

L'ALGEBRA E LE SUE APPLICAZIONI
TRA CLASSICO E MODERNO

COLLANA INTERDISCIPLINARE

Direttore

Alfio RAGUSA

Università degli Studi di Catania

Comitato scientifico

Marco FONTANA

Università degli Studi Roma Tre

Mercede MAJ

Università degli Studi di Salerno

Rosanna UTANO

Università degli Studi di Messina

L'ALGEBRA E LE SUE APPLICAZIONI TRA CLASSICO E MODERNO

COLLANA INTERDISCIPLINARE



L'Algebra non è altro che Geometria scritta, la Geometria non è altro che Algebra figurata.

Marie–Sophie GERMAIN

Una collana di Algebra, in una sezione relativa alla macro–area di Matematica e Informatica, ha come obiettivo primario la divulgazione culturale e didattica dei temi dell'Algebra classica e moderna. Come è noto lo strumento algebrico è andato via via affermandosi nel tempo soprattutto per le sue molteplici applicazioni. Così, mentre classicamente l'Algebra era nota per i suoi contributi nella Teoria dei numeri e nello studio delle equazioni, con l'avvento dell'opera di Cartesio l'Algebra è diventato lo strumento principale per interpretare gli oggetti geometrici, mentre con il lavoro di Eulero e Fermat ha trovato inaspettate applicazioni in campi più moderni della ricerca quali la Crittografia e la Teoria dei codici.

Questa collana vuole dare impulso e sostegno a tutte quelle pubblicazioni che intendano diffondere in modo scientifico e puntuale tematiche che coinvolgano in modo diretto o indiretto aspetti teorici o applicativi dell'Algebra, ricordando, come usava dire Alfred North Whitehead, che *l'Algebra è lo strumento intellettuale che è stato creato per rendere chiari gli aspetti quantitativi del mondo.*

Sergio De Nuccio

Évariste Galois

Vita e opere





Aracne editrice

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

Copyright © MMXVII
Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

www.giacchinoonoratieditore.it
info@giacchinoonoratieditore.it

via Vittorio Veneto, 20
00020 Canterano (RM)
(06) 45551463

ISBN 978-88-255-0954-0

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: dicembre 2017

Alla mia famiglia

L'eterno cipresso ti circonda;
Più smorto del pallido autunno,
Tu ti pieghi verso la tomba.

A. CHEVALIER, *Necrologio di É. Galois*

- 13 *Introduzione*
- 15 **Capitolo I**
La breve vita di É. Galois
- 1.1. Nitens lux, 15 – 1.2. Necrologio di A. Chevalier, 26 – 1.3. Évariste Galois, 32 – 1.4. La vita di É. Galois di P. Dupuy, 35
- 43 **Capitolo II**
I compiti scolastici e le prove di concorso
- 2.1. Compito n. 1, 44 – 2.2. Compito n. 2, 59 – 2.3. Compito n. 3, 62 – 2.4. Compito n. 4, 68 – 2.5. Compito n. 5, 78 – 2.6. Compito n. 6, 81 – 2.7. Compito n. 7, 88 – 2.8. Compito n. 8, 90 – 2.9. Compito n. 9, 97 – 2.10. Compito n. 10, 104 – 2.11. Compito n. 11, 111 – 2.12. Compito n. 12, 122 – 2.13. La prova di Galois al Concorso Generale del 1829. 131 – 2.14. La prova di Galois al concorso di ammissione all'École préparatoire, 133.
- 149 **Capitolo III**
Le Memorie pubblicate in vita
- 3.1. Dimostrazione di un teorema sulle frazioni continue periodiche, 150 – 3.2. Analisi di una Memoria sulla risoluzione algebrica delle equazioni, 168 – 3.3. Nota sulla risoluzione delle equazioni numeriche, 175 – 3.4. Sulla teoria dei numeri, 186 – 3.5. Note su alcuni punti dell'Analisi, 203.
- 213 **Capitolo IV**
Note tratte da un quaderno inedito di Galois
- 4.1. Asintoti di una curva, 215 – 4.2. Principi del Calcolo differenziale, 219 – 4.3. Osservazioni, 228.
- 231 **Capitolo V**
Scritti di Galois pubblicati da J. Tenny
- 5.1. Integrazione delle equazioni lineari, 231 – 5.2. Equazioni alle derivate parziali, 239 – 5.3. Ricerca sulle superfici del 2° ordine, 245.
- 261 **Capitolo VI**
Memorie sulla risolubilità algebrica delle equazioni
- 6.1. Prima Memoria, 261 – 6.2. Seconda Memoria, 319.

12 *Indice*

335 *Capitolo VII*
Lettera testamento e due articoli sull'insegnamento della
Matematica

7.1. Lettera testamento, 335 – 7.2. Due Memorie di Analisi pura, 348 – 7.3. *Gazette des Ecoles*, 351.

353 *Appendici*

403 *Bibliografia*

Introduzione

Évariste Galois, matematico francese della prima metà dell'Ottocento, ebbe un'esistenza breve e sfortunata, stroncata a soli vent'anni da un mortale duello alla pistola, di cui non sono del tutto chiare le cause. Nato a Bourg-la-Reine¹ il 25 ottobre 1811 e morto a Parigi il 31 maggio 1832, Galois si trovò a vivere in un periodo di grandi sconvolgimenti politici e sociali per la Francia: dalla Restaurazione borbonica fino ai moti rivoluzionari del 1830 e all'ascesa al trono di Luigi Filippo d'Orleans. La sua breve vita, segnata dal tragico suicidio di suo padre, fu un susseguirsi di delusioni, a partire da quelle scolastiche fino a quelle politiche e sentimentali, che indebolirono il suo fisico e il suo morale facendogli mutare profondamente il carattere: da amabile e felice fanciullo a giovane chiuso e intrattabile.

ATTO DI NASCITA DI ÉVARISTE GALOIS

(Archivi di Bourg-la-Reine)

L'anno milleottocentoundici, il ventisei ottobre, alle ore una pomeridiane, davanti a noi, sindaco di Bourg-la-Reine, facente le funzioni di pubblico ufficiale dello stato civile, è comparso il sig. Nicolas-Gabriel Galois, direttore di un pensionato dell'Università imperiale, di anni trentasei, residente in questo comune, il quale ci ha presentato un neonato di sesso maschile, nato ieri alle ore una del mattino, da lui dichiarante e da Adelaide-Marie Demante, sua moglie, e al quale ha dichiarato di voler dare il nome di Évariste, la suddetta dichiarazione e presentazione fatta in presenza del sig. Thomas-François Demante, presidente del Tribunale civile con sede a Louviers, dipartimento di Eure, di anni cinquantanove, nonno materno del fanciullo, e del sig. Pierre-Ambroise Gandu, insegnante di calligrafia, di anni cinquantatre, residente in questo comune, e dopo avvenuta lettura, il padre e i testimoni hanno firmato insieme a noi, sindaco, il presente atto di nascita.

GANDU, G. GALOIS, DEMANTE, LAVISE.

In una breve biografia del giovane matematico, apparsa nel 1848 su *Le Magasin pittoresque*, non firmata ma attribuita a Paul Flaugergues², viene detto che alla fine di una lettera scritta alla vigilia del mortale duello e indirizzata a due suoi amici, N. Lebon e V. Delaunay, Galois inserì come *post scriptum* la seguente frase:

*Nitens lux, horrenda procella, tenebris aeternis involuta.*³

con la quale intendeva evidentemente riassumere la sua breve e infelice esistenza. Ed è proprio seguendo queste parole che intendiamo narrare i momenti più importanti della vita di questo genio della matematica.

¹ Piccolo villaggio situato a 10 Km a Sud di Parigi. Durante la Rivoluzione francese si chiamava Bourg-l'Égalité.

² Galois e Flaugergues avevano frequentato la stessa classe al Liceo Louis-le-Grand, e insieme erano stati espulsi dall'École préparatoire.

³ *Genio brillante, inghiottito da una terribile tempesta e avvolto nelle tenebre eterne.*



Bourg-la-Reine: *La grande strada*
In questa strada c'è la casa natale di Galois,
sulla cui facciata fu posta nel 1909 una lapide.

La breve vita di E. Galois

1.1. Nitens Lux

Galois apparteneva a una famiglia borghese. Suo padre, Nicolas Gabriel, persona colta e di idee liberali, dirigeva un convitto dell'Università imperiale. Eletto sindaco del paese durante i Cento giorni di Napoleone, conservò tale carica anche nel periodo della Restaurazione borbonica¹. Sua madre, Adélaïde-Marie Demante, donna intelligente e colta nelle lettere classiche, in filosofia e in religione, era figlia di un magistrato². Completavano la famiglia una sorella maggiore, Nathalie-Théodore, e un fratello più piccolo, di nome Alfred, entrambi molto legati ad Évariste³.

Fino all'età di 12 anni Galois fu istruito dalla madre, che gli impartì una buona preparazione in latino e greco, limitandosi invece a nozioni elementari di aritmetica. Galois iniziò a frequentare regolarmente una scuola pubblica nel 1823⁴, quando fu ammesso come alunno interno al collegio Louis-le-Grand di Parigi⁵. Sensibile come era, Galois dovette avvertire certamente un duro colpo passando improvvisamente dalla tranquillità del paese natale e dall'atmosfera serena e ridente della casa paterna alla vita tumultuosa di Parigi e alla ferrea disciplina del vecchio Louis-le-Grand. Era il periodo della Restaurazione borbonica e del

¹ Dopo Waterloo, Nicolas Gabriel Galois avrebbe dovuto lasciare il posto al suo predecessore, ma questi nel periodo precedente si era screditato per dei loschi affari e aveva dovuto lasciare il paese. Nicolas Gabriel approfittò della difficoltà in cui si venne a trovare il Prefetto per chiedergli di essere riconfermato o sostituito; in mancanza di un altro candidato, quest'ultimo dovette riconfermarlo ufficialmente (cfr. P. Dupuy, *La vie d'Évariste Galois*, *Annales scientifiques dell'École normale*, 3^a serie, tomo XIII, 1896).

² Il nonno materno di Évariste, Thomas-François Demante, insegnava diritto all'antica Università di Parigi e durante l'Impero fu nominato presidente del tribunale di Louviers.

³ Nell'ultimo periodo della sua vita Galois dovette scontare nove mesi di carcere per motivi politici. La madre, non condividendo la condotta di vita del figlio, non andò mai a trovarlo in prigione. Galois, scontata la pena, assunse anch'egli un atteggiamento ostile nei riguardi della madre non facendo più ritorno a casa. Invece, Nathalie-Théodore fece molte visite al fratello in carcere e temendo per la sua salute fisica e mentale, cercò in tutti i modi di rendergli meno pesante la mancanza di libertà. Le ultime parole di Galois prima di morire furono per Alfred, che gli stava accanto e piangeva disperato: "Non piangere, gli disse, ho bisogno di tutto il mio coraggio per morire a vent'anni".

⁴ Due anni prima Galois aveva ottenuto un posto nel collegio di Reims, ma sua madre aveva preferito trattenerlo ancora a casa.

⁵ In Francia i licei furono istituiti nel 1802. Il Louis-le-Grand fu il primo istituto di Francia ad avere il titolo di Lycée. Era una scuola di antiche e solide tradizioni che nel corso degli anni cambiò più volte il nome. La sua storia ebbe inizio nel 1563, quando i gesuiti, con i 6000 franchi che avevano ricevuto in eredità dal vescovo di Clermont, riuscirono ad acquistare un antico palazzo, dove crearono una scuola che rappresentò il primo nucleo del Collegium Societatis Jesu, chiamato anche Collège de Clermont. La scuola, fin dalla sua fondazione, riscosse un grande successo e fu frequentata da un gran numero di giovani, tra cui molti personaggi che sarebbero divenuti in seguito famosi: Molière, Richelieu, Polignac, ecc..

Nel 1682 il re Sole, Luigi XIV, accordò all'istituto il suo personale patrocinio e la scuola fu chiamata Collège de Louis-le-Grand. Da ottobre fino a dicembre del 1776 fu sperimentato presso questa scuola il concorso per ottenere il titolo di agrégé. Nel 1802, sotto il Consolato di Napoleone, l'istituto fu chiamato Lycée de Paris e nel 1805 cambiò questo nome in Lycée Impérial. Dopo la caduta di Napoleone, durante la Restaurazione, la scuola continuò a cambiare nome; dapprima fu chiamata Lycée Louis-le-Grand e successivamente Collège Royal de Louis-le-Grand.

tentativo incalzante della Chiesa di riconquistare il potere perduto. La stragrande maggioranza degli studenti di questo liceo era di idee liberali e temeva il ritorno dei gesuiti alla guida della scuola e diverse furono le azioni dimostrative per stroncare i tentativi delle autorità di riportare la scuola sotto il potere della Chiesa.



Per esempio, gli studenti si rifiutarono di cantare durante le funzioni in cappella, di recitare le preghiere in classe, di brindare al re Luigi XVIII a un pranzo scolastico.

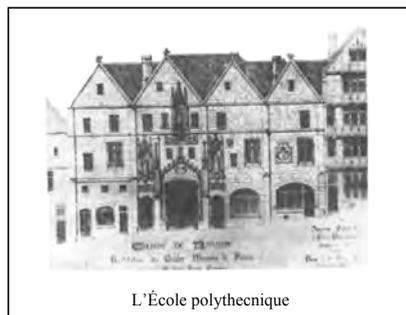
Per questi atti di insubordinazione molti di essi furono espulsi dalla scuola; Galois non era fra questi e la sua permanenza al Liceo Louis-le-Grand si protrasse per sei anni, con buoni risultati nei primi anni e anche con premi e menzioni in latino e in greco. Giunto alla seconda classe, iniziò ad avvertire un certo disgusto per il lavoro scolastico; la sua attenzione e il suo impegno andarono via calando e i risultati insufficienti in retorica lo costrinsero a ripetere l'anno. A quell'epoca gli studi erano caratterizzati dalle materie classiche e le scienze potevano essere studiate solo in corsi supplementari. Galois, che allora aveva quindici anni, approfittò del fatto di dover ripetere la classe e s'iscrisse al primo anno del corso di *Mathématiques préparatoires* tenuto dal professore J. H. Vernier⁶. Da questo momento cominciò a manifestarsi la sua passione per la matematica e non sentendosi appagato dalle lezioni dell'insegnante e dalla lettura dei testi scolastici, iniziò a leggere direttamente le opere dei grandi matematici: gli *Eléments de Géométrie* di A. M. Legendre, il *Traité de la Résolution des Equations numériques de tous les degrés*, la *Théorie des fonctions analytiques* e le *Leçons sur le calcul des fonctions* di J. L. Lagrange, acquisendo così una solida preparazione in algebra e in geometria. Poi si dedicò allo studio delle opere di L. Euler, di C. F. Gauss e di C. Jacobi. Questo interesse per la matematica distolse la sua attenzione da tutte le altre materie scolastiche⁷ e fece nascere in lui l'intenso desiderio di entrare all'École polytechnique⁸. Galois si sentiva attratto da questa scuola perché era la scuola di indirizzo

⁶ Nell'ordinamento scolastico francese di quel periodo, l'insegnamento della matematica si articolava in due cicli. I corsi del primo ciclo si svolgevano nei primi tre anni con il nome di *Mathématiques préparatoires* e prevedevano l'insegnamento dell'aritmetica, dell'algebra e della geometria. Lo studio della matematica diventava obbligatorio nella seconda classe (quella di *rhétorique*). Il secondo ciclo era costituito dal corso di *Mathématiques spéciales*, che veniva svolto nella classe finale (quella di *philosophie*) e riguardava l'insegnamento della geometria analitica, dei logaritmi e della trigonometria.

⁷ Questi sono i giudizi di alcuni suoi insegnanti di quel periodo: 1) "Intelligente, marcato progresso ma non ha abbastanza metodo" (Vernier, insegnante di matematica); 2) "E' la passione per la matematica che lo domina, penso che sarebbe meglio se i suoi genitori gli permettessero di studiare solo questa; egli qui sta sprecando il suo tempo e non fa niente altro che tormentare i suoi insegnanti e farsi tempestare di punizioni." (Desforges, insegnante di retorica).

⁸ Agli inizi del 1794, la giovane Repubblica Francese dovette far fronte a una situazione drammatica per il funzionamento di alcuni settori dello Stato, si avvertiva la mancanza di personale dirigente che fosse scientificamente e tecnicamente qualificato. Il Comitato di Salute pubblica affrontò con determinazione il problema e, su suggerimento di alcuni scienziati che avevano aderito alla Rivoluzione (tra questi il matematico Monge), istituì, con decreto dell'11 marzo 1794, una Commissione con il preciso compito di fondare una scuola di formazione di ingegneri civili e militari. Dopo otto mesi, la Commissione terminò i lavori con la creazione dell'École Centrale des Travaux Publics (l'anno successivo il nome fu cambiato in École polytechnique), con

scientifico più importante della Francia ed era frequentata da giovani di idee liberali e fortemente impegnati nella lotta politica.



Nel 1828, dopo il secondo anno del corso di *Mathématiques préparatoires*, senza un'adeguata preparazione, Galois si presentò all'esame di ammissione all'École polytechnique, ma non riuscì a superarlo.

Ad ottobre dello stesso anno, trascurando questo insuccesso, Galois iniziò a frequentare il corso di *Mathématiques spéciales* del professore E. L. Richard e indirizzò il suo interesse verso quei problemi che erano il centro della ricerca matematica dell'epoca. Richard intuì subito le straordinarie capacità matematiche del suo giovane allievo⁹ e iniziò a seguirlo con particolare attenzione, spronandolo ad impegnarsi con maggiore sistematicità e incoraggiandolo a pubblicare i suoi primi lavori. Il primo articolo di matematica di Galois apparve negli *Annales des Mathématiques pures et appliquées* (t. XIX, n° 10, 1 aprile 1829), una rivista fondata da J. Gergonne. È un lavoro intitolato *Démonstration d'un théorème sur les fractions continues périodiques*, in cui Galois inverte un teorema di Lagrange sulla rappresentazione dei numeri irrazionali quadratici mediante frazioni continue periodiche¹⁰.

Il genio matematico di Galois si manifestò in tutta la sua grandezza nel campo delle equazioni algebriche, con la creazione di una teoria originale e rivoluzionaria, che oggi viene chiamata Teoria di Galois¹¹. In essa vengono generalizzati i risultati di Lagrange, P. Ruffini¹²

sede nell'antico Palazzo Borbone e con un corpo insegnante di alto livello culturale, di cui facevano parte lo stesso Monge e i più grandi scienziati francesi dell'epoca. Lo scopo dell'École polytechnique era quello di dare una solida formazione scientifica (con corsi di matematica, di fisica e di chimica), che consentisse agli allievi di entrare nelle scuole speciali dei Servizi pubblici dello Stato (ad esempio, l'École du Génie, l'École de Mines, l'École des Ponts et Chaussées).

L'ammissione alla scuola avveniva con il superamento di un concorso nazionale, che non poteva essere sostenuto più di due volte. Gli allievi dovevano seguire un corso trimestrale, al termine del quale venivano ripartiti in tre categorie: 1) gli eccellenti, che potevano immediatamente entrare nei Servizi pubblici dello Stato; 2) quelli che dovevano frequentare un ulteriore corso annuale; 3) gli allievi che, invece, dovevano frequentare un corso biennale. Napoleone seguì con particolare attenzione l'École Polytechnique, le diede uno statuto di tipo militare, la bandiera e il motto: "Pour le patrie, les sciences et la gloire". Nel 1816, sotto il regno di Luigi XVIII, la scuola fu chiusa nel per i continui atti d'indisciplina e di ribellione degli alunni. Riaprì l'anno con un nuovo statuto di tipo civile, che conteneva anche degli obblighi religiosi (la preghiera e la messa).

⁹ "Ha una netta superiorità su tutti i suoi compagni, ha possibilità sorprendenti. Lavora nei campi più alti della matematica". E' un giudizio di Richard su Galois.

¹⁰ Cfr. S. Maracchia, *Da Cardano a Galois*, Feltrinelli, 1979, pp. 144-158.

Cfr. M. Galuzzi, *Materiale per il corso di Storia della Matematica*, unimi.it/galuzzi/lezioni 2012.pdf.

¹¹ Tutta sviluppata nella *Mémoire sur les conditions de résolubilité des équations par radicaux*.

¹² Ruffini era stato il primo a fornire una dimostrazione (anche se non del tutto chiara e completa) dell'impossibilità di risolvere per radicali l'equazione generale di quinto grado. Abel era a conoscenza del risultato ottenuto da Ruffini, infatti, nella parte iniziale della sua ultima Memoria intitolata *Sulla risoluzione algebrica delle equazioni*, pubblicata sul *Giornale di Crelle* dopo la sua morte, scriveva:

e N.H. Abel e viene definitivamente risolto il problema della risolubilità per radicali delle equazioni algebriche insieme ad altre importanti questioni collegate a tale problema. Ma, cosa ancora più sorprendente, con questa teoria Galois gettò le basi della cosiddetta Algebra moderna introducendo per la prima volta in matematica le nozioni di gruppo, di sottogruppo normale e di ampliamento di un campo¹³.

Egli dimostrò che ad ogni equazione algebrica si può associare un particolare gruppo, le cui proprietà ci dicono se l'equazione è risolubile per radicali oppure no, se irriducibile o riducibile.

Inizialmente, stando ad una sua personale testimonianza, Galois, come Abel qualche anno prima, aveva creduto di aver risolto per radicali l'equazione generale di 5° grado¹⁴. Trovò, però, subito l'errore e agli inizi del 1829 intraprese lo studio delle equazioni algebriche su nuove basi, riuscendo ad ottenere risultati così importanti da doverne fare oggetto di una comunicazione all'Accademia delle Scienze. Contrariamente alle sue abitudini, A. Cauchy accettò di presentare le memorie di Galois all'Accademia nelle sedute del 25 maggio e dell'1 giugno 1829¹⁵. I manoscritti di questi lavori vennero però inspiegabilmente persi e di essi restò solo il titolo in alcuni registri dell'Accademia¹⁶.

HORRENDA PROCELLA

Il 2 luglio 1829, Nicolas-Gabriel Galois pose tragicamente fine alla sua vita nell'appartamento che aveva a Parigi, a pochi passi dal collegio Louis-le-Grand dove studiava il figlio Évariste. Le cause del suicidio vanno ricercate nel clima di acceso scontro politico che si ebbe in Francia durante il regno di Carlo X. In quell'anno giunse a Bourg-le-Reine un nuovo prete, un gesuita, convinto sostenitore del potere della Chiesa nella vita civile e culturale del Paese. Questo prete mal sopportava le simpatie repubblicane del sindaco e iniziò a combatterlo diffondendo voci mirate a screditarlo agli occhi degli abitanti del paese. Nutriva una tale avversione verso i liberali da giungere addirittura a falsificare la firma del sindaco sotto alcuni

Il primo, e se non mi sbaglio, il solo che prima di me abbia cercato di dimostrare l'impossibilità della risoluzione algebrica delle equazioni generali è il matematico Ruffini, ma la sua dimostrazione è talmente complicata che è molto difficile giudicare l'esattezza del suo ragionamento. Il suo ragionamento non mi sembra sempre soddisfacente.

Anche Galois ne era a conoscenza, perché nella sua *Note sur la Théorie des équations* leggiamo:

Si tratta oggi di una verità comune, che le equazioni generali di grado superiore a quattro non possono essere risolte tramite radicali, cioè che le loro radici non possono esprimersi mediante funzioni dei coefficienti che non contengono altre irrazionalità oltre i radicali. Questa verità è diventata comune, sebbene la maggior parte dei matematici ignorino le dimostrazioni di Ruffini e di Abel, ecc., dimostrazioni che si basano sul fatto che una tale soluzione è già impossibile per l'equazione di quinto grado.

¹³ "Volendo esporre una storia dell'algebra astratta, non si potrebbe ignorare il contributo di Ruffini che prende spunto dai risultati ottenuti da Lagrange chiarendo meglio la natura dei vari sottogruppi di un gruppo assegnato (sottogruppi transitivi, primitivi, intransitivi ecc." (Cfr. S. Maracchia, *Storia dell'Algebra*, II edizione, Liguori Editore, 2008, p. 455).

¹⁴ A margine di una *Note sur Abel* scritta alla fine di dicembre 1831, in cui sostiene l'indipendenza delle sue ricerche da quelle di Abel, Galois annota: "Allo stesso errore è pervenuto nel 1828 l'autore (aveva sedici anni)".

¹⁵ Dal 1816, anno in cui fu nominato membro dell'Accademia, fino al 1830, anno in cui fu dichiarato dimissionario, Cauchy non presentò mai all'Accademia lavori di altri matematici.

¹⁶ Il Registro delle Entrées; Manuscrits et imprimés, 1822-1838, contiene alla lettera G (anno 1829) la seguente nota: "Galois (Evariste), "Recherches algébriques", 25 maggio 1829, n° 106, Acad. Sciences.", ma non c'è traccia della Memoria di giugno. Il Registro dei Mises à l'étude 1822-1823 riporta (giugno 1829): "Arrivo di documenti, n° 106. Le ricerche algebriche del sig. Evariste Galois presentate dal sig. Cauchy sono sottoposte all'esame dei sig. Fourier, Cauchy e Navier. Una seconda Memoria è stata presentata il primo giugno. Gli stessi Commissari."

epigrammi maliziosi diretti ai parenti di quest'ultimo. Nicolas-Gabriel Galois non riuscì a sopportare lo scandalo e si tolse la vita¹⁷.



L'umiliazione e la distruzione del padre da parte del sistema politico che dominava in quel periodo la società francese, non ebbero altro effetto che spingere il giovane Evariste a dare il suo appoggio fervente alla causa repubblicana.

Poche settimane dopo la morte di suo padre, Galois si presentò per la seconda volta all'esame di ammissione all'*École polytechnique* e anche questa volta fallì l'obiettivo. Aveva un modo di lavorare che non corrispondeva agli schemi della scuola. Stando alla versione di P. Dupuy, Galois non superò l'esame perché non espone gli argomenti richiesti secondo il metodo che gli aveva consigliato uno dei due esaminatori¹⁸.

Malgrado le tragiche vicende familiari e gli insuccessi scolastici, Galois continuò le sue ricerche nel campo delle equazioni algebriche e in quello delle funzioni ellittiche, indirizzato verso queste ultime dalla lettura delle recensioni dei lavori di Abel, pubblicate a luglio e a ottobre del 1829 nel *Bulletin de Férussac* insieme alla notizia della morte del giovane matematico norvegese, ed è in questo anno che lesse per la prima volta i lavori di Abel sulle equazioni¹⁹. Galois riportò in due Memorie i suoi risultati sulla risolubilità algebrica delle equazioni e le presentò alla segreteria dell'Accademia.

L'incarico di stendere il rapporto su di esse fu affidato a Cauchy, il quale agli inizi del 1830, dopo molti mesi, disse di aver redatto questo rapporto e di volerlo leggere nella seduta del 18 gennaio 1830, ma ciò non avvenne perché fu colpito da un'improvvisa indisposizione. *Contrariato per questo contrattempo, inviò al presidente* dell'Accademia una lettera di scuse²⁰, con la preghiera di inserire la lettura del rapporto sui lavori di Galois nell'ordine del giorno della seduta successiva. Nella seduta successiva del 25 gennaio 1830, Cauchy presentò la sua Memoria Sulla determinazione delle radici primitive nella teoria dei numeri, così come aveva comunicato al Presidente; ma, inspiegabilmente, né in questa seduta né in quelle successive, accennò alla relazione sui lavori di Galois.

¹⁷ Quando il corteo funebre arrivò da Parigi a Bourg-la-Reine, gli abitanti tolsero la bara dal carro funebre e la portarono sulle spalle fino al cimitero. Qui, la presenza del prete provocò dei tafferugli: i sostenitori del sindaco iniziarono a lanciare sassi contro il prete che stava celebrando la messa e lo ferirono alla testa. La bara fu lasciata cadere nella fossa senza alcuna cerimonia funebre.

¹⁸ J. Bertrand fornisce invece un'altra versione, senza però citarne la fonte. I due esaminatori erano Dinet e Lefébure de Fourcy; il primo interrogò Galois sui logaritmi, contestandone le risposte. Galois, sicuro di aver ragione, non accettò le contestazioni. Ci fu un diverbio durante il quale il giovane candidato, esasperato per quanto era accaduto ai funerali del padre e certo di non aver superato la prova, tirò in testa a Dinet il cancellino della lavagna.

¹⁹ Nella parte finale della sua *Note sur Abel*, scritta alla fine di dicembre 1831 nel carcere di Sainte-Pélagie, così scrive Galois:

"In ogni caso non mi sarà di aiuto provare che ignoravo perfino il nome di Abel quando ho presentato all'Istituto la prima ricerca sulla teoria delle equazioni e che la soluzione di Abel non sarebbe potuta apparire prima della mia".

²⁰ La lettera è stata trovata da R. Taton negli Archivi dell'Académie nel corso delle ricerche storiche sulle opere di Cauchy e pubblicata dallo stesso nel 1971.

Purtroppo non ci sono documenti che possano fornire una qualche spiegazione del comportamento di Cauchy e del silenzio di Galois. Per R. Taton ci fu un accordo tra i due. Forse, nella settimana tra il 18 e il 25 gennaio del 1830, Cauchy riuscì a convincere Galois a scrivere nuovamente le sue scoperte e partecipare al concorso del Grand Prix de Mathématiques, i cui termini erano stati prorogati fino alla fine di febbraio 1830. Galois presentò in tempo a J. Fourier, allora Segretario dell'Accademia, la sua Memoria per partecipare al concorso²¹, ma anche questo lavoro si perse prima che potesse essere esaminato dalla commissione giudicatrice.

Di fronte alle forti proteste di Galois, l'Accademia si giustificò dicendo che a stendere il rapporto sulla sua Memoria era stato incaricato lo stesso Fourier, il quale per esaminarla l'aveva portata a casa, ma nel frattempo morì e di quel lavoro non si seppe più nulla²². Il 28 giugno 1830 fu espletato il concorso e risultarono vincitori ex-equo Abel²³ e Jacobi.

Sempre nel 1830, Galois pubblicò sugli *Annales des Mathématiques pures et appliquées* di Gergonne un secondo articolo dal titolo *Notes sur quelques points d'analyse*²⁴, e nello stesso anno pubblicò sul *Bulletin des Sciences mathématiques, physiques et chimiques* di Férussac tre articoli: 1) *Analyse d'un mémoire sur la résolution algébrique des équations*; 2) *Note sur la résolution des équations numériques*²⁵; 3) *Notes sur la théorie de nombres*.

Non potendo più accedere all'*École polytechnique*, Galois dovette rassegnarsi ad entrare nell'*École préparatoire*²⁶, che era un proseguimento del liceo Louis-le-Grand ed aveva il compito di preparare i nuovi insegnanti²⁷. Per essere ammessi i giovani dovevano conseguire il baccalaureato in lettere e in scienze, sostenere anche un secondo esame orale di controllo. A fatica Galois riuscì a conseguire i due titoli e solo grazie ad un buon esame orale di matematica fu ammesso a frequentare la scuola²⁸.

²¹ Il nome di Galois è riportato all'ultimo posto dell'elenco dei concorrenti nel Registro dei concorsi a premi conservato negli Archivi dell'Accademia. Gli altri concorrenti erano: Jacobi, Libri, Svansberg, Abel, Pagani, Duhamel, Poncelet, Sturm, Lamé e Clapeyron, Liouville, Plana, Dirichlet, Roche, de Corancez, Lambert.

²² Il fatto fu denunciato in un articolo anonimo pubblicato nel 1831 su giornale *Le Globe*:

“La Memoria viene persa e il premio viene aggiudicato senza che il giovane studioso abbia potuto partecipare al concorso. E per tutta risposta a una lettera indirizzata all'Académie des Sciences, dove il giovane Galois si lamentava della dimenticanza della quale il suo lavoro era stato oggetto, il signor Cuvier rispose: “E' una cosa molto semplice: la Memoria è stata perduta alla morte del signor Fourier che era stato incaricato di esaminarla”.

²³ Per più di due anni Cauchy trattenne tra le sue carte, senza esaminarla, una Memoria di Abel dal titolo *Mémoire sur une propriété général d'une classe très étendue des fonctions transcendentes* (la quale oggi viene brevemente chiamata *la Memoria di Parigi*), presentata dal matematico norvegese All'Accademia. L'annuncio della morte di Abel, fatto da Legendre davanti ai membri dell'Académie il 29 giugno 1829, costrinse Cauchy a ritrovare il lavoro e a restituirlo. Legendre tentò inutilmente di giustificare il suo collega asserendo che il manoscritto era illeggibile. Molte critiche vennero rivolte all'Accademia, che per riparare al danno fatto da Cauchy al defunto Abel, modificò opportunamente il regolamento del concorso Grand Prix de Mathématiques del 1830, per far rientrare anche il lavoro del matematico norvegese (Il nuovo regolamento prevedeva da parte della Commissione giudicatrice la possibilità di prendere in considerazione anche i lavori pubblicati tra il 1 gennaio 1828 e il 1 gennaio 1830, singolarmente o su riviste scientifiche, senza che i loro autori partecipassero al concorso).

²⁴ Cfr. M. Galuzzi, lavoro citato in nota precedente.

²⁵ Cfr. M. Galuzzi, lavoro citato in nota precedente.

²⁶ Era l'antica École Normale fondata da Napoleone, a cui il regime borbonico aveva cambiato nome.

²⁷ Gli studenti che erano ammessi a frequentare questa scuola dovevano firmare un impegno di dieci anni di lavoro per lo Stato.

²⁸ Alcuni giudizi su Galois: 1) “Questo alunno qualche volta non riesce ad esprimere le sue idee, ma è intelligente e mostra un profondo spirito di ricerca. Egli mi ha fatto conoscere osservazioni nuove sull'analisi applicata”, (Leroy, esaminatore di matematica).

2) “E' l'unico studente che mi abbia risposto in modo insufficiente, non sa assolutamente nulla. Mi è stato detto che questo alunno ha straordinarie capacità in matematica; ciò mi stupisce molto poiché, a giudicarlo dall'esame