

## FINE SETTECENTO IN FRANCIA

- Jean Baptiste Le Rond d'Alembert (1717 - 1783)
- Etienne Bézout (1730 - 1783)
- Joseph-Louis Lagrange (1736 - 1813)
- Nicolas de Condorcet (1743 - 1794)
- Gaspard Monge (1746 - 1818)
- Pierre Simon Laplace (1749 - 1827)
- Adrien-Marie Legendre (1752 - 1833)
- Lazare Carnot (1758 - 1823)



## JEAN BAPTISTE LE ROND D'ALEMBERT



Jean Baptiste Le Rond d'Alembert (1717 - 1783)  
pastello di Maurice Quentin de La Tour, 1753

**Infanzia**

Figlio illegittimo della marchesa Claudine Guérin de Tencin, scrittrice, e del cavaliere Louis-Camus Destouches, uomo di fiducia del duca Leopoldo Filippo d'Arenberg, d'Alembert nacque nel **1717** a Parigi. Fu abbandonato dalla madre sui gradini della cappella di Saint-Jean-le-Rond di Parigi. Come voleva la tradizione, venne chiamato con il nome del santo protettore della cappella e divenne Jean le Rond.

Messo dapprima in orfanotrofio, trovò presto una famiglia di adozione: venne preso in affidamento dalla moglie di un vetraio. Il cavaliere Destouches, anche se non ne riconobbe ufficialmente la paternità, vegliò segretamente sulla sua educazione e gli accordò una rendita.

**Studi**

All'inizio, d'Alembert frequentò una scuola privata. Sotto l'influenza della famiglia Destouches, all'età di dodici anni d'Alembert entrò nel collegio giansenista delle Quattro Nazioni dove studiò filosofia, diritto e belle arti, conseguendo il baccellierato nel 1735.

I giansenisti orientarono d'Alembert verso una carriera ecclesiastica, cercando di dissuaderlo dal perseguire la poesia e la matematica. Tuttavia, la teologia era per lui «foraggio piuttosto inconsistente». Frequentò la scuola di legge per due anni, diventando avvocato nel 1738.

In seguito si interessò alla medicina e alla matematica. All'inizio si iscrisse a questi corsi con il nome di Darenberg, poi lo cambiò in d'Alembert, nome che conservò per il resto della sua vita.

### Carriera

Nel 1739 presentò il suo primo contributo nel campo della matematica, evidenziando gli errori che aveva riscontrato ne *L'analyse démontrée* di Charles René Reynaud, libro pubblicato nel 1708 e considerato all'epoca un'opera classica, sulla quale d'Alembert stesso aveva studiato le basi della matematica.

Nel 1740 propose il suo secondo lavoro scientifico nel campo della meccanica dei fluidi, *Mémoire sur le refraction des corps solides*. In quest'opera d'Alembert spiegò teoricamente la rifrazione. Inoltre, espose quello che oggi viene chiamato il *paradosso di d'Alembert*: la resistenza al moto esercitata su di un corpo immerso in un fluido non viscoso e incomprimibile è uguale a zero.

La celebrità ottenuta con il suo lavoro sul calcolo integrale gli permise di entrare all'*Académie des Sciences* nel maggio del 1741 all'età di 24 anni, e ne divenne *adjoint*, ricevendo poi il titolo di *associé géometre* nel 1746.

Nel 1743 pubblicò il *Traité de dynamique* nel quale espose il risultato delle sue ricerche sulla quantità di movimento.

Pochi anni dopo, un lavoro sulla causa dei venti gli procurò un premio dall'*Accademia di Berlino* e l'acclamazione a socio (a 28 anni), nonché l'amicizia di Federico II, che gli si conservò fervida e costante durante quarant'anni. Ma né il re, che gli offriva la nomina a presidente dell'*Accademia di Berlino*, né Caterina di Russia, che lo invitava premurosamente alla propria corte, quale precettore del figlio, offrendogli una ricca pensione, riuscirono a indurre il filosofo a mutare sede e vita. Sdegnoso di onori e desideroso d'indipendenza, non volle mai allontanarsi da Parigi, dove venne conquistando un posto sempre più eminente nel mondo letterario.

Fu assiduo frequentatore dei salotti parigini, dove incontrò Denis Diderot nel 1746, il quale lo reclutò per il progetto dell'*Encyclopédie*; l'anno seguente intrapresero insieme la direzione del progetto. D'Alembert si prese carico delle sezioni riguardanti la matematica e le scienze.

Nel 1751, dopo cinque anni di lavoro da parte di oltre duecento collaboratori, apparve il primo tomo dell'*Encyclopédie*.

D'Alembert scrisse oltre un migliaio di articoli, oltre al famosissimo *Discours préliminaire* (1751), compendio dell'enciclopedismo illuministico; in esso si ravvisano anche quegli elementi di empirismo sensistico che d'Alembert avrebbe poi divulgato negli *Éléments de philosophie* (1759).

Per la sua vivace difesa del programma fu chiamato la "volpe dell'*Encyclopédie*"; ma nel 1759, per divergenze con Diderot, d'Alembert abbandonò il progetto.

A fianco dell'attività scientifica, sviluppò anche una ricca attività di filosofo e di letterato e fu un insigne latinista.

Nel 1754 d'Alembert venne eletto membro dell'*Académie française* e ne divenne Segretario Perpetuo il 9 aprile 1772.

Fu grande amico di **Joseph-Louis Lagrange** che lo propose ancora nel 1766 quale successore di Euler all'*Accademia di Berlino*.

Nonostante i suoi enormi contributi nei campi della matematica e della fisica, d'Alembert è famoso anche per aver ipotizzato erroneamente, in *Croix ou Pile*, che la probabilità che il lancio di una moneta dia testa aumenta per ciascuna volta che il lancio dà come risultato croce. Nel gioco d'azzardo, la strategia di diminuire la puntata all'aumento delle vincite e di aumentare la puntata all'aumento delle perdite è perciò chiamata «sistema d'Alembert», un tipo di martingala.

Creò inoltre un suo criterio per verificare se una serie numerica converge.

Intrattenne una corrispondenza di rilevanza scientifica, in particolare con **Euler** e con Joseph-Louis Lagrange, ma solo parte di essa è stata preservata.

Venne eletto membro estero dell'Accademia di Scienze, Lettere ed Arti di Padova nel 1781.

Soffrì di cattiva salute per molti anni e gli ultimi anni della sua vita furono tristi, specialmente dopo la morte di Julie de l'Espinasse, che per un decennio lo aveva confortato della sua amicizia, animando del proprio brio il salotto letterario di lui.

Morì a Parigi nel 1783 a 66 anni. Essendo un noto miscredente, alla sua morte venne seppellito senza funerali religiosi in una tomba comune priva di lapide. Le sue ossa furono spostate nell'Ottocento nelle catacombe all'altezza di rue Faubourg-Montmartre.

## L'opera scientifica

Le ricerche di d'Alembert su quasi tutte le parti della matematica e sulla meccanica furono raccolte negli otto volumi degli *Opuscules* (1761-1780) e sebbene non raggiunse né la profondità né l'eleganza di Eulero e di Lagrange, meritano tuttavia un posto di prim'ordine nella storia della matematica e della cultura. Senza dubbio d'Alembert è da ritenersi uno dei maggiori scienziati francesi del secolo XVIII, uno dei più illustri ed efficaci continuatori dell'opera di Newton e di Leibniz.

I nuovi metodi leibniziani, oltre a ricerche classiche, oramai diventate elementari, sull'integrazione delle funzioni razionali di funzioni trigonometriche, sull'uso delle quantità complesse, sulla integrazione delle equazioni differenziali lineari ordinarie e alle derivate parziali, ebbero, per opera di d'Alembert, un'esposizione fatta con uno spirito di rigore e di chiarezza certamente notevolissimo per i suoi tempi, in vari articoli dell'*Encyclopédie* (*Différentiel, Fluxion, Géometrie...*) e con una costante applicazione della teoria dei limiti.

- Le considerazioni di d'Alembert sui logaritmi delle quantità negative non sono accettabili (pensava che  $\ln(-x) = \ln(x)$ ); ma ha notata per primo la necessità di una dimostrazione del *Teorema fondamentale dell'algebra*, che in Francia è chiamato *teorema di d'Alembert-Gauss*. Ne diede una dimostrazione, seppure imperfetta (1740).

- Più solido e imperituro il suo contributo alla meccanica, alla fisica matematica, alla teoria del sistema del mondo; e in questo campo l'opera maggiore e più classica è il famoso *Traité de Dynamique* (1743).

La grande importanza del *Traité* deriva dal fatto che contiene l'esposizione e numerosissime applicazioni del famoso principio di d'Alembert, sintesi profonda della dinamica dei sistemi materiali, col quale ogni questione di dinamica viene ricondotta ad una di equilibrio. Nel trattato si trova in germe la soluzione del problema del pendolo composto posto da **Jean Bernoulli** nel 1686.

- Né va dimenticato che in un altro celebre lavoro, *Recherches sur la précession des equinoxes* (1749), d'Alembert ha dato le sei equazioni cardinali di equilibrio di un sistema rigido.

- Infine è stato tra i primi, insieme con Euler e Daniel Bernoulli, a occuparsi del moto dei fluidi, della resistenza incontrata da un solido in un fluido e quindi della teoria delle equazioni alle derivate parziali del primo e del secondo ordine. Spetta a d'Alembert il merito di aver assegnato quattro nuove forme della legge di resistenza

che riconducono il problema alle quadrature: *Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides* (1744).

- Ma uno dei maggiori titoli di gloria di d'Alembert è quello di aver trovata l'equazione alle derivate parziali del secondo ordine di tipo iperbolico che regge le *piccole oscillazioni* trasversali di una corda omogenea uniformemente tesa: *Equazione delle corde vibranti* (*Opuscules*, 1747)

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

e di averla integrata con un metodo ingegnossissimo, ancor oggi seguito. La soluzione generale trovata sollevò tra lui e Eulero un'interessante discussione che preparò il terreno alle ricerche di Fourier e alla scoperta dello sviluppo di una funzione in serie trigonometriche (*serie di Fourier*).

- Le ricerche di meccanica celeste, sulla figura della terra, ecc. apparvero in vari volumi degli *Opuscules* e nei tre volumi *Recherches sur différents points importants du système du monde* nel 1754.

Nelle *Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation de l'axe de la terre dans le système newtonien*(1749), d'Alembert ha felicemente applicato il suo generale principio di dinamica allo studio del moto della terra intorno al suo centro di massa, sotto l'azione attrattiva del Sole e della Luna (problema dei tre corpi), arrecando così una delle più brillanti e celebri conferme della teoria dell'attrazione newtoniana.

La corrispondenza scientifica di d'Alembert con Eulero (pervenuti solo in parte) e con Lagrange (nelle *Oeuvres complètes* di Lagrange) è del più grande interesse per la storia della scienza nel secolo XVIII.

## ETIENNE BÉZOUT



Ritratto di Bézout (1730-1783)

Nato a Nemours nel 1730, dal 1758 fu membro dell'Académie des Sciences di Parigi. Il suo testo più famoso all'epoca era un manuale, tipico dell'epoca, di descrizione della matematica dal livello elementare a quello più elevato: *Cours d'analyse*, 6 volumi, apparso dal 1764 al 1769.

La sua opera più notevole è la *Théorie générale des équations algébriques* (Parigi 1779). Qui si trova enunciato il teorema

*"Il grado dell'equazione finale risultante da un numero qualunque d'equazioni complete, contenenti un egual numero d'incognite, e di gradi qualsiasi, è uguale al prodotto degli esponenti dei gradi di queste equazioni"*.

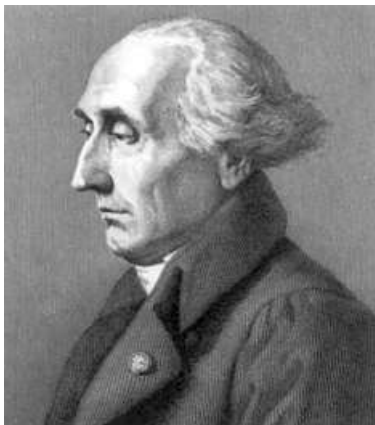
Nel caso più semplice il significato del teorema è che due curve piane  $C_m$  e  $C_n$  di gradi  $m$  e  $n$ , senza componenti comuni, s'intersecano in  $mn$  punti.

Già **Maclaurin** in *Geometria organica* (1720) aveva intuito questo risultato, la dimostrazione del quale è dovuta ad **Euler** (1748) e a **Cramer** (appendice di *Introduction à l'analyse des lignes courbes algébriques* nel 1750). Bézout ne diede una dimostrazione più completa.

Morì nel 1783.



## JOSEPH-LOUIS LAGRANGE



Ritratto di Lagrange (1736-1813)

Nacque a Torino nel 1736 da Giuseppe Francesco Lodovico Lagrangia (1708 – 1803), di lontane origini francesi nonché tesoriere dell'Artiglieria del Re di Sardegna, e da Maria Teresa Grosso, figlia unica di un medico benestante di Cambiano.

Lagrange era il maggiore di 11 fratelli ma di questi solo lui e un altro riuscirono ad arrivare all'età adulta. Come primogenito, fu chiamato a seguire le orme del padre iscrivendosi, all'età di quattordici anni, all'Università per intraprendere gli studi giuridici; tuttavia non sostenne alcun esame.

Sebbene avviato allo studio dei classici, come Cicerone e Virgilio, l'interesse per la matematica prevalse, iniziando a frequentare le lezioni di geometria e quelle di fisica sperimentale. Per quanto concerne le matematiche superiori, Lagrangia fu un autodidatta; iniziò a studiare gli *Elementa matheseos universae* del filosofo e logico Christian Wolff. Fu una lettura all'insaputa della famiglia, e poiché si trattava di un libro costoso dovette trascrivere e compendiare in diversi quadernetti.

In seguito, a partire dal 1752 e sempre da autodidatta, continuò nello studio di alcuni dei più importanti testi di matematica pubblicati in quel periodo: le *Instituzioni analitiche* di **Maria Gaetana Agnesi** (1748), le *Lectiones mathematicae de calculo integralium* di **Johann Bernoulli** (1742), il *Traité de dynamique* di **d'Alembert** (1743), il *Methodus inveniendi lineas curvas* di **Euler** (1744).

Delle opere di Euler, Lagrange lesse anche la sua *Mechanica*, pubblicata nel 1736, l'anno della sua nascita. Si trattava di un'importante opera di meccanica del punto materiale esposta, per la prima



volta, con i metodi dell'analisi infinitesimale. Per Lagrangia fu una lettura assai formativa, un vero "corso universitario a distanza", al punto che nel corso della sua lunga carriera scientifica, come per Euler, privilegiò sempre i metodi analitici, deprecando il ricorso alle dimostrazioni geometriche, come era d'uso allora.

Il suo primo lavoro scientifico fu una lettera a stampa, la *Lettera a Giulio Carlo da Fagnano*, pubblicato nel **1754**; fu l'unico lavoro di ricerca che scrisse in italiano. La notorietà e il positivo apprezzamento della comunità scientifica internazionale per questo primo lavoro gli valse, nel 1755, la nomina da parte del re Carlo Emanuele III a "Sostituto del Maestro di Matematica" nelle Regie Scuole di Teoria d'Artiglieria del capoluogo piemontese, all'età di diciannove anni.

Della sua attività didattica presso questa scuola resta un manoscritto delle sue lezioni intitolato *Principj di analisi sublime*.

Nel 1758 partecipò alla fondazione della *Società Privata* (la futura *Accademia reale delle Scienze di Torino*). Nacquero così i volumi dei *Miscellanea taurinensia*, il primo dei quali uscì nel 1759 con una lunga memoria di Lagrange sulla propagazione del suono. Si tratta della sua prima pubblicazione di altissimo livello che lo inseriva nel vivo di un dibattito scientifico che vedeva impegnati i maggiori matematici del secolo XVIII: Euler, d'Alembert e Daniel Bernoulli.

Nel **1755** scrisse a **Euler** intorno ai metodi sviluppati in una nuova branca della matematica: il calcolo delle variazioni. Sostanzialmente, il problema per tale settore è cercare di determinare una funzione  $y = f(x)$  che renda massimo o minimo un integrale del tipo

$$\int_a^b g(x, y) dx.$$

Euler rimase impressionato dalle sue doti (tanto che ritardò la pubblicazione di suoi lavori per lasciare il merito della scoperta dei nuovi metodi al giovane Lagrange) e nel **1759** lo fece eleggere membro dell'*Accademia di Berlino*.

Nel **1766**, su proposta di d'Alembert, venne chiamato da Federico II di Prussia a succedere a Euler (appena partito per San Pietroburgo) come presidente della Classe di Scienze dell'*Accademia di Berlino*. Lagrange accettò. In questo anno, si sposò con Vittoria Conti e il matrimonio fu felice. Egli rimase a Berlino per vent'anni, fino alla morte del sovrano.

Nel periodo berlinese Lagrange, ormai libero dalle attività didattiche, pubblicò in vent'anni una sessantina di memorie sugli Atti dell'Accademia intorno a una grande varietà di temi:

- alcune ricerche sulle curve tautocrone;
- un importante lavoro sulla risoluzione numerica delle equazioni;
- una memoria sulla soluzione algebrica delle equazioni che divenne il punto di partenza per le successive ricerche fino a Ruffini, Cauchy, Galois (in questa memoria si trova formulato il *Teorema di Lagrange* sull'ordine dei sottogruppi di un gruppo finito); in tale lavoro ipotizza che le equazioni polinomiali di grado superiore al quarto non siano risolubili con i metodi usuali;
- una fondamentale memoria sulle equazioni alle differenze finite;
- un teorema di addizione per gli integrali ellittici (1766);
- una celebre formula di inversione per l'equazione  $a - c + \Psi(x) = 0$  (1770);
- ricerche pionieristiche sull'integrazione delle equazioni alle derivate parziali del primo ordine (1772);
- una soluzione dell'equazione di Riccati mediante le frazioni continue (1776);
- il metodo della variazione delle costanti arbitrarie per la ricerca di un integrale particolare di un'equazione differenziale lineare (1776);
- problemi di meccanica, come quello dei tre corpi, dove usa per la prima volta il simbolo  $f'(x)$  per denotare la "funzione derivata";
- una memoria in cui venivano delineate le sue idee sui fondamenti del calcolo differenziale (1772).

Accanto a questi risultati altri ne ottenne in quasi tutti i campi delle matematiche, dalle teorie dei numeri al calcolo delle probabilità, all'astronomia matematica, alla meccanica celeste. Il soggiorno a Berlino si concluse con il completamento del suo magistrale trattato *Mécanique analytique*, stampato a Parigi nel 1788.

Nel 1783 Vittoria morì e, poco dopo, nonostante fosse all'apice della sua fama, venne colpito da un periodo di forte depressione.

Nel 1787 si trasferì a Parigi su invito di Luigi XVI, che lo nominò direttore della sezione matematica dell'*Académie des Sciences*, carica che aveva già ricoperto a Berlino. Nella capitale francese fu accolto con tutti gli onori, gli fu concessa una pensione di 6000 franchi e un appartamento al Louvre.

L'inizio del soggiorno parigino fu caratterizzato da un certo affievolimento per la ricerca matematica e da un vivo interesse per la chimica con la partecipazione ai lavori coordinati da Lavoisier che stavano portando a una completa ristrutturazione di tale disciplina. I primi anni della Rivoluzione videro Lagrange impegnato nei lavori

accademici e in particolare nel **Comitato sui Pesi e sulle Misure** (di cui divenne presidente) che stabilirà il sistema metrico decimale.

Con la soppressione delle Accademie e i provvedimenti del Comitato di salute pubblica contro gli stranieri, Lagrange fu seriamente minacciato, ma il sostegno dei colleghi gli permise di restare a Parigi.

Durante la Rivoluzione Francese gli fu offerto di tornare a Berlino ma egli rifiutò. Comunque in questo periodo si mosse sempre con prudenza per evitare guai politici e non finire ghigliottinato.

Nel 1792 si risposò con la figlia dell'astronomo e amico Pierre Charles acquisendo così il diritto alla cittadinanza francese.

Dopo Termidoro (1794), furono fondate l'*École normale* e l'*École polytechnique*; Lagrange fu nominato professore in entrambe (1797). L'intensa attività didattica e la stesura di numerose dispense lo fecero uscire dallo stato depressivo e diede alle stampe: *Les leçons élémentaires sur les mathématiques* (1795); la *Théorie des fonctions analytiques* (1797); *De la résolution des équations numériques* (1798) e compose le sue *Leçons sur le calcul des fonctions* (1806).

La *Théorie des fonctions* rappresenta il massimo tentativo fino ad allora compiuto di porre su nuove basi il calcolo differenziale e integrale e di unificare le varie parti dell'analisi. Contiene un'estesa trattazione sul resto, detto *di Lagrange*, nella formula di Taylor.

La sua fama rimase comunque immutata sia durante la Rivoluzione sia sotto Napoleone. Con il suo affermarsi al potere, infatti, la posizione di Lagrangia si consolidò: ricevette la Legion d'Onore, venne eletto al Senato di Francia e nominato Conte dell'Impero.

L'ultimo periodo della sua vita fu caratterizzato da una intensa attività di studio e di ricerca che gli consentì di produrre ancora importanti memorie sull'applicazione della variazione delle costanti alla meccanica (1809) e di rivedere sostanzialmente le sue opere didattiche. Come membro dell'*Institut* e riconosciuta autorità, Lagrange esercitò una funzione di primo piano nella direzione scientifica e volle promuovere ricercatori di valore.

Provvisto di una erudizione profonda, seppe dare conto nelle sue opere degli scritti più importanti degli autori che lo avevano preceduto, formulando giudizi che hanno avuto grandissima influenza nella storia delle scienze.

Si spense nel **1813** e venne sepolto nel Pantheon di Parigi.

Alla sua morte, i suoi manoscritti furono acquistati dal governo francese.

## PIERRE-SIMON LAPLACE



Ritratto di Laplace (1749-1827)

**Biografia e contributi scientifici**

Nacque a Beaumont-en-Auge (Normandia) nel **1749**, figlio di benestanti proprietari terrieri e commercianti di sidro. I primi rudimenti scolastici li ebbe dallo zio, l'abate Laplace, che avrebbe trasmesso a suo nipote la propria attitudine per la matematica. La sua famiglia aveva deciso che Pierre-Simon avrebbe seguito i passi dello zio Louis, avviandosi ad un futuro promettente come ecclesiastico. Nel 1756, all'età di sette anni, fu ammesso nel collegio benedettino del convento di Beaumont, dove rimase sino al 1765 e da qui si trasferì a Caen, dove entrò nel Collegio delle Arti dell'università, con l'intento di intraprendere la carriera ecclesiastica. Ma tre anni dopo, nel 1768, lasciò l'università di Caen senza aver ricevuto gli ordini sacerdotali. In quel periodo infatti, Laplace scoprì la sua passione per la matematica superiore, che ne risaltò il grande talento scientifico. Deciso a dirigere i suoi passi verso la scienza, Laplace abbandonò la teologia, lasciò Caen e accettò provvisoriamente un lavoro di professore nel collegio di Beaumont.

Questo lavoro era solo provvisorio e neanche soddisfacente ed infatti un anno dopo, nel **1769**, a vent'anni, si trasferì a Parigi, la capitale europea dell'Illuminismo. Con sé portava una lettera di raccomandazione del suo ex professore, indirizzata a **d'Alembert**, all'epoca uno dei matematici più prestigiosi di Parigi. D'Alembert non prestò

nessuna attenzione né alla lettera di raccomandazione né a Laplace, che non fu nemmeno ricevuto. Laplace però non si scoraggiò e scrisse lui stesso una lettera di quattro pagine a d'Alembert, dove dimostrava di conoscere i fondamenti della meccanica e le opere di Newton e di d'Alembert stesso.

D'Alembert pertanto lo convocò e gli propose un posto di professore presso l'*École Militaire* di Parigi.

Sicuro delle proprie capacità, Laplace a questo punto si dedicò ad una ricerca originale e per i successivi diciassette anni, dal 1771 al 1787, produsse gran parte del suo originale lavoro sull'astronomia.

Tale lavoro iniziò con una memoria originale, letta davanti alla *Académie française* nel 1773, nella quale mostrò che i moti planetari sarebbero rimasti vicini a quelli previsti dalla teoria newtoniana per lunghi intervalli di tempo. Seguirono poi diversi articoli su alcuni punti essenziali del calcolo integrale, delle differenze finite, delle equazioni differenziali e dell'astronomia. Alcune importanti scoperte di questi articoli erano comunque già state pubblicate precedentemente da Legendre nel 1783.

Nel 1785 diventò membro dell'*Académie des Sciences* e nel 1816 fu eletto all'*Académie française*. Inoltre diventò membro di tutte le maggiori accademie scientifiche europee.

Grazie alla sua intensa attività accademica esercitò una grande influenza sugli scienziati del suo tempo, in particolare su Adolphe Quetelet e Siméon-Denis Poisson. Egli è ricordato talvolta come il *Newton francese* per la sua naturale e straordinaria capacità matematica che nessuno dei suoi contemporanei possedeva.

Sembra che Laplace non fosse modesto riguardo alle sue capacità e ai suoi risultati, e probabilmente non riuscì a comprendere l'effetto del suo comportamento sui colleghi. Dicevano di lui:

«Laplace lascia trasparire del tutto il fatto di considerarsi il migliore matematico della Francia del tempo. L'effetto sui suoi colleghi è solo lievemente alleviato dal fatto che Laplace ha ragione!»

Dopo i suoi lavori sulla meccanica celeste, Laplace si prefisse di scrivere un lavoro che avrebbe dovuto "offrire una soluzione completa del grande problema della meccanica rappresentato dal sistema solare e portare la teoria a coincidere così strettamente con l'osservazione che le equazioni empiriche non avrebbero più dovuto trovare posto nelle tavole astronomiche". Il risultato è racchiuso nelle due opere

- *Exposition du système du monde* (1796)
- *Mécanique céleste* (1799-1825), 5 volumi.

I primi due volumi contengono metodi per calcolare i moti dei pianeti, per determinare le loro forme e per risolvere problemi legati alle maree. Il terzo ed il quarto volume contengono applicazioni di questi metodi e diverse tavole astronomiche. Il quinto volume è principalmente storico, ma fornisce in appendice i risultati delle ultime ricerche di Laplace. Esse sono numerose e rilevanti, ma egli si appropriò di molti risultati di altri scienziati con nessuno o scarso riconoscimento e le conclusioni in realtà sono solo il risultato organizzato di un secolo di pazienti fatiche altrui, spesso menzionate come se fossero dovute a Laplace.

Laplace diede un valido contributo alla meccanica celeste usando le concezioni lagrangiane per spiegare meglio il moto dei corpi. Trascorse gran parte della sua vita lavorando sull'astronomia matematica e il suo lavoro culminò nella verifica della stabilità dinamica del sistema solare sotto l'ipotesi che esso consista in un insieme di corpi rigidi che si muovono nel vuoto. Fu uno dei primi scienziati a postulare l'esistenza dei buchi neri e la nozione di collasso gravitazionale.

Nel corso degli anni dal 1784 al 1787 egli produsse alcune memorie dagli eccezionali risultati. Particolarmente rilevante fra queste è quella del 1784, ristampata nel terzo volume della *Mécanique céleste*, all'interno della quale determinò completamente l'attrazione di uno sferoide su una particella esterna ad esso.

Quest'opera è anche memorabile per lo sviluppo dell'idea del *potenziale*, di cui si era appropriato Lagrange, che lo aveva utilizzato nelle sue memorie (1773, 1777 e 1780): il potenziale di un campo vettoriale  $V$  è una funzione  $f(x_1, x_1, \dots, x_n)$  tale che  $\nabla(f) = -V$ .

In questo contesto introduce un simbolo che sarà fondamentale nella fisica matematica: l'*operatore di Laplace* o *laplaciano*: se  $f(x, y, z)$  è una funzione opportunamente derivabile,

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

L'argomentare della *Mécanique céleste* è eccellente, ma non è di facile lettura. Lo stesso Laplace era frequentemente incapace di ritrovare i dettagli nel ragionamento dimostrativo e, se era soddisfatto del fatto che le conclusioni fossero corrette, era lieto di inserire l'espressione ricorrente, *Il est aisé à voir...* (è lasciato al lettore...).

La *Mécanique céleste* non è solo la traduzione dei *Principia* nel linguaggio del calcolo differenziale, ma completa alcune parti che **Newton** non era stato in grado di dettagliare.

In quest'opera Laplace esponeva l'ipotesi secondo la quale il sistema solare si sarebbe formato in seguito alla condensazione di una nebulosa (idea già enunciata da Immanuel Kant nel 1755).

- Nel **1812** Laplace pubblicò la sua *Théorie analytique des probabilités* dando determinanti contributi alla teoria della probabilità di cui è oggi considerato uno dei padri. Successivamente, nel **1814**, pubblicò un semplice resoconto del suo lavoro sulla probabilità: *Essai philosophique des probabilités*.

Nella *Théorie analytique des probabilités* include un'esposizione del *metodo dei minimi quadrati*, una notevole testimonianza della padronanza di Laplace sui procedimenti dell'analisi. Tale metodo era stato spiegato empiricamente da Gauss e Legendre, ma questo lavoro contiene una dimostrazione formale.

Nell'*Essai* Laplace formalizzò il procedimento matematico del ragionamento per induzione basato sulla probabilità. Una nota formula che deriva dal suo procedimento è la *regola di successione*. Supponiamo che un evento abbia solo due possibili esiti, indicati come "successo" ed "insuccesso". Sotto l'ipotesi che si sappia poco a priori riguardo alla probabilità relativa degli esiti, Laplace derivò una formula per la probabilità che l'esito successivo sia un successo.

In queste opere rivela la mano di un grande analista: l'uso intenso degli integrali lo porta a risultati brillanti; e.g., mostra per primo che

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2} dx = \sqrt{\pi}$$

ma non può essere considerato il padre della gaussiana in quanto non lo collegò alla legge sugli errori.

In queste pubblicazioni determinò i valori dei più comuni integrali definiti e diede la dimostrazione generale del teorema enunciato da Lagrange per lo sviluppo in serie di una qualsiasi funzione implicita per mezzo di coefficienti differenziali.

- Fra le scoperte minori di Laplace in matematica ricordiamo lo studio della teoria dei determinanti nel 1772.

La *trasformata di Laplace*, invece, benché venga chiamata così in suo onore in quanto la utilizzò nel suo lavoro sulla teoria della probabilità, fu scoperta originariamente da Euler ed è definita, data una funzione  $f(t)$  di variabile reale, come

$$\mathcal{L}\{f\}(s) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-st} f(t) dt$$

dove  $s$  è una variabile complessa. La trasformata di Laplace compare in tutte le branche della fisica matematica.



## La carriera politica

Durante la sua vita, Laplace mutò spesso orientamento politico. Quando il potere di Napoleone aumentò, Laplace abbandonò i suoi principi repubblicani ed implorò il primo console di dargli il posto di ministro degli interni. Napoleone accettò la proposta, ma in poco meno di sei settimane la carriera politica di Laplace vide la fine. La comunicazione di Napoleone della sua dimissione fu la seguente:

*«Geometra di prima categoria, Laplace non ha tardato a dimostrarsi un amministratore più che mediocre; dal suo primo lavoro noi abbiamo subito compreso che ci eravamo sbagliati. Laplace non coglieva alcuna questione sotto il suo giusto punto di vista: cercava delle sottigliezze ovunque, aveva solo idee problematiche, e infine portava lo spirito dell' "infinitamente piccolo" perfino nell'amministrazione».*

Sebbene Laplace fosse stato sollevato dall'incarico, mantenne la sua fedeltà. Salì al Senato e al terzo volume della *Mécanique céleste* fece precedere una nota in cui dichiarava che fra tutte le verità in esso contenute la più cara all'autore era la dichiarazione che aveva fatto riguardo alla sua devozione nei confronti del paciere d'Europa. Nelle copie vendute dopo la Restaurazione, essa fu cancellata.

Nel 1814 fu evidente che l'Impero stava fallendo e Laplace si affrettò a offrire i suoi servizi ai Borbone. Fu ricompensato con il titolo di marchese. Il disprezzo che i suoi colleghi sentivano per la sua condotta in quell'occasione si evince da vari scritti dell'epoca. Le conoscenze di Laplace probabilmente spiegano il motivo per cui si chiuse un occhio sul suo opportunismo politico.

Che Laplace fosse presuntuoso ed egoista non viene negato dai suoi più appassionati ammiratori; la sua condotta nei confronti dei suoi benefattori di gioventù e delle sue amicizie politiche fu ingrata ed è palese la sua appropriazione dei risultati di coloro che erano relativamente sconosciuti. Fra coloro che aveva trattato in tal modo, tre in seguito diventarono famosi: (Legendre e Fourier in Francia e Young in Inghilterra). Essi non dimenticarono mai l'ingiustizia di cui furono vittime.

D'altra parte bisogna riconoscere che su alcune questioni mostrò di avere un carattere indipendente e non nascose mai i suoi modi di vedere riguardo alla religione, alla filosofia o alla scienza, per quanto potessero essere non graditi alle autorità al potere; si deve anche aggiungere che verso la fine della sua vita, e specialmente nei confronti del lavoro dei suoi allievi, Laplace fu generoso e in un caso omise un suo articolo in modo tale che un allievo potesse avere il merito esclusivo della ricerca.

## ADRIEN-MARIE LEGENDRE

Ci sono pochi dettagli sui suoi primi anni di vita. Nato nel **1752** forse a Parigi (oppure a Tolosa e la famiglia si trasferì a Parigi successivamente), certamente proveniva da una famiglia benestante e ricevette un'istruzione di buon livello in matematica e fisica al *Collège Mazarin* di Parigi.

Nel **1770**, all'età di 18 anni, Legendre discusse la sua tesi di matematica e fisica al *Collège Mazarin*. Si trattava più di un piano di ricerca che di una tesi completa: elencava la letteratura che avrebbe studiato e i risultati che avrebbe cercato di dimostrare.

Senza bisogno di un lavoro per mantenersi, Legendre visse a Parigi e si concentrò sulla ricerca.

Dal 1775 al 1780 insegnò con **Laplace** all'*École Militaire*, dove la sua nomina avvenne su consiglio di **d'Alembert**. Decise quindi di partecipare al premio del 1782 sui proiettili offerto dall'*Accademia di Berlino*. Il compito era: "Determinare la curva descritta dalle palle di cannone e dalle bombe, tenendo in considerazione la resistenza dell'aria; fornire regole per ottenere gli intervalli corrispondenti a diverse velocità iniziali e a diversi angoli di proiezione".

Il suo saggio *Recherches sur la trajectoire des projectiles dans les milieux résistants* vinse il premio e lanciò Legendre nella carriera di ricercatore; soprattutto destò l'attenzione di Lagrange che, dal 1782, era direttore della matematica all'*Accademia di Berlino*. Questi scrisse a Laplace chiedendo maggiori informazioni sul giovane matematico vincitore del premio.

Legendre studiò poi l'attrazione degli ellissoidi, dimostrando un risultato dovuto a **Maclaurin**: l'attrazione in un punto esterno che giace sull'asse principale di due ellissoidi confocali è proporzionale alle loro masse. Introdusse quindi quelle che oggi chiamiamo *funzioni di Legendre* e le utilizzò per determinare, usando le serie di potenze, l'attrazione di un ellissoide in qualsiasi punto esterno. Legendre presentò i suoi risultati all'*Académie des Sciences* di Parigi nel 1783 e questi furono molto elogiati da Laplace. Nel giro di pochi giorni Legendre fu nominato aggiunto all'*Académie des Sciences*, occupando il posto che era rimasto vacante quando Laplace era stato promosso da aggiunto ad *associé* all'inizio di quell'anno.

Negli anni successivi Legendre pubblicò lavori in diverse aree. In particolare

- in meccanica celeste con saggi come *Recherches sur la figure des planètes* (1784) che contiene i *polinomi di Legendre*;

- in teoria dei numeri, col lavoro *Recherches d'analyse indéterminée* (1785);
- nella teoria delle funzioni ellittiche con articoli sulle integrazioni per archi ellittici nel 1786.

L'articolo del 1785 sulla teoria dei numeri contiene una serie di temi importanti come la *legge della reciprocità quadratica per i residui* (enunciata da **Euler** nel 1751) e il fatto che ogni serie aritmetica con il primo termine coprimo alla differenza comune contiene un numero infinito di numeri primi.

La dimostrazione di Legendre della reciprocità quadratica era insoddisfacente e del Teorema sui numeri primi in una progressione aritmetica, non offriva alcuna dimostrazione; lo dimostrerà in seguito **Dirichlet**. Tuttavia, va riconosciuto a Legendre il merito per il suo profondo lavoro.

La carriera di Legendre all'*Académie des Sciences* proseguì brillantemente. Divenne *associé* nel 1785 e poi nel 1787 fu membro del gruppo incaricato di lavorare con l'*Osservatorio Reale di Greenwich* a Londra sulle misurazioni della Terra che comportavano un'indagine di triangolazione tra gli osservatori di Parigi e Greenwich. Questo lavoro lo portò ad essere eletto alla *Royal Society* di Londra nel 1787 e anche a un'importante pubblicazione:

- *Mémoire sur les opérations trigonométriques don't les résultats dépendent de la figure de la terre*, che contiene il *teorema di Legendre sui triangoli sferici*.

Nel 1791 Legendre divenne membro del comitato dell'*Académie des Sciences* con il compito di uniformare pesi e misure. Il comitato lavorò sul sistema metrico decimale e intraprese le osservazioni astronomiche e le triangolazioni necessarie per calcolare la lunghezza del metro.

In questo periodo Legendre stava anche lavorando al suo testo principale, *Eléments de géométrie*, che era stato incoraggiato a scrivere da **Condorcet**. Tuttavia, l'*Académie des Sciences* fu chiusa a causa della Rivoluzione del 1793 e Legendre incontrò non poche difficoltà poiché perse il capitale che gli forniva una comoda rendita.

A seguito del lavoro del **Comitato sui Pesi e sulle Misure** cui Legendre aveva fatto parte, de Prony nel 1792 iniziò un importante lavoro di produzione di tavole logaritmiche e trigonometriche, il Catasto. Legendre e de Prony diressero la sezione matematica di questo progetto insieme a Carnot e ad altri matematici. Avevano tra i 70 e

gli 80 assistenti, il lavoro fu compiuto in parecchi anni e completato nel 1801.

- Nel **1794** Legendre pubblicò *Eléments de géométrie* che restò il principale testo elementare sull'argomento per circa un secolo.

Nei suoi *Eléments* Legendre riorganizzò e semplificò molte delle proposizioni degli *Elementi* di **Euclide** per creare un testo più chiaro, efficace e rigoroso. In un certo senso, ne prese il posto come libro di testo in gran parte dell'Europa e, nelle successive traduzioni, negli Stati Uniti; divenne così il prototipo dei successivi testi di geometria.

Per gran parte del XIX secolo l'insegnamento della matematica negli USA fu dominato dalla scuola francese e, sopra tutti, dal testo di Legendre tradotto in inglese da Charles Davies. In America *Davies' Legendre* diventò quasi un sinonimo di *geometria* per più di un secolo.

Negli *Eléments* Legendre diede una semplice dimostrazione che  $\pi$  è irrazionale e anche la prima dimostrazione che  $\pi^2$  è irrazionale. Inoltre congetturò che  $\pi$  non è radice di alcuna equazione algebrica di grado finito a coefficienti razionali (cioè che  $\pi$  è trascendente: questo fu dimostrato da Ferdinand von Lindemann nel 1882).

Nel 1795 l'*Académie des Sciences* fu riaperta come *Institut National des Sciences et des Arts* e da allora fino al 1806 si riunì al Louvre. Ogni sezione dell'*Institut* conteneva sei posti, e Legendre era uno dei sei nella sezione di matematica. Nel 1803 Napoleone lo riorganizzò e fu creata una sezione di geometria, nella quale fu inserito Legendre.

- Tuttavia gli interessi principali di Legendre non riguardavano la geometria, ma la Teoria dei numeri e l'Analisi. Pubblicò nel **1798** la prima edizione del trattato *Essai sur la théorie des nombres*, dove migliora la dimostrazione della *legge della reciprocità quadratica* (congetturata da **Euler**), introducendo il *simbolo di Legendre*. Tuttavia, **Gauss** dimostrò tale legge nel 1801 dopo aver fatto osservazioni critiche sulle dimostrazioni di Legendre del 1785 e del 1798. Gauss aveva ragione, ma Legendre si offese per l'attacco al rigore dei suoi risultati da parte di un giovane. Inoltre Gauss non affermò che stava migliorando il risultato di Legendre, ma piuttosto rivendicò il risultato per se stesso, poiché la sua fu la prima dimostrazione completamente rigorosa. Legendre in seguito scrisse: "Questa eccessiva impudenza è incredibile in un uomo che ha sufficienti meriti personali da non aver bisogno di appropriarsi delle scoperte degli altri".

- Legendre pubblicò un libro sulla determinazione delle orbite delle comete nel **1806**. Il suo metodo prevedeva tre osservazioni fatte a intervalli uguali e ipotizzò che la cometa seguisse un percorso parabolico in modo da finire con più equazioni che incognite. Applicò i

suoi metodi ai dati noti per due comete.

In un'appendice, Legendre fornì il *metodo dei minimi quadrati* per adattare una curva ai dati disponibili. Tuttavia, **Gauss** pubblicò la sua versione di tale metodo nel 1809 e, pur riconoscendo che era apparso nel libro di Legendre, rivendicò la priorità a se stesso. Questo ferì ulteriormente Legendre che combatté per molti anni per vedere riconosciuta la sua precedenza.

- Nel **1808** Legendre pubblicò una seconda edizione della sua *Théorie des nombres* che fu un notevole miglioramento rispetto alla prima edizione. A suo merito, Legendre utilizzò la dimostrazione di Gauss della reciprocità quadratica, dandogli il giusto credito.

In quest'opera si trova anche la stima di Legendre per  $\pi(n)$ , cioè il numero dei numeri primi inferiori o uguali a  $n$ :

$$\pi(n) \approx \frac{n}{\ln(n) - 1,08366}$$

(Tale numero  $B = 1,08366$  venne chiamato *costante di Legendre*. Tuttavia, la dimostrazione del Teorema dei numeri primi, con la stima del termine d'errore, provata da *de la Vallée-Poussin* nel 1899, implica che la migliore approssimazione si ottiene con  $B = 1$ , cioè che

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\pi(n)}{\frac{n}{\ln(n)}} = 1$$

e quindi, anche se non corretta, la congettura di Legendre si avvicina al risultato).

Ancora una volta Gauss affermò di aver enunciato prima di Legendre tale legge per la distribuzione asintotica dei numeri primi; comunque fu sicuramente Legendre che per primo portò queste idee all'attenzione dei matematici.

- Nel **1825** Legendre dimostra l'Ultimo Teorema di Fermat per  $n = 5$ .
- L'opera principale di Legendre sulle funzioni ellittiche negli *Exercices du Calcul Intégral* apparve in tre volumi negli anni **1811, 1817, 1819**.
- Successivamente iniziò la sua nuova opera *Traité des Fonctions Elliptiques et des intégrales eulériennes*, di nuovo in tre volumi del **1825, 1826, 1830**.

In queste due opere introdusse le proprietà di base degli integrali ellittici e anche degli "integrali euleriani" (cioè le attuali *funzioni beta* e *gamma*), applicazioni dei suoi risultati alla meccanica, alla rotazione della Terra, all'attrazione degli ellissoidi e ad altri problemi.

Tuttavia, nonostante abbia trascorso 40 anni a lavorare sulle funzioni ellittiche, Legendre non ha avuto le intuizioni di *Jacobi* e *Abel* e il lavoro (indipendente) di questi due matematici ha resi obsoleto i tre volumi di Legendre quasi subito dopo la loro pubblicazione.

Il tentativo di Legendre di dimostrare il *postulato delle parallele* si estese per oltre 30 anni. Tuttavia, i suoi tentativi fallirono perché egli si basò sempre, in ultima analisi, su proposizioni "evidenti" dal punto di vista euclideo. Nel 1832 (l'anno in cui Bolyai pubblicò il suo lavoro sulla geometria non euclidea) Legendre confermò la sua assoluta fede nello spazio euclideo quando scrisse: *"E' tuttavia certo che il teorema sulla somma dei tre angoli del triangolo deve essere considerato una di quelle verità fondamentali che sono impossibili da contestare e che sono un esempio duraturo di certezza matematica"*.

Abel scrisse nell'ottobre del 1826: *"Legendre è un uomo estremamente amabile, ma purtroppo vecchio come le pietre"*.

A seguito del rifiuto di Legendre di votare per il candidato del governo all'Istituto Nazionale, la sua pensione fu sospesa e morì in povertà nel 1824.

<https://medium.com/through-the-optic-glass/il-ritratto-sbagliato-di-legendre-2c0faa7bb18b>

L'opera del matematico Adrien-Marie Legendre è assai nota, ma della sua vita si sa poco, perché era una persona estremamente riservata. Di lui disse Poisson al suo funerale: "Il nostro collega ha spesso espresso il desiderio che, nel parlare di lui, ci si riferisca solamente alle sue opere, che sono, in verità, tutta la sua vita".

Non sorprende pertanto che si conoscano pochi dettagli della sua giovinezza. Più sorprendente, quasi incredibile, è il fatto che per quasi cent'anni, fino al 2005, ci si sia sbagliati sulle sue fattezze. Il famoso ritratto che ha accompagnato articoli, saggi, voci di enciclopedie sull'opera di Legendre per tutto questo tempo non è infatti il suo. Si tratta invece del ritratto di un politico suo omonimo e contemporaneo, Louis Legendre, che partecipò attivamente alla Rivoluzione Francese, ma che di Adrien-Marie non era neppure parente.

L'errore è stato rivelato solo con l'avvento della rete che, attraverso i suoi potenti motori di ricerca, ha facilitato grandemente l'arte di raccogliere informazioni. È stato così che due studenti dell'Università di Strasburgo, attorno al 2005, si resero conto che lo stesso ritratto accompagnava le biografie di due persone diverse. La loro scoperta fu messa sul sito del dipartimento di matematica alsaziano e l'errore fu confermato e attivamente discusso dalla rete dei blogger francesi che si occupano di matematica.

Scoperto l'errore, ci si chiese subito di chi fosse il ritratto: del matematico o del politico? Fu ancora la collaborazione in rete che consentì infine di individuare una raccolta del 1833 di ritratti dei contemporanei realizzati dal litografo François-Séraphin Delpech (1778 - 1825). Sotto ogni ritratto è presente il cognome e una firma. La firma che compare sotto il ritratto, Legendre, è diversa da quella di Adrien-Marie, che si firmava LeGendre (come si può vedere in calce a una lettera del 1829 indirizzata a Jacobi), ma tale differenza non è stata notata per lungo tempo. Il libro contiene ritratti di matematici come Lagrange, Monge, Carnot e Condorcet. Tutti erano figure pubbliche, noti anche al di fuori dell'accademia.

Restava da cercare il vero ritratto di Adrien-Marie Legendre, se mai fosse esistito. Le ricerche, oramai diventate febbrili, hanno raggiunto un risultato nel 2008, quando si è scoperta nella biblioteca dell'Institut de France di Parigi una rara collezione di 73 caricature di membri dell'Istituto, realizzata da Julien-Léopold Boilly (1796 -1874) e mai conclusa. La raccolta era stata in mani private fino al 2001, quando fu donata all'Istituto dall'ultimo proprietario, che l'aveva comprata due anni prima a un'asta di Christie's. Uno degli acquerelli mostra i volti di Legendre e Fourier, con i corpi solo abbozzati a matita e i nomi dei due matematici scritti sotto il disegno. Sembra che l'artista si sia divertito a mettere in contrasto le due personalità: Fourier è grasso e allegro, Legendre magro e triste. Fourier assomiglia ai ritratti già conosciuti, quindi si può pensare che ciò valga anche per Legendre.

Una caricatura è quindi la sua unica immagine che possediamo.

