

Conferenza tenuta presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa il 31 maggio 2007.

## ***La nascita della figura dell'ingegnere scientifico nei dintorni della rivoluzione francese***

*di Antonino Drago*

*Breve curriculum vitae.* Laureato in Fisica all'Univ. di Pisa nel 1961, ha compiuto all'Università di Napoli ricerche in Biofisica, Cibernetica, Teoria dell'Informazione e Teoria degli Automi, Storia, Fondamenti e Didattica delle Scienze; in particolare, ha studiato tutte le opere di L. Carnot (l'iniziatore della fisica tecnica), S. Carnot, Lobachevsky, Lagrange, Galois. Inoltre ha studiato i rapporti Scienza e guerra, Scienza e società durante la rivoluzione francese e dopo di essa. Su questi temi è autore di molte pubblicazioni e di 10 libri, tra i quali: *Scienza e Guerra. I fisici contro la guerra nucleare*, EGA, Torino, 1982 (con G. Salio); *Le Due Opzioni. Per una Storia Popolare della Scienza*, La Meridiana, Molfetta, 1991; traduzione e introduzione a L. Carnot: *Saggio sulle Macchine*, CUEN, Napoli, 1994 (con S.D. Manno); *Lagrange e la storia della meccanica*, Progedit, Bari, 2005 (con D. Capecchi). Nel periodo 1973-2004 è stato Professore Associato di Storia della Fisica nel corso di laurea in Fisica dell'Università "Federico II" di Napoli. Dal 2001 è Professore a contratto presso il corso di Laurea di Scienze per la Pace dell'Univ. di Pisa e dal 2004 nell'analogo dell'Univ. di Firenze.

*Sommario.* Problemi di metodo. Stato della scienza e della tecnica prima della rivoluzione francese (Scienziati- "Ingegneri" - Il caso dell'orologio). Rivoluzione francese e rivoluzione scientifica (Tutta la scienza è stata rifondata - La scienza come fattore di rivoluzione sociale - Lo scienziato-ingegnere che agisce come collettivo per mobilitare la società). Periodo della Restaurazione e avvento della borghesia al potere (Ulteriore episodi di rivoluzione scientifica - La Restaurazione scientifica a Parigi - La restaurazione scientifica in generale - Recupero parziale della nuova scienza - Istituzionalizzazione della scienza - Sua divisione in branche separate - Ingegneria come applicazione subordinata della scienza pura). Il problema di oggi: ingegneri nucleari come massima continuazione della organizzazione sociale di un secolo e mezzo fa, ma in crisi; e ingegneri dei computer nati da una scienza alternativa ed in grande espansione: un conflitto? Alcune indicazioni bibliografiche.

### ***Problemi di metodo***

Molti sono gli studi compiuti sulla nascita della figure professionali nell'800 e in particolare la figura dell'ingegnere moderno, ma ancora solo tentativi. Qui non pretendo di presentare uno studio esaustivo, ma solo una riflessione ragionata. Che innanzitutto uscirà dall'*immagine tradizionale dell'ingegnere che sarebbe esistito da quasi sempre* (anche in Babilonia?). Questa immagine è di comodo, perché rimedia a: 1) la crisi della filosofia della conoscenza da Kant in poi (cioè da oltre due secoli); 2) la mancanza di coscienza della storia dell'Occidente negli ultimi due secoli (80 interpretazioni della Rivoluzione francese!); 3) la difficoltà degli storici di interpretare la scienza della prima metà del sec. XIX (sulla quale invece ho costruito una mia interpretazione).

È perché ho ricostruito le linee di sviluppo essenziali proprio in questo periodo storico, che la mia riflessione potrà legare *la nascita della professione dell'ingegnere moderno allo sviluppo della scienza*.

La mia riflessione, essendo di natura storica, *non pretende una scientificità che dà risposte univoche*, così come avviene nella scienza. Ogni discorso storico che riguarda tutta la scienza non può raggiungere la certezza assoluta; poiché oggi non c'è uno studioso che sappia tutta la scienza (Lanza del Vasto), tanto meno questi potrebbe sapere tutta la storia della scienza e ancor meno quella del suo rapporto con l'ingegneria e con la società in genere. Ogni discorso sulla totalità della scienza e del suo rapporto con la società è solo una interpretazione e pertanto è controvertibile. La mia interpretazione è da giudicare per la sua adeguazione ai principali fatti storici (che potrò presentare solo in parte), la sua coerenza interna, la sua capacità di proporre nuove idee. Essa è un percorso senza perentorietà; come invece possono diventare le mie affermazioni per lo sforzo di essere sintetico; perché il tempo a disposizione è così breve che potrò solo presentare una carrellata storica, più che una storia dettagliata.

*Ma perché presentare un'interpretazione non consolidata?* Primo, perché già posso offrire delle chiare linee evolutive; inoltre, perché qualsiasi persona del campo può partecipare la ricerca storica e potrebbe contribuire; ma soprattutto perché è urgente che anche quell'ingegnere che sia interessato solo al suo lavoro specifico, abbia una interpretazione più adeguata della storia del suo campo, essendo la figura dell'ingegnere in un tempo di grandi mutamenti, che dovremmo cercare di gestire invece di subire. Si pensi non solo agli sconvolgimenti soggettivi (computer, internet, nanotecnologie, ecc.), ma anche a quelli di gruppo (figure di ingegneri che scompaiono e altre figure che appaiono: ad es. gli ingegneri di computer).

Per chiarezza, dichiaro subito che presenterò 3 tesi e 1 problema.

**1<sup>a</sup> tesi:** *La rivoluzione francese ha rifondato sulla pratica tutta la scienza:* geometria, analisi, meccanica e chimica. Ciò contrasta con la ricostruzione che uno studioso potrebbe ingenuamente tentare sulla base della didattica attuale con il senno di poi; perché la storia della scienza, specie attorno alla rivoluzione francese, non ha una progressione lineare.

**2<sup>a</sup> tesi:** *Questa scienza, rifondata sulla pratica, ha fatto compiere il salto qualitativo alla attività dell'ingegnere, dandogli definitivamente una ideologia scientifica.* Quindi non è un sapere già acquisito da tempo che fissa il ruolo sociale subordinato della figura moderna dell'ingegnere, cioè l'ingegnere scientifico; ma *l'ingegnere di quel tempo univa la massima teoria scientifica alla pratica.* Inoltre, contrariamente all'idea che la sua cultura è pacificata, perché la scienza e la tecnologia non avrebbero conflitti, in quel tempo la stessa scienza includeva la *conflittualità tra più teorie*; l'ingegnere di quel tempo era una figura collettiva ideologizzata, perché seguiva una particolare scienza formalizzata e la usava per un progetto di trasformazione sociale contro il potere tradizionale.

**3<sup>a</sup> tesi:** *La restaurazione è stata anche una restaurazione scientifica, che ha subordinato la scienza e la tecnologia al potere politico statale,* creando la cosiddetta "comunità scientifica" come struttura gerarchica, sia tra gli scienziati che tra gli ingegneri.

**Il problema.** Sembra che questa ristrutturazione dell'ingegneria scientifica sia arrivata a compimento con *il declino dell'ingegneria nucleare* (che più che altre ingegnerie aveva realizzato quella ristrutturazione e che aveva la prospettive di guidare tutta la ingegneria ad una nuova epoca) e, nello stesso tempo, con *il sorgere prorompente della ingegneria dei computer* che sembra far rinascere la figura dell'ingegnere indipendente.

### ***Premessa storica: La scienza e la tecnica prima della rivoluzione francese***

*Scienziati.* Niente Università (aveva quasi solo le materie umanistiche): *la formazione era privata, da scienziato a scienziato* (Leibniz da Huygens).

*Scienziato come personaggio riconosciuto dal re, che gli offriva una prebenda.* Accademia reale degli scienziati (*Royal Society, Académie Royale de France*). Gli scritti scientifici sono pubblicati sulle riviste letterarie. I libri scientifici sono pubblicati per diletto. Casomai gare pubbliche indette dalle Accademie.

A Parigi viveva la metà degli scienziati del tempo. La scienza era divisa geograficamente tra continente e Inghilterra: in Analisi c'era la notazione a separare ( $l' \dot{x}$  o il  $dx$ ); in Meccanica la forza, la gravitazione, lo spazio e il tempo assoluto erano attribuiti da Newton a Dio e rifiutati dai continentali).

*"Ingegneri" come artigiani individuali, evoluti con l'esperienza; lavori in opere pubbliche* (fortezze, palazzi, ponti, acquedotti). Vauban (Aosta).

In Francia nasce *la educazione collettiva alla scienza e all'ingegneria*; più che nella *École des Ponts et Chaussées* (1747), nella *Scuola del genio militare: Mézières* 1748 (Nunziatella a Napoli nel 1782): Monge, L. Carnot, Hachette, Coulomb, ecc..

C'era una separazione tra "scienziati" e "ingegneri", perché la scienza era aristocratica (sia per le persone che la studiavano, sia per il tipo di sapere scientifico, molto astratto).

*Manca di legame tra scienza ed ingegneria.* 1) *L'orologio* (= un moto uniforme) è progredito non per la nascita dell'analisi infinitesimale o della fisica teorica (fallimento di Huygens

che voleva applicare la brachistocrona), ma per la ingegnosità pratica nella meccanica dell'urto (autoregolazione con lo scappamento: un ciclo!). 2) *L'urto idealizzato erroneamente mediante corpi "perfettamente duri"* (conseguenze: senza teoria dell'urto e senza la conservazione dell'energia fino al 1850!). 3) L'insuccesso dello scienziato Huygens nel cercare di inventare il *motore a polvere da sparo*. 4) Le *Tavole di tiro dei cannoni* ricavate dalla analisi non prima della metà del sec. XIX.

### *1<sup>a</sup> Tesi: La Rivoluzione francese ha portato ad una rivoluzione scientifica*

Nel periodo della rivoluzione avvengono le prime grandi discussioni sui fondamenti di una teoria scientifica già costruita compiutamente:

- in geometria (quante parallele: Legendre)
- in analisi (che sono gli infinitesimi: Eulero, D'Alembert, L. Carnot, Lagrange)
- in meccanica (quale ruolo per il principio dei lavori virtuali: tutti i fisici del tempo)

Inoltre *ogni scienza matematizzata è stata rifondata:*

Geometria: rifondata da Monge come geometria descrittiva e poi da L. Carnot (1803) come trigonometria-geometria fondata su problemi (in più Mascheroni ha separato l'unità millenaria di riga e compasso; inizio degli studi matematici sui biellismi e sulle rullette).

Analisi: rifondata senza più metafisica: da L. Carnot come un calcolo usuale ma mediante variabili ausiliarie (1784) e da Lagrange sulla base dello sviluppo in serie di Taylor (1788).

Meccanica: rifondata sul *principio, usualmente usato dagli "ingegneri", dei lavori virtuali, che va oltre la teoria newtoniana*: da L. Carnot come meccanica delle macchine (1783) e da Lagrange come teoria di solo calcolo di analisi matematica (1788).

Ottica: nascita dell'ottica fisica (Young e Fresnel).

Chimica: fondata da Lavoisier (novello Paracelso; 1789!) disinteressandosi della forza gravitazionale di Newton e riportando la teoria ad una sana pratica sperimentale.

Logica: rifondata da Condillac come pratica di una lingua ben fatta, senza definizioni e senza sistemi deduttivi (La sua *Logique* fu "il libretto rosso" degli allievi delle *Écoles* e ispirò Lavoisier nel formulare il nuovo linguaggio della chimica).

### *2<sup>a</sup> Tesi: Nascita della ingegneria scientifica come fattore di rivoluzione sociale*

*L'Encyclopédie Française* di Diderot e D'Alembert, *ou Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers!*

Rivolta anti scienza aristocratica (Marat: ciarlatani!): scienza celeste e scienza terrestre, scienza in sé e scienza per noi, scienza delle idee devitalizzate e scienza delle macchine.

Una nuova *teoria meccanica ricavata dalle macchine*: L. Carnot (1783).

Senza divisioni tra scienziato e "ingegnere" (Coulomb e l'attrito!), tra matematica ed economia (*mathématique sociale*) fisica, chimica e strategia militare (scienziati-strateghi: L. Carnot, Napoleone; militarizzazione delle *Écoles* 1807).

Scienziati al servizio della rivoluzione; L. Carnot capo delle FF.AA. (*Levée en masse* del 1793) e Monge capo della Marina; il chimico Fourcroy inventa una nuova polvere da sparo (contro l'embargo inglese sul salnitro).

Nel 1793 abolizione della *Académie Royale de France* e nel 1796 nascita dell'*Institut de France* per l'avanzamento della scienza a fini pubblici e rivoluzionari.

Fondazione delle *Écoles (Normale, Polytechnique; oltre alle Écoles des Ponts et Chaussées, des Mines, de la Marine, des Arts et Métiers, ecc.)* a ingresso non per nascita aristocratica, ma per esami nazionali, a 400 l'anno.

Per l'interesse nazionale, tutti gli scienziati sono stati messi a fare didattica in queste *Écoles* (Laplace, Lagrange, Legendre, Hachette, Lacroix, Coulomb, Fourcroy, Monge, Berthollet, Fourier, ecc.) e a scrivere opere per gli allievi, le quali poi sono diventate i libri di testo classici, giunti fino a 16 edizioni, durati fino alla fine dell'800.

*La nuova scienza (soprattutto l'analisi di Lagrange) usata da tutti gli allievi delle Écoles come arma intellettuale, per realizzare opere pubbliche che mobilitassero le società nel mondo (ponti, ferrovie, canali, tagli di istmi). (v. l'Introduzione di S. Carnot sulla grande mobilità resa possibile dai motori)*

Nasce lo scienziato-ingegnere collettivo, che applica una comune ideologia scientifica rivoluzionaria (Hayek) nei progetti di trasformazione sociale. Essi verificano la capacità della ragione nel riorganizzare la società, danno l'*impulso ai diritti umani e alla rivoluzione tutta*.

(N.B.: no industria; nasce a Parigi solo nei primi dell'800 e soprattutto si sviluppa durante la Restaurazione).

### **3<sup>a</sup> tesi: La Restaurazione è stata anche una restaurazione scientifica**

*La Restaurazione scientifica a Parigi: Laplace scienziato di tutte le stagioni ("Come una bandiera..."); Monge destituito dall'Académie restaurata, muore di crepacuore; lo sostituisce Cauchy. L. Carnot, dopo trattative per una riconciliazione nazionale, viene espulso in Polonia. Fourier si adatta. Comte cacciato da insegnante di geometria dell'École Polytechnique. Galois respinto agli esami due volte. Accademici contro i "dilettanti".*

*Resistenza minoritaria, ma ampia:*

Scuole a mutuo insegnamento e Associazione per l'insegnamento delle scienze

L'École des Arts et Métiers come ultimo covo scientifico di artigiani e ingegneri rivoluzionari

Saint-Simon: teorico di una società scientifico-tecnologica-finanziaria (potere bancario contro lo Stato degli aristocratici)

Comte: ideologo di una rivoluzione culturale generale (sociologia, filosofia positivista).

*Continuazione della rivoluzione scientifica francese nel mondo:*

- Nascita della geometria proiettiva (Poncelet 1819 in Russia).
- Nascita della prima scienza fisica non newtoniana: *la termodinamica di S. Carnot come riflessione sulle macchine* (1824).
- *Nascita della geometria non euclidea da operazioni pratiche* (taglio) e dalla trigonometria: Lobachevsky 1826.
- Nascita della teoria dei gruppi con Galois (1834).

Azioni degli allievi delle *Ecoles* nel Mondo per mobilitare la società: Clapéyron in Russia, ferrovia in Italia (Napoli 1838), taglio degli istmi di Suez e Panama (Lesseps).

*Ma poiché la scienza era stata capace di fare politica nella società, la Restaurazione fa politica sulla scienza; ristabilisce le gerarchie, introduce divisioni tra le scienze, e subordina tutta la scienza e la tecnologia al potere accademico e al potere sociale.*

*La scienza newtoniana come ideale* di scienza sicura e pacificata.

*Divisioni tra le varie scienze:* tra la nuova chimica e la fisica; tra la economia e la matematica e la fisica.

*Instaurazione del potere (ideologico) accademico. L'Università del tipo attuale:* ingresso non per nascita aristocratica; la scienza ne è parte importante ed autonoma; carriera universitaria per concorsi. Nascita delle riviste scientifiche, *peer review* degli scritti (chiusura ai "dilettanti")

1831 *British Association for the Advancement of Science:* nasce la "comunità scientifica", che al suo interno organizza la operosità pacificata e all'esterno garantisce la scientificità delle novità.

Dilettanti allo sbaraglio: Ohm, S. Carnot, Galois, Lobachevsky, Joule, Helmholtz e una dozzina di inventori del primo principio della termodinamica, ecc..

*L'Ingegneria viene subordinata alla scienza pura, come sua applicazione* (Ingegneri del Genio francese: "Parfois détruire, souvent construire, toujours servir"; poi Kelvin e il cavo transatlantico; Marconi l'ultimo dilettante).

*Subordinazione al potere politico* attraverso l'Università e gli Ordini.

Nel 1850 circa la borghesia al potere recupera la scienza precedente (Galois e i gruppi, conservazione dell'energia, chimica, elettromagnetismo di Faraday, ecc.) ma solo in parte: Il caso di *L. Carnot relegato nella "fisica tecnica" e nel politicismo* (riscoperto nel 1971!).

1870: Fine del potere bancario indipendente dallo Stato.

### *Il problema: Fine della ristrutturazione del XIX secolo? Due polarità?*

#### *Il caso dell'ingegneria nucleare come cruciale:*

Più che qualsiasi ingegneria l'ingegneria nucleare aveva tutte le tre caratteristiche instaurate nel XIX secolo, anzi le realizzava al massimo grado; era subordinata:

- al potere politico dello Stato: quella nucleare è l'unica tecnologia promossa direttamente dagli Stati;
- al potere accademico: essendo estremamente ramificata, ha come ambito propedeutico e collaborativi un'ampia parte dell'Università;
- al potere scientifico: nella scienza i teorici nucleari sono i più geniali, i più avanzati e i più potenti.

Eppure la ingegneria nucleare negli anni '70 ha subito una battuta d'arresto clamorosa e gravissima nelle conseguenze sociali (fallimenti industriali, enormi investimenti statali senza ritorno, perdita del ruolo di "motore" industriale). Tutto ciò a causa solamente della incomprendimento delle popolazioni civili?

#### *Il caso dell'ingegnere del computer.*

(Leibniz, Babbage) 1936: Turing: ritorno all'inventare scienza mediate la *riflessione* sulle macchine.

E' *poco dipendente dalla scienza* tradizionale: fisica no, analisi no, logica matematica di Hilbert e Goedel no, ricerca univ. su AI unsuccessful. Il caso Linux.

Espansione enorme di questo tipo di tecnologia, pur *senza grandi sostegni* accademici e di grandi istituzioni (no Stato). Apple nata in uno scantinato. Internet.

*Conseguenze sociali enormi.* Nuovo linguaggio comune: software invece dell'analisi infinitesimale. Questa tecnologia ha rivoluzionato le comunicazioni e anche le nostre menti (computer come nostre protesi o come nostri riorganizzatori intellettuali?).

### *Fine di un'epoca nella storia dell'ingegneria? Rinascita di un conflitto nell'ingegneria?*

#### **Alcune indicazioni bibliografiche**

B. Belhoste, "Les origines de l'École Polytechnique", *Historie de l'Education*, **42** (1989) 13-84.

J. Ben David: *Scienza e società. Uno studio comparato del ruolo dello scienziato nella società*, Il Mulino, Bologna, 1975.

A. Drago: "La rivoluzione francese ha realizzato il "programma giacobino" di rifondazione di tutta la scienza", in Soc. It. Progr. Sci.: *Atti della XL Riunione: L'età della rivoluzione e il progresso delle scienze*, Bologna, 1989, 335-342.

Idem: "La scienza e la rivoluzione francese. La rivoluzione francese e la scienza", in F. Bevilacqua (ed.): *Atti del X Congr. Naz. Storia Fisica*, Cagliari, 1989, 111-127.

Idem: *Le due opzioni. Per una storia popolare della scienza*, La Meridiana, Molfetta BA, 1991.

Idem: Trad. ed introduzione a L. Carnot: *Saggio sulle macchine*, Cuen, Napoli, 1994.

C.C. Gillispie: "The *Encyclopédie Française* and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences", in M. Clagett (ed.): *Critical Problem in History of Science*, Madison, Univ. of Wisconsin P., 1959, 255-90.

C.C. Gillispie: *Lazare Carnot Savant*, Princeton U.P., Princeton, 1971.

R. K. Merton: "Technology and Society in Seventeenth Century England", *Osiris*, **4** (1938), 360-364; *Social Theory and Social Structure*, Free Press, Glencoe, 1949.

A. Taton: *Enseignement et diffusion des Sciences en France au XVIIIème siècle*, Belin, Paris, 1964.

M. Weber: *L'intellettuale come professione*, (1919) Einaudi, Torino, 1967.