols. Paris: Desaint & Sailly, 1759. Edicions Jacques Gabay (1990).
- [4] John J. O'Connor, Edmund F. Robertson, "Gabrielle Émilie Le Tonnelier de Breteuil Marquise du Châtelet", *MacTutor*, 2003. <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Chatelet>.
- [5] Project Vox Team, "Gabrielle Émilie Le Tonnelier de Breteuil, la Marquise Du Châtelet", Project Vox. Duke University Libraries, 2019. <https://projectvox.org/du-chatelet-1706-1749>
- [6] René Taton, "Châtelet, Gabrielle-Émilie le Tonnelier de Breteuil, Marquise du.", *Dictionary of Scientific Biography*, ed. per C.C. Gillispie. New York: Charles Scribner's Sons, vol. III (1971): 215-217.
- [7] Judith Zinsser, "Translating Newton's Principia: The Marquise Du Châtelet's Revision and Additions for a French Audience", *Notes and Records of the Royal Society* 55 (2001): 227–245.

Models matemàtics i aplicacions

Innovació matemàtica: de la cuina perfecta a la sostenibilitat ambiental

Lluís Alsedà
Director del CRM

En el món actual, la innovació i la ciència treballen conjuntament per millorar aspectes quotidians com la cuina i la sostenibilitat ambiental. La combinació de tecnologia avançada, matemàtiques i transferència de coneixement ha permès a investigadors i professionals desenvolupar solucions creatives a problemes que van des de la cocció perfecta de la carn fins a l'eliminació eficient de contaminants en líquids.

En aquest article, il·lustrem aquesta sinergia amb dos projectes desenvolupats pel CRM.

En col·laboració amb Eurecat, s'ha creat un dispositiu innovador per optimitzar la cocció de la carn mitjançant l'ús de models matemàtics per monitoritzar la temperatura i adaptar el procés en temps real. Paral·lelament, s'ha publicat un nou model matemàtic que millora l'eliminació de contaminants en líquids, abordant