

Evariste Galois

(25 oktober 1811 - 31 mei 1832)



Evariste Galois werd geboren op 25 oktober 1811 in Bourg-la-Reine, een stadje ongeveer 10 km ten zuiden van Parijs, als kind van Nicolas-Gabriel Galois en Adelaide Marie Demante. Evariste had één oudere zus, Nathalie-Théodore en een jongere broer, Alfred. Zijn ouders kwamen beiden uit welgestelde families en waren ook hoog opgeleid. De eerste twaalf jaar van zijn leven kreeg Evariste thuis les van zijn moeder - er was toen nog geen schoolplicht - die hem voornamelijk Grieks, Latijn en godsdienst leerde. De ouders van Evariste Galois waren verwoede republikeinen en grote aanhangers van de ideeën van de Franse Revolutie en van Napoleon. Nicolas-Gabriel was een zeer gecultiveerd man, een intellectueel met een passie voor filosofie. In 1815, gedurende het 100 dagen regime dat volgde op Napoleons ontsnapping van Elba, werd Nicolas Galois gekozen tot burgemeester van Bourg-la-Reine, wat hij gedurende veertien jaar zou blijven. Adelaide-Marie was een vrouw met een sterk karakter, grootmoedig en erg belezen. Ze bracht haar eigen scepticisme, wat betreft religieuze zaken, over op haar zoon. Nergens in de familie is er een zekere aanleg of interesse voor wiskunde bekend.

Toen Evariste 12 jaar oud was, stuurden zijn ouders hem naar het prestigieuze Lycée Louis-le-Grand in Parijs. De woelige politieke periode drukte ook zijn stempel op de school. Gedurende zijn eerste schooljaar brak er een opstand uit en werden er 40 leerlingen van school gestuurd. Als eerstejaars leerling was Galois een goede leerling en was niet zo geïnteresseerd in politiek. Hij mocht onmiddellijk in de vierde klas beginnen. (eerste schooljaar = zesde klas, laatste schooljaar = eerste klas). Hij won tijdens zijn eerste 2 jaren op school diverse eerste prijzen. Op het einde van de tweede klas vonden zijn leraars hem niet matuur genoeg vonden voor het laatste jaar (de retorica) en moest hij zijn jaar overdoen. Hierdoor begon Galois zich op school erg te vervelen, maar daar kwam verandering in toen hij wiskunde kreeg. Hij bleek een opmerkelijk talent voor wiskunde te bezitten: zijn school wiskunde boeken las hij alsof het leesboeken waren en al op zijn vijftiende las hij werken, bedoeld voor professionele wiskundigen.

Hij las een boek over meetkunde van Adrien-Marie Legendre en een werk over algebra van Joseph-Louis Lagrange. Maar naarmate zijn wiskundekennis toenam, begon hij zijn niet-exacte vakken te verwaarlozen. Zelfs zijn wiskundeleraar vermaande hem om systematischer te werk te gaan. Galois volgde het advies niet op. In juni 1828, een jaar te vroeg, deed Galois (toen 16 jaar) toelatingsexamen voor de École Polytechnique. Deze school, opgericht in 1794, was de meest prestigieuze instelling voor wetenschappelijk onderzoek van Frankrijk en waarschijnlijk zelfs van heel Europa. Galois zakte echter voor dit examen. Zijn wiskundekennis zou te ontoereikend zijn!

In april 1829 publiceerde Galois (17) een eerste artikel over kettingbreuken in *Annales de Mathématiques*. De auteur werd hier omschreven als "leerling van het Lycée Louis-le-Grand", zeer uitzonderlijk voor een wetenschappelijk tijdschrift.

In het begin van de negentiende eeuw werden er grote vorderingen gemaakt in het onderzoek naar veeltermvergelijkingen. Sinds de Babyloniërs was bekend dat een tweedegraads vergelijking met de discriminant methode opgelost kan worden. In het begin van de 16de eeuw lukte het de Italiaanse wiskundigen Scipione dal Ferro en Niccoló Fontana een algemene derdegraadsvergelijking op te lossen met behulp van een derdemachtswortel. Hun landgenoot Lodovico Ferrari kon kort daarna de vierdegraadsvergelijking oplossen met behulp van een vierdemachtswortel. Maar het zoeken naar een oplossing voor vergelijkingen van een hogere graad had meer dan 3 eeuwen lang geen resultaat. Een aantal wiskundigen vermoedde dat zulke vergelijkingen niet meer oplosbaar zou zijn met behulp van gewone rekenkundige methodes. Galois deed veel onderzoek naar het bepalen van de oplosbaarheid van deze hogeregraadsvergelijkingen. Hij was waarschijnlijk wel bekend met Abels stelling over de onoplosbaarheid van de algemene vijfdegraadsvergelijking, maar niet met het meeste van diens overige werk. Hun beider resultaten vertonen dan ook veel overlappende studies. Op 25 mei en 1 juni zond hij twee artikels in naar de Académie des Sciences over algebraïsche oplossingen van veeltermvergelijkingen. Cauchy, een eminent wiskundige, die de artikels moest beoordelen, begreep ze niet of wilde ze niet begrijpen.

In zijn persoonlijk leven kreeg Galois die zomer een grote tegenslag te verwerken. Begin 1829 werd er in Bourg-la-Reine een conservatieve priester aangesteld. Deze sloot een verbond met een conservatief lid van het plaatselijk bestuur, die ook niet gelukkig was met een liberale burgemeester. Ze lieten kwaadwillige brieven circuleren en ondertekenden deze met Nicolas-Gabriel Galois. Er brak een schandaal uit en de burgemeester moest zijn ambt neerleggen. Hij vertrok naar Parijs, maar kon de situatie niet verdragen en pleegde op 2 juli van dat jaar zelfmoord. Nog diezelfde maand deed Evariste voor de tweede en laatste keer toelatingsexamen voor de École Polytechnique. Dit examen is legendarisch geworden: Galois zakte, deels omdat hij nog niet over zijn vaders dood heen was, deels ook omdat hij zijn wiskundige ideeën niet onder woorden kon brengen. Hierdoor kon hij niet naar de École Polytechnique, waarmee een kans op een wetenschappelijke carrière zeer klein werd.

Galois besloot naar de École Normale Supérieure te gaan. Na twee jaar École Normale kon je les gaan geven aan een middelbare school. Galois moest om toegelaten te worden eerst examen doen aan het Lycée Louis-le-Grand, wat hem

slechts met zeer veel moeite en met dank aan zijn wiskundige talenten lukte. In februari 1830 (18 j oud) begon hij dan maar zijn studie aan de École Normale. Hier raakte hij bevriend met Auguste Chevalier, die net als zijn broer Michèl een aanhanger was van het Saint-Simonisme. Graaf de Saint-Simon (1760-1825), alias Claude Henri de Ronvroy, baseerde zijn hervormingsplannen op een positivistisch geloof in de wetenschap en hij was een voorvechter van een meritocratische maatschappij. Hij was de eerste die de moderne samenleving als een industriële prestatie maatschappij bestempelde. Hij deelde de bevolking in in een groep productieven (zij die werken) en een groep niet-productieven (zij die bezitten), en merkte terecht op dat het de niet-productieven waren die ten tijde van de middeleeuwse feodale standenmaatschappij de bovenste laag van de samenleving uitmaakten. In plaats van op grondbezit en afkomst, werd de maatschappelijke positie in de nieuwe maatschappij echter bepaald door bekwaamheid op wetenschappelijk en industrieel gebied.

In 1830, na het lezen van een artikel van Abel in het Bulletin de Férussac, herschreef en verbeterde Galois zijn artikel, dat hij eerder aan Cauchy gestuurd had. De Franse Wetenschappelijke Academie had dat jaar namelijk een prijs uitgelooft voor de beste wiskundige publicatie. Het artikel: *“Over de voorwaarde opdat een vergelijking oplosbaar zou zijn door radicalen”* werd ter beoordeling meegenomen door Fourier, maar deze overleed plotseling op 16 mei van dat jaar. Na zijn dood werd het artikel niet meer terug gevonden, waardoor Galois de eerste prijs misliep. De prijs werd uiteindelijk toegekend aan Jacobi en postuum aan Abel. Galois beschuldigde de Academie er later van zijn manuscript opzettelijk te hebben verduisterd. Ondertussen schreef Galois, met de steun van Jacques Sturm, 3 artikels in het Bulletin de Férussac over elliptische functies en abelse integralen.

In 1830 brak er in juli een revolutie uit in Parijs. Karel X werd tot aftreden gedwongen, zijn plaats werd overgenomen door de liberalere hertog van Orléans, die onder de naam Lodewijk Filips koning van Frankrijk werd. In tegenstelling tot de studenten van de École Polytechnique, die fanatiek aan de revolutie deelnamen, werden de studenten van de École Préparatoire door hun directeur Guigniault in de school opgesloten. Galois, die geïnspireerd door Chevalier en door de laffe manier waarop zijn vader de dood in was gedreven, behoorlijk politiek geëngageerd was geworden, was woedend op Guigniault, zeker omdat deze later toch de kant van de revolutie koos toen dat in zijn voordeel bleek te zijn. Galois werd lid van de Nationale Garde, een militante republikeinse beweging, opgericht tijdens de Franse Revolutie. In december 1830 viel Galois (juist 19) in een open brief in de schoolkrant Guigniault aan en werd van school gestuurd.

Om aan de kost te komen organiseerde Galois lessen in hogere algebra. Deze waren een redelijk succes, hoewel het publiek in de loop van de tijd drastisch afnam. Ook publiceerde hij nog twee artikels, de laatste die hij tijdens zijn leven zou publiceren: een wiskundig artikel in Annales de Mathématiques en een artikel over wetenschapsonderwijs in Gazette des Écoles. Tevens stuurde hij, op verzoek van Poisson, voor de derde keer zijn verhandeling over de oplosbaarheid van vergelijkingen naar de Franse Academie.

Begin 1831 werd de Nationale Garde verboden door Lodewijk Filips, die haar als bedreiging voor zijn regering zag. Negentien voorname leden van de Nationale

Garde werden hierop gearresteerd. Galois was hier niet bij, maar wel enkele van zijn vrienden. Toen de negentien in april werden vrijgelaten, werd ter gelegenheid daarvan een groot banket georganiseerd, waar zo'n 200 republikeinen, waaronder Galois, aanwezig waren. Op een gegeven moment hief Galois, met een mes in zijn hand, het glas en riep: *voor Lodewijk Filips!*. De volgende dag werd hij gearresteerd wegens het uiten van dreigementen aan het adres van de koning en op 15 juni werd hij voor de rechtbank voorgeleid. Hier beweerde hij in werkelijkheid gezegd te hebben: *Voor Lodewijk Filips, als hij ons bedriegt!*. Mede tot zijn eigen verbazing, want uit brieven is gebleken dat dat niet waar was, werd Galois vrijgesproken.

Op 14 juli, precies 42 jaar na de Franse Revolutie, deden de leden van de Nationale Garde mee aan een demonstratie, waar ze verschenen in hun verboden uniformen. Galois werd, net als zijn vriend Vincent Duchâtelet, gearresteerd en tot negen maanden gevangenisstraf veroordeeld. Deze bracht hij door in de gevangenis Sainte Pélagie, in het zuiden van Parijs. Tijdens zijn gevangenschap ontving hij van Poisson de afwijzing van zijn artikel. Poisson schreef dat Galois zijn beweringen niet goed kon beargumenteren, maar stimuleerde hem meer werk op te sturen.

In maart 1832 werd Galois (20) overgeplaatst naar het ziekenhuis Sieur Faultier, wegens een cholera-epidemie die in Sainte Pélagie was uitgebroken. Hier ontmoette hij Stéphanie Poterin du Motel, de dochter van de plaatselijke arts. Hij werd verliefd op Stéphanie en begon fanatiek met haar te schrijven. Het is niet bekend of Stéphanie ooit verliefd op Galois is geweest, later was ze dat in ieder geval niet meer, zo bleek uit Galois' brieven.

Kort na zijn vrijlating op 29 april, woonde Galois een bijeenkomst van zijn republikeinse vrienden bij. Hier opperde Galois het idee om een duel in scène te zetten met L.D., zodat het leek alsof hij door zijn politieke tegenstanders de dood in was gedreven. Hoewel zijn vrienden het geen goed idee vonden, vond het duel uiteindelijk toch plaats. Galois werd op diverse plaatsen met kogels doorboord en een dag na het duel, op 31 mei 1832 overleed hij in een Parijs ziekenhuis op slechts 20-jarige leeftijd. Op zijn sterfbed weigerde hij nog zich door een priester bij te laten staan. De dagen na zijn begrafenis, op 2 juni braken er diverse republikeinse opstandjes uit. Er zijn ook twee andere versies van het verhaal bekend, namelijk dat Galois een duel uitvocht om Stéphanie of dat hij zich inderdaad gedwongen voelde tot een duel met een politiek tegenstander. Dit is echter onwaarschijnlijk: in brieven aan vrienden, die hij in de week voor zijn dood schreef, sprak hij over een zekere dood, bij een echt duel zou dit lang niet zeker geweest zijn.

Hoe dan ook, de avond voor het duel schreef hij een lange brief aan Auguste Chevalier. Hierin schreef hij: *“ Ik heb een aantal nieuwe ontdekkingen gedaan in de wiskunde. De eerste gaat over algebraïsche vergelijkingen, de tweede over integralen. Wat de algebraïsche vergelijkingen betreft heb ik de voorwaarden nagegaan om ze op te lossen met behulp van radicalen (de 4 rekenkundige bewerkingen: optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen, en het trekken van wortels). Dit heeft mij in staat gesteld de theorie verder uit te diepen en alle mogelijke herleidingen van een vergelijking te beschrijven, zelfs als die niet oplosbaar zijn met behulp van bovenvermelde bewerkingen. Alles hierover kan worden gevonden in 3 bijgesloten manuscripten. Maak een verzoek aan Jacobi en Gauss openbaar. Vraag hun mening over het belang van deze theorema's. Ik hoop*

*dat sommigen er daarna profijt in zien om orde te scheppen in deze chaos.” Deze brief is legendarisch geworden, mede door de woorden *Dit voorbeeld is nog niet volledig. Ik heb echter geen tijd*, die aanleiding hebben gegeven tot de legende als zou Galois het duel verloren hebben, omdat hij de gehele nacht ervoor bezig is geweest met het opschrijven van zijn wiskundige resultaten, waardoor hij tijdens het duel te moe was.*

Na Galois' dood duurde het nog jaren voor hij erkend werd als een groot wiskundige. Pas in 1846 publiceerde Liouville Galois' beroemde verhandeling over de oplosbaarheid van vergelijkingen. Alhoewel Chevalier en Galois' broer Alfred zijn verhandeling naar Gauss en Jacobi gestuurd hebben, is er nergens enige commentaar in hun publicaties terug te vinden. Het totale werk van Galois bedraagt nauwelijks 60 pagina's. In het begin waren er maar weinigen die zijn werk konden bevatten. Maar wat tegenwoordig “ de groepentheorie van Galois” wordt genoemd, vond al snel toepassingen in grotere gebieden van de wiskunde: de theorie van de algebraïsche vergelijkingen , de functietheorie, de invariantentheorie, de meerdimensionale meetkunde en de topologie. Maar ook buiten de wiskunde was de groepentheorie niet meer weg te denken in de scheikunde, kwantumfysica, waarschijnlijkheidsrekening en kristallografie.

Galois, gestimuleerd door Lagrange's ideeën , zocht dus naar nodige en voldoende voorwaarden opdat een willekeurige veeltermvergelijking oplosbaar zou zijn door radicalen. Zijn methode was het analyseren van 'toelaatbare' permutaties van de wortels van deze vergelijkingen. De doorbraak bestond erin dat de oplosbaarheid door radicalen verzekerd was als en slechts als de groep der automorfismen oplosbaar is. Dit oplosbaar zijn betekent ruwweg dat de groep kan ontbonden worden in priem orde deelgroepen. Alhoewel Galois gebruik maakte van het begrip *groep* en aanverwante begrippen zoals *nevenklasse*, *deelgroep* heeft hij deze begrippen nooit echt gedefinieerd en heeft hij zijn theorie niet echt formeel opgesteld.

Bronnen :

Pagina over Galois in "MacTutor's History of Mathematics"

D.J. Struik, "Geschiedenis van de Wiskunde", Utrecht, 1990

Encyclopedia Britannica online

The Evariste galois archive : <http://www.galois-group.net/>