Van guillotines tot piramides (1)

De Franse wis- en natuurkundige Joseph Fourier (1768–1830) leverde vele bijdragen aan de wetenschap die we ook vandaag nog overal in de natuurkunde tegenkomen. In dit tweeluik, een bewerkte versie van het artikel De omzwervingen van Fourier in het *Nieuw Archief voor Wiskunde*, beschrijft Edward Berengoltz het bewogen leven en de wetenschap van Fourier. Een uitgebreidere versie verschijnt binnenkort ook als hoofdstuk van een boek dat Edward schrijft.



Gravure van Fourier op latere leeftijd door Julien Léopold Boilly. Afbeelding via Wikimedia Commons.

Warmlopen voor de wetenschap

Het is hartje zomer in de snikhete Egyptische woestijn; de temperatuur kan overdag meer dan 40 graden worden. Op 13 messidor in het jaar VI van de revolutionaire kalender (1 juli 1798) arriveert hier het Franse leger van Generaal Napoléon Bonaparte. Bijna veertigduizend man is landinwaarts door het verzengende zandlandschap op weg naar Alexandrië en Caïro. De soldaten koken in hun strakke legeruniformen, de luchtspiegelingen vormen een foltering en sommigen worden blind door de reflectie van de zon in het gloeiend hete zand. De koelere nachten bieden weinig soelaas en wie achteropraakt, krijgt te maken met afranselingen, sodomie en moord door rovers. Vanuit het binnenland naderen bovendien vijandige troepen, van zee wordt de weg terug door de Engelse vloot versperd… vele soldaten plegen uit wanhoop zelfmoord.

Niemand onder de Fransen zal zich in deze hel hebben verwonderd over hoe dat nu eigenlijk werkte, die brandende lucht en dat schroeiende zand. Althans; bijna niemand.

Naast soldaten waren namelijk ook geleerden mee om Egypte te ontdekken. Een van hen was Jean-Baptiste Joseph Fourier. Misschien heb je wel eens gehoord van de zogeheten fourieranalyse, een wiskundige techniek die ettelijke toepassingen kent. Zo wordt zij gebruikt in geluidbewerking om golven te ‘ontbinden’ — dat wil zeggen, om te laten zien hoe zo’n ingewikkelde geluidsgolf is opgebouwd uit eenvoudigere sinussen met verschillende harmonische frequenties. Ook in computergraphics, signaalverwerking, radio, sonar en ga zo maar door vinden we de fourieranalyse terug. Je kunt geen film kijken waarin een gebeeldhouwde Hollywoodacteur een ondode mummie te lijf gaat of ook daar komt Fouriers erfenis tot leven.

Fouriers werkwijze vat hijzelf het beste samen[*]: *“L’étude approfondie de la nature est la source la plus féconde des découvertes mathématiques.”* Zijn belangrijkste werk is voortgevloeid uit een specifiek doel: beschrijven hoe warmtegeleiding werkt aan de hand van formules. Hij was een van de eersten die, in de traditie van Isaac Newton, natuurkunde beschreef aan de hand van wiskundige wetmatigheden en zich liet inspireren door de

fysische werkelijkheid, om haar vervolgens in formules en symbolen te vatten. Die werkelijkheid voelde soms echter nogal onwerkelijk aan…

Rasse omwentelingen

Joseph Fourier werd geboren in 1768 te Auxerre, ten zuidoosten van Parijs. Zijn ouders overleden toen hij negen jaar oud was. Het talentvolle weesje kon via-via in 1780 aantreden bij een militaire academie. Met een ongebruikelijke ijver stortte hij zich op de wetenschap, en de wiskunde in het bijzonder. De talentvolle jongeman ambieerde een militaire carrière als ingenieur of artillerist maar was van te lage komaf voor het door de adel gedomineerde leger. Na twee jaar in een klooster gaf hij ook de brui aan het monnikenleven, waarna hij, terug in Auxerre, in 1789 lector wiskunde werd aan zijn oude school. Daarnaast gaf hij lezingen in retoriek, geschiedenis en filosofie.

Tezelfdertijd stond Frankrijk volledig op zijn kop. De Franse Revolutie was uitgebroken en de chaos was compleet. Zowel ongeregelde milities als georganiseerde partijen vochten in de straten; de kloof tussen de ontoegeeflijke Koning Lodewijk XVI en het volk groeide gestaag. Aanvankelijk had Fourier gesympathiseerd met de revolutie en haar idealen en was daarom toegetreden tot het lokale revolutionaire comité in Auxerre. Begin 1790 verslechterde de situatie intussen behoorlijk. De Jakobijnen, radicale antimonarchisten onder leiding van de beruchte Maximilien Robespierre, kwamen aan de macht en ontketenden de Terreur. Moord, brandstichting en verkrachting waren aan de orde van de dag. Mensen – van dienstmeisjes en koks tot monniken en nonnen – werden aan stukken gesneden en gemarteld. Een gruwelijk voorbeeld was wat er gebeurde met de Princesse de Lamballe, een goede vriendin van koningin Marie-Antoinette: zij werd naakt verkracht en verminkt, haar hart werd opgegeten en haar hoofd op een stok geparadeerd buiten het raam van de koningin. Overal in het land lagen lijken te rotten en Parijs vormde het toneel van een onmenselijke slachting. Toen in 1791 de vluchtpoging van de koning naar het buitenland mislukte, werd hij met de koningin en hun zoontje onder huisarrest geplaatst. In januari 1793 werd Lodewijk ter dood veroordeeld en geëxecuteerd; Marie-Antoinette zou, in kaalgeschoren vernedering, in oktober volgen.

Fourier was tegen het geweld en trachtte met zijn welsprekendheid terdoodveroordeelden te beschermen. Dit zou hem bijna de kop kosten: in de zomer van 1794 werd hij gearresteerd

en vastgezet. Zijn appèl aan Robespierre werd afgewezen — hem wachtte de guillotine. Het tijdstip was echter fortuinlijk: Fouriers tribunaal werd voorgegaan door de executie van de fanatieke Robespierre. Fourier kon een zucht van opluchting slaken: hij werd vrijgelaten.

Hoewel de Terreur tegen haar einde liep, was de ellende niet plotsklaps weg. Opstanden gingen door en de ijskoude winter leidde tot voedseltekorten, hongerige roedels wolven en overstromingen zodra de dooi inzette. Een structureler probleem was dat de Revolutie de instellingen van het *ancien régime* te gronde had gericht. Er heerste een machtsvacuüm; onderwijs en infrastructuur verkeerden in slechte staat. Andere Europese landen sloegen de Franse Republiek met argusogen gade. Al vanaf 1792 verkeerde zij in oorlog met achtereenvolgens Oostenrijk, Pruisen, Groot-Brittannië, de Republiek der Nederlanden, Spanje, Napels-Sicilië en Portugal. Frankrijk stond alleen tegenover een verenigd Europa en er heerste een nijpend tekort aan legerofficieren en technische vaklui.

De oplossing kwam in december 1794 in de vorm van de École Polytechnique. Dit instituut werd opgericht om ingenieurs, zowel militair als civiel, op te leiden. De meetkundige Gaspard Monge, een hooggeplaatste revolutionair, was een van de wiskundige aartsvaders en andere beroemdheden als Joseph-Louis Lagrange en Pierre-Simon Laplace waren aan het instituut verbonden. Fourier werd door Monge uitgenodigd om er onderwijzer te worden. Hij doceerde bijvoorbeeld differentiaal- en integraalrekening in de stijl van Lagrange en Laplace, maar ook de theorie van exponenten en logaritmen, en wat statistiek. Hij ontwikkelde een vriendschap met Monge die zijn leven behoorlijk zou veranderen.

De toorts van verlichting

Monge had nog een andere goede vriend, wiens ster in het Franse leger rijzende was. Deze Generaal Napoléon Bonaparte veroverde Noord-Italië en wipte Oostenrijk in 1797 definitief uit de oorlog. De machthebbers in Frankrijk werden nerveus van Bonapartes succes en wilden de krijgsheld ver van de hoofdstad houden. Na enig politiek kunst- en vliegwerk werd een expeditie naar Egypte goedgekeurd. De Fransen zouden in die Ottomaanse provincie wel even orde op zaken stellen.

Het plan was zeker niet over één nacht ijs gegaan. Tijdens Bonapartes Italiaanse veldtochten had Monge al opgemerkt hoeveel er bekend was over de Griekse en Romeinse beschavingen, in tegenstelling tot de Egyptische. Er zou dus een commissie van geleerden, kunstenaars en

technici – de zogeheten *savants* – meegaan om alles over Egypte te leren en documenteren, met Bonaparte als drager van de 'toorts van rede' naar dat eeuwenlang 'in duisternis gehulde land'. Het invasieplan, in het bijzonder de bestemming, werd strikt geheimgehouden. Monge, die zelf slechts met tegenzin meeging (hij vond zichzelf te oud), wist zijn discipel Fourier te rekruteren. De Franse vloot vertrok op 19 mei 1798.



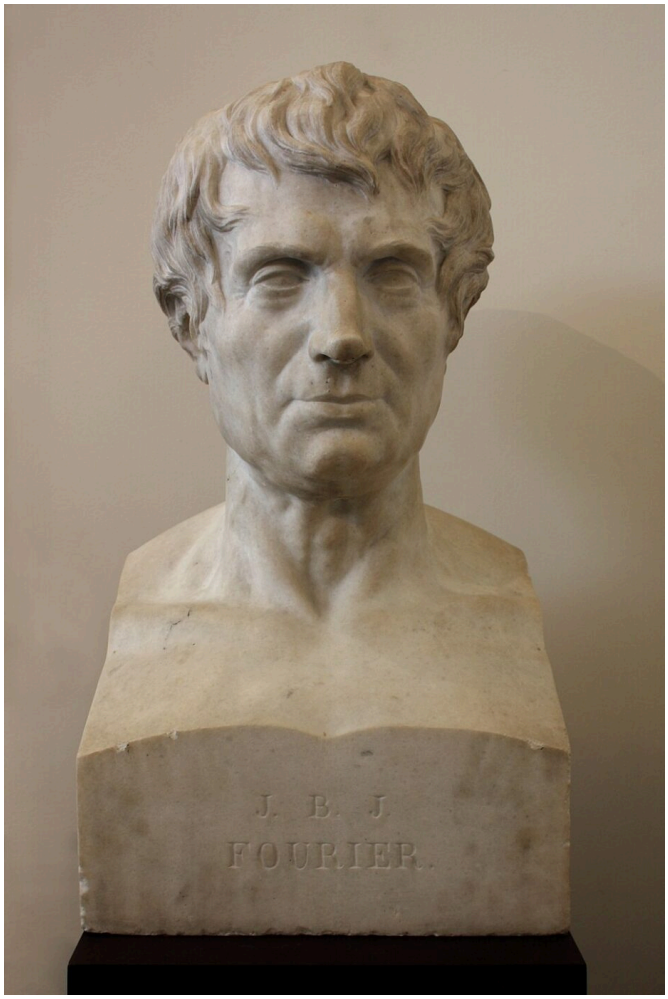
De Franse legermacht in Egypte voor de Slag bij de Piramiden. De Mammelukken werden teruggedreven zodat de weg naar Caïro openlag. Diorama in het Musée de l'Armée in Parijs. Foto door de auteur.

Zo kwam de expeditie dus aan in de ellendige situatie die ik aan het begin van dit artikel schetste. Terwijl het leger bezig was, zaten Fourier, Monge en de andere wetenschappers natuurlijk niet stil[‡]. De vermetele *savants* zouden Egypte zowel letterlijk als figuurlijk op de kaart zetten en in Europa de fascinatie voor het land aanwakkeren. Een van hun beroemdste vondsten is de Steen van Rosetta, de sleutel tot het ontcijferen van hiërogliefen. Het Institut d'Égypte werd na de woestijntocht op 22 augustus 1798 opgericht in een paleis in Caïro om de wetenschappelijke onderzoeken en opgravingen te sturen. Monge werd voorzitter en Fourier secretaris.

Naast het beoefenen van wetenschap zochten de *savants* oplossingen voor praktische problemen (zoals bier brouwen, water zuiveren en ovens bouwen) en vraagstukken van meer zonderlinge aard, bijvoorbeeld betreffende de dadelpalm, krokodillengenitaliën, prostitutie, magie, de struisvogel, en – jawel! – zand. Monge raakte ook gefascineerd door de luchtspiegelingen waar de soldaten zo gek van werden. Hij vond een verklaring voor het fenomeen dankzij zijn meetkundekennis.

Fourier publiceerde in de wetenschappelijke uitgaven van het instituut, de *Mémoires sur l'Égypte* en de *Décade Égyptienne*. Naast wiskundige artikelen schreef hij over onder andere de uitgravingen van graftomben, de watertoevoer van de Nijl, irrigatie en oasen. Bovendien stuurde hij zelf sommige expedities aan. Al zijn onderzoek werd gekarakteriseerd door een nauwlettende en doortastende werkwijze. Wanneer hij iets wilde beschrijven, moest altijd de onderste steen boven geraken. Daarnaast was Fourier ook diplomaat en wel als officiële Franse vertegenwoordiger bij de Divan, een hoge Ottomaanse regeringsinstelling, van Caïro. Zou Fouriers fascinatie voor de warmteleer in het hete Egypte zijn opgestookt?

Het helse klimaat en akelige ziektes daargelaten was de expeditie op militair gebied aanvankelijk succesvol: Alexandrië en Caïro werden ingenomen en de vijand werd op 21 juli 1798 in de Slag bij de Piramiden teruggedreven; zijn kromzwaarden waren geen partij voor de Franse musketten[‡]. Op 1 augustus ontdekte de Britse admiraal Nelson in de Baai van Aboekir echter de Franse vloot — en joeg deze met een gedurfde aanval naar de kelder. Bonaparte liet zich desondanks niet uit het veld slaan. Hij voerde fiscale hervormingen door, moderniseerde de landbouw en legde waterwerken aan. Zijn plannen voor Egypte en het Suezkanaal waren groots. De generaal deed er dan ook alles aan om de bevolking voor zich te winnen. Achter zijn rug om werd hij evenwel vierkant uitgelachen.



Buste van Fourier in het Musée de l'Ancient Évêché te Grenoble. Foto: Eusebius, via Wikimedia Commons.

Op 21 oktober brak een opstand uit in Caïro waarbij Bonapartes favoriete adjudant om het leven kwam. De stad werd overgenomen door de rebellen en het instituutsgebouw enige tijd belegerd. Monge organiseerde de verdediging. Het Institut hield stand ondanks een tekort aan wapens[§]. De Fransen sloegen de opstand neer en Bonaparte vergaf de stad edelmoedig. Zijn positie was echter zeer wankel en bovendien leefde hij onder twee misvattingen, waarvan hij spoedig zou worden verlost.

Ten eerste had hij niet door dat de islamitische mentaliteit niet met christelijke waarden te rijmen was. Zodra dat kwartje viel, werd het bestuur aanzienlijk minder mild. Ten tweede dacht hij dat Frankrijk de diplomatieke plooien wel had gladgestreken met de Ottomanen. Die waren echter stomverbaasd en uitzinnig van woede toen ze van de invasie hoorden. Na de Franse nederlaag tegen de Britten kwam Sultan Selim III met een oorlogsverklaring, snel

gesteund door Napels en Rusland. De Franse expeditie bevond zich in een hachelijk parket.

Begin 1799 trok Bonaparte richting Syrië met zijn leger. Het werd hem er snel te heet onder de voeten: zijn mannen sneuvelden bij bosjes of werden geveld door de pest. Binnen enkele maanden keerde hij terug van de veldtocht, die een regelrechte catastrofe was. Inmiddels hadden de Russen en Oostenrijkers ook al zijn Noord-Italiaanse veroveringen ongedaan gemaakt. Bonaparte nam een gewaagde beslissing: hij liet zijn leger in de steek. Vergezeld door zo'n 500 man (onder wie de meeste generaals en *savants*, Monge incluis) keerde de generaal in augustus van dat jaar terug naar Frankrijk[**]. Ondanks het militaire falen was hij immens populair; dat jaar pleegde hij de coup waarmee het landsbestuur viel en hij *premier consul* van de republiek werd. Fourier was intussen ontzet achtergebleven in een vijandig land…

Het vervolg van dit tweeluik verschijnt op vrijdag 24 april op deze website.

---

[*] Het diepgaand bestuderen van de natuur is de vruchtbaarste bron van wiskundige ontdekkingen.

[†] Ook aan het thuisfront schreed de wetenschap trouwens voort. Daar werden net de laatste hordes genomen om de metrieke standaardeenheden meter en kilogram te bepalen, zoals beschreven in dit artikel van Jort de Groot.

[‡] In de film *Napoleon* uit 2023 blaast aan het begin van deze slag een veldkanon de top van een piramide bij Gizeh op, waarna de aanvoerder van de tegenstanders overrompeld ter aarde stort. Tsja…

[§] In tegenstelling tot in 2011, toen het instituut door rebellen werd verwoest in de revolutie tegen President Moebarak. Daarna werd het na een omvangrijke restauratie heropend, hoewel veel werken waren gesneuveld.

[**] De hele expeditie zou een kluchtig diplomatiek staartje krijgen in 1827: de Dei van Algiers, een soort Ottomaanse onderkoning, was zo laaiend op de Franse consul, omdat de

schulden ten gevolge van het Egyptische avontuur niet waren betaald, dat hij hem in het gezicht petste met een vliegenmepper.