

JEAN BAPTISTE JOSEPH FOURIER

(Fourier in età matura)

Auxerre è una cittadina della Borgogna, sul fiume Yonne, a metà strada tra Parigi e Digione, circa 150 km. a S.E. della capitale. Fu fin dai tempi antichi sede vescovile, e l'aspetto attuale è dominato dalla Cattedrale di Santo Sefano eretta nel 13° sec.; la zona è agricola, famosa per i suoi vini (Chablis).

(Cattedrale)

Il cognome Fourier è una deformazione di *fourrier*, che significa “furiere” in senso militare, e, in senso letterario, “precursore”, anticipatore. Il padre, di nome Joseph, era un sarto di Auxerre, e Jean Baptiste Joseph, nato il 21.3.1768, fu il diciannovesimo (e non ultimo) dei figli di una stessa coppia (nelle biografie rimase poi quasi più il nome patronimico Joseph che non il nome proprio di battesimo). Prima che arrivasse ai nove anni, morirono entrambi i genitori, e di lui si occupò una certa Madame Moitton, che lo raccomandò al vescovo di Auxerre, che a sua volta lo mandò alla Reale Scuola Militare di Auxerre tenuta dai Benedettini, una delle undici scuole militari del Paese.

A tredici anni circa egli si scoprì un matematico, e si racconta che passasse le notti studiando a lume di candela, tanto che una volta il guardiano della scuola accorse pensando che si trattasse di un incendio. Le sue prospettive erano piuttosto per una carriera militare: sperava di entrare in artiglieria o nel genio, e gli ispettori della scuola (uno dei quali era il matematico Legendre) appoggiarono queste aspirazioni.

(Legendre)

A diciassette anni, completati gli studi, fece domanda al Ministero della Guerra ma per motivi ignoti, la sua domanda non fu accolta. Come ripiego entrò novizio tra i Benedettini, nell'abbazia di St. Benoit-sur-Loire, dove ci sono reliquie di S. Benedetto, dove gli fu affidato il compito di insegnare. Terminò lì il noviziato e stava per prendere i voti.

Nel 1789 inviò un lavoro all'Académie des Sciences, che fu giudicato da tre matematici famosi: Legendre, Monge e Cousin; ma l'inizio della Rivoluzione ne bloccò la pubblicazione. L'inizio della Rivoluzione cambiò totalmente la vita di Fourier: nel novembre 1789 un decreto dell'Assemblea Costituente vietò di prendere voti religiosi, e quindi Fourier non li prenderà mai. Qualche mese dopo gli ordini religiosi vengono soppressi: Fourier coglie l'occasione per rinunciare ad una prospettiva di vita religiosa della quale non era mai stato tanto convinto, e ritorna ad Auxerre con un posto di insegnante nella sua vecchia scuola, ribattezzata Collegio Nazionale. Qui insegna non solo matematica, ma anche retorica e storia, facendosi una notevole fama di buon oratore e ottimo didatta.

Dedito al sociale, aderisce alla Société Populaire, associata al partito giacobino. La rivoluzione lo affascina, e scriverà poi, nel 1795, in una lettera dal carcere: “Allo svilupparsi delle idee naturali di uguaglianza, divenne possibile concepire la speranza sublime di stabilire tra noi un governo libero, esente dal re come dal clero e di liberare da questo doppio giogo il territorio d'Europa a lungo usurpato. Mi innamorai subito di questa causa, a mio parere la più grande e la più bella che una nazione si sia mai data.”

Nella primavera del 1793 diviene membro, probabilmente senza grande entusiasmo, del Comitato di Sorveglianza, in una Auxerre fortemente repubblicana. Ma solo qualche mese dopo i Comitati divennero uno strumento del Terrore; Fourier criticò duramente la corruzione dei suoi colleghi e, non sentendosi più a posto con la coscienza, mise per iscritto le sue dimissioni. Queste però furono subito respinte, e gli fu ricordato che un funzionario pubblico non può lasciare il suo posto, e venne anche messa in dubbio la sua lealtà rivoluzionaria; alla fondazione della biblioteca cittadina, chiese di fare il bibliotecario, ma era difficile riuscire a collocarsi in una posizione defilata. Nel suo ufficio si occupò di proteggere i cittadini dalla tirannia: durante un viaggio dovuto ai suoi incarichi a Orléans prese le difese di tre padri di famiglia contro un potente rappresentante del popolo. Fu subito destituito dall'incarico e

dichiarato incapace di assumere incarichi in futuro; tuttavia tale decreto non ebbe efficacia, e Fourier poté tornare ad Auxerre, dove godeva di grande stima, ad insegnare; lì divenne presidente del locale Comitato Rivoluzionario, massima istituzione del Terrore. Ma fu raggiunto da un decreto che ne richiedeva l'arresto e la condanna a morte sommaria. Egli si recò a Parigi da Robespierre in persona a perorare la sua causa, ma il 24.7.1794, al suo ritorno ad Auxerre, fu arrestato, e liberato solo a seguito di una forte protesta della cittadinanza. Ma fu incarcerato una settimana dopo; una delegazione cittadina si recò a Parigi da Saint-Just, il quale a malincuore si adattò al suo rilascio; ma in quei giorni fu arrestato e ghigliottinato Robespierre, per cui si ebbe un'amnistia generale e Fourier fu rilasciato, e tornò alla sua scuola ad Auxerre.

La Rivoluzione aveva distrutto il sistema scolastico precedente, principalmente in mano agli ecclesiastici, ma non lo aveva sostituito con qualcosa di nuovo. Fu quindi istituita in quel periodo la Ecole Normale, fondata dalla Convenzione nell'ottobre 1794 con lo scopo di creare una classe di maestri elementari e di insegnanti di scuola media. Dovevano essere impartiti insegnamenti generali in tutte le discipline, e non solo insegnamenti specialistici come nelle scuole precedenti. All'Ecole Normale dovevano essere ammessi 1500 studenti, uno per ogni distretto della Repubblica, scelto e finanziato dal distretto stesso. Auxerre aveva già scelto il suo candidato mentre Fourier era in prigione, ma Fourier fu patrocinato dal distretto vicino di St. Florentin. I professori erano di grande vaglia: c'erano i matematici Lagrange, Laplace, Monge e il chimico Berthollet, tutti con una ventina d'anni più di Fourier (Lagrange addirittura 30).

(Lagrange, Laplace, Monge)

Ma la scuola si aprì il 20 gennaio 1795 e si chiuse già dopo qualche mese soltanto, per l'inverno estremamente rigido e per difficoltà organizzative. Fourier stesso ne racconta la cattiva gestione. Le lezioni si tenevano nell'aula del Jardin des Plantes, creato da Luigi XIII nel 1633 come "giardino reale delle piante officinali" e destinato alla preparazione degli studenti di medicina. Si trova sulla riva sinistra della Senna, vicino all'attuale stazione di Parigi-Austerlitz.

(Jardin des Plantes)

Fu il primo giardino di Parigi aperto al pubblico nel 1640, con un labirinto su un'altura artificiale, coronato da una *gloriette* in bronzo, la più antica costruzione in metallo di Parigi. Sviluppato nel secolo successivo dal naturalista Buffon, che ne fu direttore per cinquant'anni fino al 1788, divenne un importante centro di ricerche scientifiche, botaniche e naturalistiche. Con la Rivoluzione e la confisca dello zoo reale il Jardin divenne anche uno zoo. Nel 1793 la Convenzione gli conferisce lo stato di Museo Nazionale di Storia Naturale, ed è qui che inizia la sua brevissima vita l'Ecole Normale. Ma l'aula del Giardino non conteneva tutti gli studenti, per cui molti restavano chiusi fuori; le lezioni, di un'ora l'una, cominciavano alle 11 e si susseguivano senza interruzione. I professori sedevano su tre poltrone. Lagrange e Laplace spiegavano in modo chiaro, ma Lagrange aveva uno spiccato accento torinese e non sapeva tenere la disciplina; dal canto suo Laplace andava molto di corsa nel programma e talvolta aveva difficoltà di parola. Il chimico Berthollet era molto laconico e si ripeteva continuamente. Il solo avvincente era Monge: si preparava con grandissima cura le lezioni, aveva una voce squillante e grandi capacità didattiche sia su argomenti teorici che applicativi. Fallì anche la struttura seminariale della scuola, perché soltanto pochi studenti, tra i quali certamente era Fourier, erano capaci di portare un contributo significativo.

Vale qui la pena di fare una digressione per parlare di Monge, che Fourier considerò sempre il suo maestro.

Gaspard Monge era nato nel 1746 a Beaune, figlio di un arrotino e venditore di coltelli, che aveva mandato i suoi tre figli al locale collegio di preti. Gaspard era un bambino prodigio, e raccolse vari premi scolastici in tutte le materie: i professori gli attribuirono il titolo di *puer aureus*.

A soli 14 anni Monge aveva inventato e costruito realmente una pompa contro gli incendi; a 16 aveva ideato un piano urbanistico per la sua città natale, costruendosi da solo gli strumenti di misurazione. Quel piano, veramente imponente, gli diede fama, e i preti gli proposero un posto di insegnante a Lione, a condizione che prendesse almeno i primi voti. Ma prima che il giovane Monge maturasse una decisione, gli si presentò un'altra occasione. Un ufficiale del Genio insistette perché entrasse in un collegio per allievi ufficiali, e Monge si iscrisse. Non sapeva che sarebbero diventati effettivamente ufficiali soltanto i figli degli aristocratici e dell'alta borghesia, e che gli allievi con origini più modeste avrebbero dovuto accontentarsi di lavori più pesanti e di soddisfazione minore. Ma Monge era soddisfatto di disegnare e misurare, particolarmente fortificazioni.

Uno dei problemi di allora era costruire delle mura che per la loro forma riuscissero a deviare le palle di cannone con il minor danno possibile. Una volta egli risolse molto velocemente uno di questi problemi, e un ufficiale superiore doveva controllare i calcoli. Dato che Monge era stato rapidissimo, l'ufficiale si rifiutò: di sicuro non erano stati neanche messi in ordine i numeri. Ma Monge insistette: non aveva affatto usato numeri, bensì solo disegni geometrici. Fu in quell'occasione che nacque la geometria descrittiva. A Monge fu subito attribuito il posto di professore nel collegio militare, con il divieto di far conoscere il suo metodo di rappresentazione delle costruzioni in altri ambienti. Soltanto parecchio dopo, appunto nel 1794, gli fu permesso di insegnare la geometria descrittiva all'Ecole Normale.

(fogli di geometria descrittiva)

Monge diventò professore di matematica alla Scuola del Genio Militare e tre anni dopo anche di fisica; a trentaquattro anni fu nominato direttore dell'istituto di idraulica a Louvre, appena fondato. Dopo per anni fu presidente di commissione d'esame per i candidati al collegio della Marina Militare, e senza remore bocciava i figli degli aristocratici e dell'alta borghesia se non erano all'altezza: egli rifiutava di fare e ricevere favori. Allo scoppio della Rivoluzione Monge, conoscendo la corruzione del vecchio regime, fu istintivamente al fianco dei rivoluzionari, ma non aveva l'iniziativa di dirigere attività in prima persona; tuttavia, contro sua voglia, fu nominato ministro della Marina e delle Colonie. Ma le idee di uguaglianza e fraternità portate avanti dalla Rivoluzione non erano adatte alla scelta di persone a posti di responsabilità, specialmente in strutture militari basate sulla gerarchia, e Monge, per il quale l'unico parametro era il merito, fu sospettato di essere reazionario, e si dimise di sua spontanea volontà, trovando subito un'altra occupazione.

Infatti si presentò con urgenza la necessità di difendere la Francia da una coalizione che la stava per invadere per schiacciare gli ideali della rivoluzione; ma come equipaggiare un esercito di 900.000 uomini senza rame né stagno per fare cannoni, senza salnitro per fabbricare la polvere da sparo? Monge col suo amico chimico Berthollet insegnò come estrarre il salnitro dalla terra e come semplificare il procedimento di preparazione della polvere da sparo, come fondere i metalli degli orologi e delle campane per fare cannoni. Lui stesso andava a ispezionare le fonderie e gli arsenali, e dappertutto si trovava, come un breviario, la sua opera *L'arte di fabbricare cannoni*.

Ma la rivoluzione mangia i suoi figli, e Monge fu denunciato come controrivoluzionario dal portiere del suo stabile; pertanto lasciò segretamente Parigi e tornò alla sua provincia, in attesa di tempi migliori. Infatti dopo poco lo troviamo nuovamente insegnante a Parigi.

Torniamo dunque a Fourier nel 1795, come allievo dell'Ecole Normale. Si cominciavano a tirare le somme dell'esperienza rivoluzionaria e dei suoi eccessi, e alcune famiglie si opposero al fatto che Fourier, così coinvolto con la Rivoluzione nel periodo del Terrore anche con responsabilità di vertice, potesse formare gli insegnanti dei loro figli. Fourier fu arrestato nella notte dall'8 al 9 giugno 1795 sotto l'accusa di crudeltà operate nel 1793-94. Non è chiaro se fu mai processato o anche solo interrogato. Scrisse però un'autodifesa dal carcere:

“Per quanto riguarda l'imputazione di terrorismo mi è impossibile elencare tutte le ragioni che la mostrano infondata. Insisterò solo su alcuni fatti incontestabili: nessuno nel comune di Auxerre è stato condannato a morte o processato dal Tribunale Rivoluzionario di Parigi; nessuna tassa rivoluzionaria

di qualsivoglia natura è stata mai imposta né sono state mai confiscate le proprietà di coloro che vennero arrestati o incarcerati.”

Fu liberato dopo poco meno di un mese; forse vi fu l'intercessione dei professori, forse semplicemente era mutato ancora una volta il clima politico.

Alla chiusura dell'Ecole Normale Fourier si trasferì all'Ecole Centrale des Travaux Publiques, che si chiamerà poi Ecole Polytechnique. Anche questa scuola era stata fondata dalla Convenzione nel marzo 1794, sotto la direzione di Monge, ma con uno scopo applicativo: doveva formare in tre anni degli ingegneri dediti alle arti e alle costruzioni militari. Gli allievi ammessi erano soltanto 400; la prima leva fu soltanto di 50 che entrarono per selezione, e si ingrandì l'anno dopo quando l'Ecole Normale chiuse.

Vari professori, come anche parecchi studenti, si trasferirono dall'Ecole Normale al Politecnico, ma Fourier non ne divenne uno studente, perché aveva già 26 anni, mentre il limite d'età era di 20. Fu incardinato invece come *administrateur de police*: di fatto era un assistente con compito di docenza, ma i fondi per la docenza erano finiti, e allora gli fu dato un posto come addetto alla disciplina. Uno dei suoi compiti era di redigere le dispense di Monge sulla matematica nell'arte militare, sull'arte di attaccare e difendersi, e su simulazioni di battaglie. Inoltre collaborava al corso di Analisi Matematica di Lagrange, insegnando le equazioni differenziali alle quali aveva già lavorato precedentemente. Nell'anno 1795-96 insegnò 187 ore in 9 corsi diversi, ognuno dei quali aveva 5 ore la settimana, producendo in totale 927 pagine di dispense. Nel 1797 prese il posto di Lagrange come professore di analisi e meccanica.

(Fourier verso il 1800)

Il primo lavoro scientifico di Fourier fu pubblicato nel *Journal de l'Ecole Polytechnique* nel 1798, e riguardava il lavoro virtuale, prospettato da Lagrange. Incoraggiato da Lagrange e Laplace egli pubblicò poi un risultato trovato quando ancora era ad Auxerre: la *regola dei segni* sulle radici di un polinomio di grado n : *il numero di radici positive non supera il numero di variazioni, mentre il numero di radici negative non supera il numero delle permanenze*. Questa regola è nota sotto il nome di *regola di Cartesio*, che tuttavia la enunciò per polinomi di grado basso, e non ne dette una dimostrazione generale. Fourier peraltro ne dà merito a Segner, che ne aveva scritto già in una lettera del 1728. L'esempio che Fourier usa nel presentarlo agli studenti, nella sua lezione del 14.1.1796, ha una successione di 5 permanenze e 9 variazioni. Un altro risultato che Fourier dichiara di aver insegnato all'Ecole Polytechnique, ma di cui tuttavia non si trova traccia nelle sue dispense di allora, è la determinazione di quante radici reali di un'equazione si trovino entro un determinato intervallo; qui usa le derivate successive, che ovviamente perdono una permanenza o una variazione rispetto alla derivata immediatamente precedente, e studia la permanenza del segno della derivata quando la funzione cambia di segno passando attraverso uno zero semplice.

Fourier sta perfezionando un risultato sulle radici complesse delle equazioni quando arriva il 1798. Nell'ambito della politica espansionistica francese, il non ancora trentenne generale Bonaparte conduce una spedizione in Egitto contro l'Impero Ottomano per mettere in crisi i traffici inglesi nel Mediterraneo, e si vuole circondare di scienziati che formino una "Legione Culturale" per civilizzare la popolazione locale. Già Leibniz aveva avuto una simile idea, e Napoleone, che aveva letto quello scritto di Leibniz, se ne era entusiasmato. L'incontro tra Fourier e Napoleone fu mediato da Monge. Questi, quando era ministro della Marina, aveva incontrato un giovane e ancora oscuro ufficiale di artiglieria: quando il giovane brillante divenne il generale Napoleone Bonaparte, si ricordò di Monge e ne chiese la collaborazione.

(Bonaparte da giovane)

Monge, allora cinquantatreenne, fu affascinato da questo giovane di talento, e Napoleone fu sempre molto deferente nei confronti di Monge. Il primo compito che Monge ebbe non fu dei più onorifici: Napoleone voleva requisire opere d'arte italiane come "contributo volontario" degli italiani alla sua campagna nella nostra penisola, terminata con il trattato di Campoformio (1797) e la cessione del

Veneto all'Austria, e chiese che Monge ne facesse la selezione. Monge consigliò moderazione in questa spoliazione e colse l'occasione per divenire anche un esperto di arte italiana.

Alla formazione della spedizione in Egitto Bonaparte sceglie come suo principale collaboratore culturale Monge, che a sua volta indica come collaboratori Berthollet e il giovane Fourier. Questi e il generale sono quasi perfettamente coetanei (Napoleone ha poco più di un anno di meno), e si intendono subito. Sulle 180 navi che partono da Tolone il 19.5.1798 sono stipati 30.000 soldati e una commissione scientifica. Viene subito conquistata Malta, e qui Monge istituisce in pochi giorni quindici scuole elementari e una scuola superiore. Il 1.7 l'armata francese entra in Alessandria.

(La caduta di Alessandria)

Qualche giorno dopo Napoleone vince la battaglia delle Piramidi contro i mamelucchi, guerrieri dell'Impero Ottomano, ed entra al Cairo. Mentre Napoleone avanza per via di terra, Monge viene mandato a risalire il Nilo per via d'acqua: la sua nave viene attaccata, ed egli stesso deve mettersi al cannone. L'Egitto diviene territorio di occupazione francese, e Napoleone fonda l'Istituto d'Egitto sul modello dell'Istituto di Francia. Monge ne viene nominato presidente, e Fourier *secrétaire perpétuel*. Le sezioni dell'Istituto sono quattro: matematica, fisica, letteratura ed arti, economia politica, con dodici membri per sezione. Fourier redige a mano i verbali delle sedute, dal 1798 al 1799. Nel 1799 viene trovata dalla spedizione francese la stele di Rosetta, scritta in geroglifico, demotico e greco, che consentirà vent'anni più tardi all'archeologo Jacques Champollion-Figeac la decifrazione dei geroglifici.

Ma, con il costituirsi della seconda coalizione antifrancese, l'ammiraglio inglese Nelson a sua volta aveva distrutto la flotta francese alla fonda nella rada di Abukir, e la flotta inglese era diventata padrona del Mediterraneo, impossessandosi anche di Malta. In quella occasione i maltesi, appoggiati dagli inglesi, si ribellarono ai francesi, e una rievocazione di questa gloriosa sommossa viene fatta a La Valletta ogni settembre con una rappresentazione in costume. Napoleone, eludendo il blocco navale inglese, torna a Parigi dove effettuerà il colpo di stato del 18 brumaio (9 novembre) 1799 e con la nuova costituzione dell'anno VIII sarà nominato primo console ai primi mesi del 1800. Con lui vanno Monge e Berthollet, mentre Fourier viene, contro sua voglia, lasciato in Egitto, in una situazione sempre più compromessa: gli inglesi fanno affluire truppe, i francesi non hanno connessioni con la madrepatria, perché il Mediterraneo è in mano alla flotta inglese. Il generale Kléber, lasciato da Napoleone a capo del corpo di spedizione, viene assassinato al Cairo nel giugno 1800; Fourier ne legge l'elogio funebre.

(Bassorilievo: elogio funebre)

Il successore, generale Menou, affida a Fourier tutti gli affari non militari. Tra questi c'è la trattativa con i bey egiziani, in particolare con la bella moglie del bey Mourâd, da cui ottenne la liberazione delle sue schiave, in particolare quelle che interessavano ai generali francesi....

L'Istituto d'Egitto è molto attivo culturalmente, ancorché non attiri gli intellettuali locali; pubblica varie cose scientifiche oltre che amministrative e militari, e Fourier si occupa di equazioni, meccanica, monumenti antichi, statistica, e macchine di irrigazione. Ma gli inglesi premono, e il generale Menou firma la resa del corpo militare francese nel novembre 1801: tra gli accordi di resa c'è il rimpatrio delle truppe francesi su navi inglesi; inoltre una parte del materiale archeologico scavato dai francesi, tra cui la stele di Rosetta, viene requisita dagli inglesi e andrà ad arricchire il British Museum. Fourier organizza il rimpatrio delle sue truppe, e lui stesso torna a Parigi dove riprende il posto all'Ecole Polytechnique. Nel frattempo Napoleone aveva rafforzato il suo potere, e nel 1802 era stato nominato primo console a vita con il diritto di scegliersi il successore. Aveva anche rifondato l'Ecole Normale come collegio che preparasse i nuovi professori di scuola media: Fourier vi fu chiamato come professore. Le lezioni dovevano essere tenute stando in piedi, e non dovevano essere una ripetizione delle dispense, bensì un colloquio con gli studenti: i professori dovevano garantire il buon risultato di

tale metodo. Ma dopo pochissime lezioni deve interrompere: il prefetto dell'Isère muore nel febbraio 1802 e Napoleone nomina Fourier a succedergli.

(Fourier nelle vesti di prefetto)

Fourier trovò a Grenoble un ambiente culturale molto vivo, ed acquisì amici; tra questi Jacques Champollion-Figeac, che, insieme al fratello, diventò, probabilmente su stimolo di Fourier, un famoso archeologo delle antichità egiziane.

Come prefetto egli dovette gestire due visite importanti: una di Napoleone, e successivamente una del Papa Pio VII, che nel 1804 passò per Grenoble. Andava a Parigi per cercare un accordo con Napoleone sulla nomina dei vescovi, e dovette assistere nella Cattedrale di Nôtre Dame all'autoincoronazione di Napoleone come Imperatore il 2 dicembre 1804. Contro questa autoincoronazione gli studenti del Politecnico inscenarono una dimostrazione, e Napoleone protestò presso i loro professori, tra i quali c'era Monge. Questi rispose argutamente che già era stato difficile creare dei repubblicani, creare ora dei sudditi di un impero era ancor più difficile; e rimproverò a Napoleone il passaggio troppo repentino dalla repubblica all'impero. Ma Napoleone continuò a stimare Monge, e lo nominò conte di Péluse; Monge accettò, dimenticandosi che una volta aveva votato a favore dell'abolizione di tutti i titoli nobiliari.

(Napoleone imperatore)

Come amministratore Fourier dette inizio a opere pubbliche di notevole impegno. Una di queste fu una strada alpina da Grenoble a Torino attraverso Briançon e Pinerolo; la strada fu completata durante l'amministrazione di Fourier solo fino a Briançon per l'instabilità della situazione negli ultimi anni napoleonici, ma successivamente, quando fu completata, Fourier disse che era l'opera che gli aveva dato maggior soddisfazione. Un'altra opera fu la bonifica delle paludi attorno a Bourgoin, cosa che lo impegnò pesantemente per mettere d'accordo i trentasette comuni coinvolti.

(Paludi)

Fourier fu autore anche di un ampio studio sull'Egitto, che uscì nel 1810, con il titolo *La descrizione dell'Egitto*; esso conteneva un rapporto dettagliato su tutte le scoperte fatte durante la spedizione francese in quelle terre. Napoleone lo esaminò molto dettagliatamente e vi fece delle modifiche di suo pugno; tale fu il suo apprezzamento per questo libro che conferì a Fourier il titolo di barone e una pensione annua.

Durante questa impegnativa attività amministrativa Fourier ha però il tempo di dedicarsi alla matematica. Dopo essersi cimentato con il problema degli n corpi nel periodo 1802-04 (senza grandi risultati per le difficoltà incontrate), è del 1807 il suo lavoro presentato all'Istituto di Francia sulla diffusione del calore. L'argomento aveva alcune motivazioni specifiche. Fourier si era abituato al caldo dell'Egitto, e Grenoble, ai piedi delle Alpi aveva un clima molto più freddo anche di Parigi; sentì quindi molto il problema del freddo, aveva una stanza sempre molto riscaldata, e anche per strada si faceva seguire da servitori che avevano vestiti di ricambio. Studiò pertanto il problema della diffusione del calore lungo una sbarra sottile riscaldata ad un'estremità e anche all'interno di un corpo, nota la distribuzione superficiale della temperatura; tale studio venne applicato anche alla superficie terrestre, per determinare quanto la temperatura delle cantine fosse influenzata dalla temperatura di superficie.

Il segretario Delambre

(Delambre)

istituì una commissione per giudicare il manoscritto, composta da Monge, Laplace, Lagrange e Lacroix.

(tre pagine del manoscritto)

Monge dette certamente un giudizio favorevole, e, a quanto si saprà dopo, anche Laplace e Lacroix. Lagrange invece fu estremamente critico, perché non accettava l'intera impostazione, cioè il considerare le funzioni come somme di serie trigonometriche. Il procedimento di Fourier era innovativo, anche se non preciso nel senso attuale della correttezza delle dimostrazioni. Lagrange, come abbiamo visto, era una decina d'anni più vecchio di Laplace e Monge e forse più alieno da novità sulla base dei fondamenti: all'epoca si considerava funzione soltanto un ente che avesse una espressione analitica. Fourier insistette per la pubblicazione, inviando negli anni successivi note, spiegazioni e aggiunte, ma il veto di Lagrange fu irremovibile. Apparve solo una recensione molto tiepida a cura di Poisson, giovane rampante che aveva studiato anch'egli problemi sulla diffusione del calore.

(Poisson)

Nel 1811 ci fu il gran premio per la matematica bandito dall'Istituto di Francia, con il tema "Teoria matematica della propagazione del calore e verifiche sperimentali". Chiaramente l'argomento era stato scelto in funzione del lavoro di Fourier, anche se ciò non fu detto ufficialmente, e probabilmente fu scelto non senza contrasti. Fourier concorse con il lavoro già presentato nel 1807, arricchito di nuovi capitoli scritti in gran fretta, e consegnato proprio all'ultimo momento. C'era anche un altro concorrente, peraltro non menzionato nella relazione finale, che aveva presentato cose piuttosto modeste. Il premio fu assegnato a Fourier, ma nella motivazione si leggevano lodi miste a perplessità: le equazioni venivano considerate corrette, ma il modo con cui venivano raggiunte era da considerarsi imperfetto in quanto a generalità e rigore. Per queste perplessità l'opera non fu pubblicata neanche dopo, nonostante che Lagrange fosse morto nel 1813 e che Fourier richiedesse insistentemente al segretario dell'Istituto notizie in merito, e che ne ricevesse assicurazioni rivelatesi poi non realistiche. Peraltro le *Memorie dell'Istituto* non apparvero affatto tra il 1811 e il 1827; Fourier ottenne il premio e la medaglia d'oro, ma nulla di più.

Ma ancora una volta gli avvenimenti politici sconvolsero la vita di Fourier. L'impresa di Napoleone contro la Russia e la disastrosa ritirata del suo esercito nella neve e nelle tormente dell'inverno russo segnarono l'inizio della fine dell'Impero francese. La battaglia di Lipsia del 1814 portò all'abdicazione di Napoleone e al suo confinamento all'isola d'Elba. Fu ripristinato il trono di Francia, su cui salì un Borbone, Luigi XVIII; quasi l'intera classe dei bonapartisti fu epurata, ma Fourier rimase al suo posto, appoggiato dalla nobiltà locale per la sua imparzialità e il suo impegno civico. Napoleone avrebbe dovuto passare per Grenoble per imbarcarsi per l'Elba, ma Fourier gli fece giungere la notizia che ciò non era prudente per l'eccitabilità della popolazione locale: probabilmente un incontro, più che rischioso per Napoleone, sarebbe stato imbarazzante per Fourier.

La tranquillità fu di breve durata: dopo pochi mesi Napoleone lasciò l'Elba e approdò in Francia, con l'intenzione di marciare su Parigi, ovviamente compiendo il tragitto più breve, che passava appunto per Grenoble. Fourier, come funzionario pubblico fedele alla monarchia apprestò le difese ricordando ai cittadini il giuramento di lealtà al re; ma all'avvicinarsi travolgente dell'esercito napoleonico abbandonò Grenoble lasciando una lettera per il generale. Questi lo sospese dalla carica e lo minacciò se non si fosse presentato; avvenne poi un incontro, che per Fourier fu umiliante, ma finì in maniera piuttosto soddisfacente: Napoleone lo nominò prefetto del Rodano, carica che Fourier ricoprì con la consueta efficienza e moderazione, adoperandosi per il reclutamento della nuova armata imperiale. Ma dopo soli due mesi si dimise, in disaccordo con il ministro dell'Interno, eccessivamente rigido: il ministro era il matematico Lazzaro Carnot, più anziano di lui di una decina d'anni, a suo tempo fortemente impegnato nella Rivoluzione, e studioso di ingegneria militare nel periodo napoleonico.

(Carnot)

La famiglia Carnot produsse scienziati e uomini politici. Lazzaro Carnot è noto per il teorema sul coseno: $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$; suo figlio Sadi fu un fisico, noto per il secondo principio della termodinamica; un altro suo figlio, Lazare Hippolyte, fu personaggio politico e deputato oppositore di Napoleone III, quindi senatore a vita. Un figlio di quest'ultimo, Marie François Sadi fu pure un

personaggio politico: deputato repubblicano, ministro dei lavori pubblici e infine presidente della Repubblica; morì assassinato dall'anarchico italiano Sante Caserio.

Dopo le sue dimissioni da prefetto del Rodano Fourier diventò titolare di una pensione, ma non la percepì mai: la battaglia di Waterloo (18.6.1915) pone fine al turbine napoleonico, e inizia la Restaurazione, con le sue faide, triste conseguenza di ogni cambiamento di regime. Fourier torna a Parigi, ma è senza lavoro: abituatosi ad un alto tenore di vita, si trova nell'indigenza e deve vendere i mobili per sopravvivere. Finalmente alcuni suoi amici gli trovano un posto di direttore dell'Ufficio Statistico della regione della Senna: il salario non è alto, ma permette di mantenersi. Cerca di essere eletto nell'Accademia delle Scienze di Parigi, ufficio pagato, ma l'ambiente della Corte si schiera contro di lui, per i suoi trascorsi napoleonici.

Ben peggiore sorte toccò a Monge, rimasto vicino a Napoleone fino al termine della sua parabola. Dopo la sconfitta di Lipsia Napoleone aveva pensato di rendersi immortale ai posteri con dei teoremi di matematica, avendo Monge come maestro. Era peraltro un buon dilettante, e lasciò due proposizioni di geometria, corollari di teoremi della matematica greca. Fu un breve sogno dell'ex-imperatore l'idea di trasferirsi nelle Americhe e fondare lì altri istituti culturali; Monge tuttavia non sarebbe stato associato alla spedizione, data l'età vicino ai settanta. Ma i sogni si arenarono sullo scoglio di Sant'Elena, e Monge rimase a Parigi in un ambiente che gli era ostile per i suoi trascorsi rivoluzionari e napoleonici. Temeva per la sua vita, e cambiava spesso abitazione nei quartieri poveri di Parigi. I Borboni ne ordinarono l'espulsione dall'Accademia, e gli accademici obbedirono: Monge a settant'anni rimase senza stipendio né mezzi di sussistenza, e morì dopo poco. Ai suoi funerali fu impedita la partecipazione dei suoi studenti e dei colleghi del Politecnico: soltanto il giorno dopo poterono deporre un fiore sulla tomba del maestro e dell'amico.

Al posto di Monge fu eletto un giovane rampante, il barone Augustin Louis Cauchy, ingegnere edile esperto in fortificazioni sotto Napoleone, ma cattolico intransigente e di sicura fede monarchica.

(Cauchy)

Di grande, addirittura eccessiva prolificità nello scrivere di matematica (lascerà oltre 800 memorie, delle quali alcune di oltre cento pagine), Cauchy è scostante di carattere e poco corretto verso i colleghi: spesso si appropria di idee e risultati altrui senza riconoscerne la priorità.

Fourier dovette attendere l'anno successivo, quando un altro posto si liberò per la cacciata dall'Accademia di un altro napoleonico, Lazzaro Carnot, il quale poi finirà la sua vita in esilio in Germania. Nel 1822 Fourier diventò segretario permanente dell'Accademia, incarico ben pagato che tenne fino alla morte.

L'ultimo decennio della vita di Fourier, che poteva essere finalmente tranquillo, fu invece rattristato da polemiche sulla priorità di certe scoperte. Fourier aveva pubblicato poco, e altri matematici che si erano occupati degli stessi argomenti avevano pubblicato con il loro nome scoperte e teoremi che erano già stati trovati o comunque intuiti da Fourier e che erano diventati abbastanza noti nell'ambiente matematico. Fourier si affrettò a far mettere retroattivamente delle date su suoi manoscritti o appunti di lezione, per rivendicare la sua priorità, sia rispetto a Cauchy, che si era appropriato del concetto di quella trasformata integrale che si chiamerà poi di Fourier, sia rispetto a Poisson, che aveva trovato equazioni sulla diffusione del calore assai simili a quelle trovate da Fourier. Dal punto di vista matematico le polemiche erano piuttosto sterili, anche perché Fourier pretendeva la paternità di teoremi enunciati, ma quasi mai dimostrati correttamente. porgeva il fianco a critiche I grandi Legendre e Monge erano morti, Laplace morirà nel 1827.

(Medaglia di Laplace)

La triade dei loro successori Cauchy, Fourier, Poisson aveva però come concorrenti due astri giovanissimi. Il norvegese Niels Hendrik Abel inviò un suo lavoro all'Accademia con Fourier

segretario; fu richiesto un parere a Cauchy, che non lo lesse e disse di averlo perduto. Il lavoro era stato inviato anche a Gauss, che non rispose; verrà poi pubblicato oltre dieci anni dopo e sarà riconosciuto come fondamentale. Il francese Evaristo Galois inviò anche lui i suoi lavori all'Accademia, e ne ricevette tre anni dopo un solo commento firmato da Poisson: "Incomprensibile!". I due giovani vissero entrambi troppo poco per poter aspirare a onori e cariche, ma quello che produssero nei pochi anni di attività li colloca in una cerchia assai ristretta di eccellenza.

Tuttavia l'ambiente parigino era estremamente vivace ed aperto. Accanto a Fourier crebbero altri matematici: Sturm, Navier, Sophie Germaine, Dirichlet; a tale gruppo si unì poi un giovanissimo Liouville.

(Sophie Germaine)

Di Sophie Germaine l'aneddotica è ricca: fu in corrispondenza con Gauss al quale fece credere dapprima di essere un uomo, certo Leblanc, e fu costretta a rivelare la sua identità quando Gauss la pregò di intercedere per lui presso un generale francese. Si occupò anche dell'ultimo teorema di Fermat senza risolverlo, ma portando un importante contributo. Gauss propose per lei una laurea *honoris causa* presso l'università di Göttingen, ma la Germaine morì pochi giorni prima della prevista cerimonia. In una lettera senza data ad un certo dottor Herminier, Fourier lo prega di prendersi cura di una donna ammalata, che egli "ama teneramente": i biografi sono inclini a riconoscere in questa donna Sophie Germaine, per la quale Fourier, che peraltro non si sposò mai, ebbe un grande apprezzamento.

Celebrato dall'ambiente parigino e internazionale, Fourier fu nominato membro della Royal Society e dell'Accademia di Francia, e alla morte di Laplace divenne presidente del Consiglio di Perfezionamento dell'Ecole Polytechnique.

Negli ultimi anni la sua salute peggiorò notevolmente: soffriva di reumatismi e forse di malaria contratta in Egitto; negli ultimi mesi dovette stare in una specie di scatola da cui uscivano solo la testa e le braccia; eppure continuò a produrre manoscritti, spesso illeggibili. Un attacco di angina pectoris mentre stava scendendo le scale lo costrinse all'immobilità; lavorò ancora febbrilmente e si spense qualche giorno dopo, il 16.5.1830. È sepolto a Parigi, in una piccola tomba al cimitero del Père Lachaise, vicino al suo maestro Monge e al suo amico e discepolo, l'archeologo Champollion, che morirà due anni dopo. L'eredità dei suoi scritti fu presa dall'amico Navier; un'ampia edizione fu fatta da Darboux.

Fourier non vide un nuovo rivolgimento politico, che invece coinvolse Cauchy. La politica reazionaria instaurata da Luigi XVIII aveva avuto un'involuzione ulteriore con Carlo X, il quale, di fronte alla posizione liberale della maggioranza del parlamento, fu costretto alla fuga dalle tre giornate insurrezionali del 27-29 luglio del 1830 (le *trois glorieuses*). Fu messo sul trono un suo cugino, Luigi Filippo d'Orléans, più vicino alle idee liberali. Cauchy, rigidamente legittimista, seguì il re in esilio e fu precettore di suo nipote, erede al trono dopo l'uccisione del figlio di Carlo X. L'ufficio di precettore di un insopportabile ragazzino di undici anni non era certo entusiasmante, ma Cauchy non si poté rifiutare. Fu a Torino, alla cui Accademia presentò una memoria sulla meccanica celeste, che iniziava con l'esposizione del metodo della variazione delle costanti arbitrarie per la soluzione delle equazioni differenziali.

(Memoria di Cauchy)

Ritornerà poi a Parigi, ma si rifiuterà sempre di prestare giuramento ad una monarca da lui non riconosciuto.

Due anni dopo la morte di Fourier, nel 1832, Evariste Galois morirà in un duello preorganizzato al fine di sollecitare una sommossa popolare contro Luigi Filippo, considerato traditore degli ideali che lo avevano portato sul trono dopo la fuga di Carlo X.

La fama di Fourier sopravvisse alla sua morte. L'anno successivo gli fu eretto un busto che andò distrutto nella Seconda Guerra Mondiale; fra coloro che parteciparono ad una sottoscrizione a questo scopo ricordiamo Navier, Parseval, Lacroix, Sophie Germain, Champollion. Nel 1849 gli fu eretta una statua in bronzo con due bassorilievi ad Auxerre, sua città natale: in essa Fourier era raffigurato in veste accademica con un fascio di fogli di opere scientifiche, e in basso c'erano due bassorilievi. La statua fu fusa dai nazisti per farne cannoni, ma nella notte precedente la fusione il sindaco di Auxerre ne trafugò i bassorilievi che ora sono al Municipio di Auxerre. Nel 1949 è stato fondato l'Istituto Fourier presso l'università di Grenoble, che produce ancora una prestigiosa rivista: gli *Annales*.

Citiamo una sola applicazione della trasformata di Fourier, resa più veloce dall'algoritmo *Fast Fourier Transform* (FFT) di Cooley e Tuckey (1965). Il progetto Ciclope fu effettuato dalla NASA per la ricerca nel cosmo di intelligenze al livello di possibile interazione con la nostra. In esso era incorporato il progetto BETA (Billion channel ExtraTerrestrial Assay). Si trattava di "ascoltare" il cosmo in quattro dimensioni, le tre spaziali più un certo intervallo di frequenza (da 1400 a 1750 MHz) entro il quale si suppone che l'ascolto di segnali radio possa dare un risultato significativo ai fini dell'individuazione di altre intelligenze con le quali entrare in contatto. Il numero dei dati raccolti era di numerosi miliardi, e un calcolatore impiegò otto ore per calcolare una FFT, senza la quale il tempo di calcolo sarebbe stato di secoli; si tratta probabilmente di un record non superato, anche se le fotogrammetrie da satellite utilizzano anch'esse miliardi di dati. La congettura dell'esistenza di altre intelligenze comparabili con la nostra ha avuto alcune conferme e alcuni dubbi. Le conferme sono venute in questi ultimissimi anni dalla scoperta che più o meno metà delle stelle hanno pianeti, e quindi pianeti di tipo terrestre su cui possa svilupparsi un'intelligenza come la nostra non sono rarissimi; il dubbio è che un'intelligenza tipo la nostra su un pianeta delle dimensioni terrestri è un sistema estremamente instabile: i pessimisti dicono che la nostra civiltà può durare ancora 150 anni, gli ottimisti 400...

Se questo è uno dei grossi interrogativi del nostro secolo, il vecchio Fourier e le sue intuizioni ci sono ancora di aiuto, il che giustifica il suo ritratto in uno studi dello Harvard-Smithsonian Observatory, coinvolto nel progetto citato.

BIBLIOGRAFIA

Fourier, J.: *Oeuvres*, edizioni varie.

Grattan-Guinness, I.: *Joseph Fourier 1768-1830*, MIT Press, 1972.

Herivel, J.: *Joseph Fourier – the Man and the Physicist*, Clarendon Press, 1975.

Minnaja, C.: *Historio de matematikistoj kaj matematikistoj en la historio*, in A. Wandel (red.): Internacia Kongresa Universitato, Montpellier, UEA, 1998.

Prestini E.: *Applicazioni dell'analisi armonica*, Hoepli, 1996.

Toti Rigatelli, L.: *Matematica sulle barricate*, Sansoni, 1993.

PER L'ICONOGRAFIA:

<http://www.-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/Mathematicians>

BIBLIOGRAFIA

Fourier, J.: *Oeuvres*, edizioni varie.

Grattan-Guinness, I.: *Joseph Fourier 1768-1830*, MIT Press, 1972.

Herivel, J.: *Joseph Fourier – the Man and the Physicist*, Clarendon Press, 1975.

Minnaja, C.: *Historio de matematikistoj kaj matematikistoj en la historio*, in A. Wandel (red.): Internacia Kongresa Universitato, Montpellier, UEA, 1998.

Prestini E.: *Applicazioni dell'analisi armonica*, Hoepli, 1996.

Toti Rigatelli, L.: *Matematica sulle barricate*, Sansoni, 1993.

PER L'ICONOGRAFIA:

<http://www.-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/Mathematicians>