

Guglielmo Benfratello, Nicola Alberti[†] e Bruno Di Maio

PROFILO STORICO DELL'INGEGNERIA

*con particolare riferimento all'Ateneo di Palermo,
nel quadro delle trasformazioni
della Università italiana*

Sommario delle Lezioni svolte
nel 4° modulo didattico del 2009
nella Facoltà di Ingegneria
dell'Università di Palermo

Guglielmo Benfratello, Nicola Alberti[†] e Bruno Di Maio

PROFILO STORICO DELL'INGEGNERIA

*con particolare riferimento all'Ateneo di Palermo,
nel quadro delle trasformazioni
della Università italiana*

Sommario delle Lezioni svolte
nel 4° modulo didattico del 2009
nella Facoltà di Ingegneria
dell'Università di Palermo



INDICE

| | |
|---|-----|
| PRESENTAZIONE DEL PRESIDE..... | 5 |
| CONTRIBUTO DI GUGLIELMO BENFRATELLO | 7 |
| Dalle prime notizie alla Scuola di Applicazione ideata da Monge..... | 7 |
| Il diffondersi della attività formativa nelle Americhe e in Europa..... | 11 |
| Le vicende di Palermo, nelle specificità e nelle generalizzazioni..... | 18 |
| Dall'insegnamento del Marvuglia alla Facoltà di Architettura..... | 29 |
| L'ingegneria stradale, tradizione ed evoluzione..... | 34 |
| L'idraulica dagli albori del '700 fino ai giorni d'oggi..... | 38 |
| Appendice I: Osservazioni alla fine delle lezioni del primo modulo..... | 43 |
| Appendice II: Il Rendiconto di un Convegno..... | 49 |
| CONTRIBUTO DI NICOLA ALBERTI† | 57 |
| La rivoluzione industriale, la rivoluzione agraria e le infrastrutture..... | 57 |
| Filatura e tessitura..... | 63 |
| Siderurgia..... | 64 |
| Le macchine a fuoco..... | 66 |
| Le macchine utensili..... | 69 |
| L'industria Chimica..... | 71 |
| L'industria Elettrica..... | 74 |
| Appendice III: Definizioni e Notizie storiche..... | 81 |
| CONTRIBUTO DI BRUNO DI MAIO..... | 99 |
| L'epoca dei tubi a vuoto. Introduzione. Le quattro "C"..... | 99 |
| L'inserimento culturale dell'informazione nell'ingegneria in Italia..... | 100 |
| Lo sviluppo delle comunicazioni nella seconda guerra mondiale..... | 103 |
| L'epoca dello stato solido. L'avvento dei semiconduttori..... | 106 |
| Le basi dell'elettronica digitale..... | 108 |
| I circuiti integrali digitali..... | 109 |
| Lo sviluppo delle comunicazioni dei controlli e dei calcolatori..... | 110 |
| Al confine fra fisica ed elettronica..... | 112 |
| Qualche considerazione conclusiva..... | 114 |
| CENNI BIBLIOGRAFICI ESSENZIALI | 117 |
| APPENDICE IV: I QUIZ DELLE DUE SESSIONI DI ESAMI..... | 118 |



PRESENTAZIONE DEL PRESIDE

Nell'ambito delle attività di formazione integrativa (ex art.10) ho promosso, durante il 4° modulo didattico del 2009, un ciclo di lezioni (di 3 CFU) riguardanti un *Profilo storico della Ingegneria* da rivolgere a tutti gli studenti della Facoltà di Palermo.

Le ho affidate al Prof. Guglielmo Benfratello, con riferimento ad un inquadramento generale e alla evoluzione nel settore della Ingegneria civile in particolare, al Prof. Nicola Alberti per il settore della Ingegneria Industriale, e al Prof. Bruno Di Maio per quello dell'Ingegneria della Informazione. Per non interferire con il calendario didattico e la occupazione delle aule dei tanti corsi già operanti in Facoltà, le lezioni si sono tenute nell'Aula del Consiglio nei pomeriggi di tutti i Lunedì, Martedì e Giovedì: dal 27 Aprile al 12 Maggio dal Prof. Benfratello, dal 14 al 28 Maggio dal Prof. Alberti, e dal 3 al 9 Giugno dal Prof. Di Maio. In un ultimo pomeriggio ha concluso il ciclo l'Ing. Renato Cannarozzo, per anni Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della provincia di Palermo, che ha parlato delle origini, degli sviluppi e delle prospettive della organizzazione preposta alla tutela della professione degli ingegneri.

Ho preferito lasciare una certa autonomia già nell'interpretare il termine "profilo storico", in sé né univoco né di pari peso nei diversi settori, tuttavia il risultato, frutto di esperienze personali, ma privo di precedenti esempi in comune, almeno per la nostra Facoltà, rileva a posteriori un buon equilibrio fra la storia del sapere tecnico che è andato a comporre la scienza di ingegneria e la storia di come sono sorte e si sono configurate le Scuole di livello universitario che la hanno insegnato. È stato inevitabile in tutti privilegiare, contribuendo ad arricchire entrambi gli aspetti, dei riferimenti a ciò che è avvenuto a Palermo. Sicché, in una migliore fedeltà all'effettivo contenuto delle lezioni svolte, il ciclo è da intendersi uno schema di come si è sviluppata la ingegneria e si è evoluta la formazione degli allievi ingegneri con puntate istruttive e aneddotiche alla Facoltà di Ingegneria di Palermo, in Italia istituita appena dopo quella di Torino. La notevolissima affluenza iniziale degli iscritti, e il loro pur consueto assottigliarsi, invogliava ad una miglior coordinamento fra i docenti, nella previsione di affinare il corso per ripeterlo l'anno successivo, tenendo conto anche dell'esito degli esami (211+130 partecipanti, nelle due sessioni), svolti peraltro con il sistema di compilare dei questionari con domande corredate di risposte suggerite alla scelta dell'esaminando (v. Appendice IV alla fine del presente Sommario), a ciascuna delle quali gli esaminatori avevano assegnato un punteggio.

Al fatto che invece il corso non sia stato ripetuto per il 2010 ha di certo contribuito prima l'impegno che il Prof. Alberti ha intanto profuso quale Presidente

della locale Accademia di Scienze, Lettere ed Arti, invero da lui assunta dopo una fase di grave decadimento, e poi purtroppo proprio la sua rapida fine terrena, nella tarda primavera di quest'anno. Ecco che al mio proposito di offrire una traccia di questo Corso ai Presidi di Ingegneria convenuti nella sede di Palermo per l'occasione del suo centocinquantésimo compleanno, gli autori hanno dovuto rispondere solo nel ripiegare sul "Sommario" che forma questo fascicolo. Le lezioni del settore industriale sono state sviluppate, su appunti di Alberti, dal suo primo allievo, il Prof. Sergio Noto La Diega, la cui pronta generosità esprime l'affettuoso riguardo verso il Maestro, e suscita la riconoscenza di tutti coloro che hanno preso a cuore la realizzazione di questo documento. Ne diviene ancora più giustificata la sua eterogeneità formale, che spero non mortifichi la intenzione sostanziale di indicare come siano state offerte le notizie più istruttive. La lettura del testo può essere facilitata per alcuni argomenti da dirette fonti bibliografiche specifiche e facilmente accessibili, e per altri da pubblicazioni pure reperibili che trattano questioni più ampie.

*Francesco Paolo La Mantia,
Presidente della Facoltà di Ingegneria a Palermo*

CONTRIBUTO DI GUGLIELMO BENFRATELLO

DALLE PRIME NOTIZIE ALLA SCUOLA DI APPLICAZIONE IDEATA DA MONGE

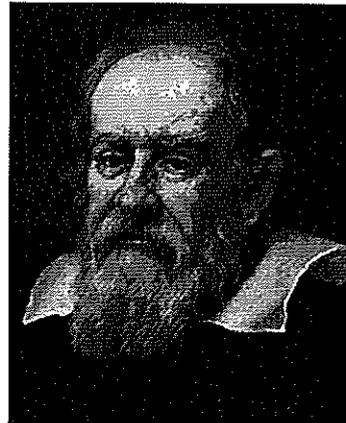
Fra frasi introduttive hanno riguardato: l'impostazione del corso a più voci e le sue finalità, il tema della storia dello sviluppo della ingegneria legato a quello della formazione degli ingegneri, fino ai nostri giorni, i motivi delle puntate alla Scuola di Palermo nei suoi centocinquanta anni di vita, la Ingegneria civile e i suoi originari rapporti con l'Architettura.

Le radici della formazione dell'ingegnere risalgono al 1500-1700, ma maturano al tempo della rivoluzione in Francia, la patria della ricerca scientifica organizzata, con la svolta 'epocale' concepita e in parte attuata da Gaspard Monge. L'ingegnere è figlio della rivoluzione scientifica e padre della seconda rivoluzione industriale quella che si svilupperà fra il '700 e l' '800, della quale si occuperà particolarmente il Prof. Alberti, essa si attuò fuori, senza se non contro l'Università e incise molto sulla società moderna. La prima rivoluzione industriale, si era attuata soprattutto in Gran Bretagna quando attività a conduzione familiare avevano ceduto il posto a dilettanti, artigiani creativi, ingegnosi innovatori di arnesi di tipo industriale, inventori. Anche alla rivoluzione scientifica si attribuisce una prima fase, nei secoli '500 e '600, ove spiccano l'inglese Francesco Bacone, e il pisano Galileo Galilei. Bacone intuì l'importanza della ricerca e del sapere applicato alla tecnica, sostenne che le attività tecniche fossero un lavoro da rispettare perché fondamentale allo sviluppo civile. Galilei fu il fondatore del metodo sperimentale, empirico o retto da concetti fisico-matematici, individuò alcuni compiti tipici della scienza moderna, sostenne che essa non può essere privilegio di studiosi privati ma un compito di interesse pubblico. Seguirono Cartesio con il suo 'chiaro e distinto' e il suo discorso sul metodo, Desargues, De Fermat, Leibnitz. Nascono le Accademie scientifiche moderne, la Royal Society di Londra, l'Académie Royale des Sciences di Parigi, la Societas Regia Scientiarum di Berlino, che si occupano dapprima delle scienze naturali, poi di innovazioni e di argomenti 'industriali'. Maturano i tempi per una seconda fase della rivoluzione scientifica, in cui si afferma che la scienza è una istituzione sociale ma pure che c'è una separazione fra speculazione scientifica e attività pratica, donde la distinzione fra le "due culture", un concetto che comincia ad assottigliarsi già dalla fine del '700.

In tale contesto G. Monge, già professore alla Scuola del Genio di Mézière e in quella della Marina, concepisce una formazione unitaria degli ingegneri, un tipo inedito di insegnamento equilibrato fra teoria e pratica che diventerà il metodo esemplare e pur evolutivo delle 'Scuole di applicazione per gli ingegneri ed architetti'. Prima e ovunque l'insegnamento era stato invece frammentario, di-



Francesco Bacone



Galileo Galilei

sarticolato, retaggio settoriale di militari o un servizio dei "Corps", enti specialistici e centralizzati per la conoscenza e per la difesa del territorio e per l'uso delle sue risorse; oppure era basato su tirocini pratici o su attività di apprendistato. Allora la Francia era all'avanguardia con i Corps des ingenieurs militaires (Artiglieria, Marina, Servizi cartografici, Costruzione e manutenzione di strade e di ponti, Coltivazione delle miniere): quelle istituzioni che riuscirono ad organizzare un insieme più articolato di insegnamenti meritavano, anche solo ufficiosamente, il titolo di "Écoles" (des Ponts et Chauseés, des Mines), in cui alle lezioni teoriche si associavano le attività pratiche assimilate in tirocini che ora chiameremmo Stages. Così nel piano di studi della École du Genie de Mezière (genio militare e fortificazioni), erano inserite discipline riguardanti matematica, disegno, topografia, cartografia, cinematica, chimica, meccanica applicata: come spesso in ambito militare, era una scuola aristocratica e selettiva, ed ebbe eccellenti docenti che si distingueranno sia nell'insegnamento teorico sia in quello professionale. Al confronto nelle École de Ponts et Chauseés che saranno diffuse dalle conquiste napoleoniche l'insegnamento era molto pragmatico e piuttosto lontano dalle discipline scientifiche.

Il '700, il secolo dell'illuminismo, aveva fatto passi da gigante nella ricerca e nella sua divulgazione, di cui la preparazione degli ingegneri era nei fatti chiamata a tenere conto. Nomi illustri, interessati a tanti campi del sapere erano stati e saranno Leibnitz, Newton, Taylor, i Bernoulli, Eulero, Clairaut, d'Alembert, Lagrange (meccanica analitica), Cartesio (geometria analitica e rappresentazione grafica sugli assi coordinati), lo stesso Monge con la sua rappresentazione dei solidi nei piani in proiezione ortogonale, ecc. ecc.. Gli ingegneri per i loro fini operativi cercano mezzi geometrici per comprendere e descrivere funzioni matematiche e fenomeni naturali.

La rivoluzione francese, anche nelle sue fasi più esasperate, “risparmiò” dall’eccidio esponenti della cultura “operativa”, fra cui era Monge: nella drammatica situazione dell’estate del 1793 il *Comité de la salut publique* incaricò una Commissione di scienziati, guidati appunto da Monge, di riformare l’iter e le strutture della formazione degli ingegneri, di cui la Repubblica, quasi isolata dal contesto europeo, aveva molto di bisogno. Monge colse l’occasione di valorizzare la sua esperienza di docente a Mézière per unificare la preparazione degli ingegneri civili a quella degli ingegneri militari, e venne a delineare uno schema senza precedenti coerente con la concezione centralizzata dei Giacobini, prototipo delle “Scuole di applicazione”: era affidata al solo consiglio dei professori, indipendente dalle ingerenze dello Stato, modello democratico ma meritocratico, sostenuta dall’egualitarismo rivoluzionario secondo la Dichiarazione dei Diritti dell’uomo e dei cittadini, e invero fu subito osteggiata dalle *Écoles* già esistenti che fiutarono il rischio della stessa loro sopravvivenza. Nella commissione parteciparono dei chimici che profittarono per convincere l’importanza per gli ingegneri di acquisire una cultura che si andava affermando nel rinnegare l’alchimia. L’allievo Carnot, diventato politicamente potente, arrivò a sostenere che l’impegno rivoluzionario si estrinsecasse nella riflessione scientifica; e rivoluzionaria era la concezione di Monge già nel fatto che la nuova Scuola dovesse associare alla trasmissione del sapere momenti di ricerca scientifica, tanto più che era stata soppressa la *Académie de Sciences*, peraltro sorta almeno indipendentemente dalla Università, ai tempi della rivoluzione scientifica nella seconda metà del ‘700.

La nuova Scuola, subito detta *École Centrale des Travaux Publics*, poi *École polytechnique* comincia a funzionare già nel 1794; venne a saldare la scienza alla tecnica, ad acquisire il linguaggio matematico e i mezzi grafici. L’ingegnere deve essere un tecnico-ricercatore con solida preparazione scientifica di base, che concepisce e utilizza manufatti, impianta meccanismi. Alla *École polytechnique* spetta guidare tutta quella trasformazione che abbiamo chiamato seconda rivoluzione industriale dalla quale la Francia sembrava emarginata. È impostata autosufficiente da poter diplomare chi aspirasse alle carriere nelle pubbliche amministrazioni, cioè senza la necessità di passare per le scuole dei Corps, che per buona parte la rivoluzione ha nei fatti soppresso. Queste pertanto passano dall’opporsi al coalizzarsi per sopravvivere. È scontento pure chi - come Lagrange e Hachette - non condivide che il curriculum degli studi dopo un primo percorso comune formi un fuso con un braccio matematico e un braccio fisico, per ricongiungersi di nuovo in un percorso unico di scienze pure ed applicate che ardisce comprendere anche discipline letterarie per quanto finalizzate in modo originale. Se si tiene conto che presto simpatizzano verso gli oppositori le mutate visioni rivoluzionarie che ormai affievoliscono le logiche impositive e vengono a temere una scuola di taglio enciclopedico, si riconoscono tutti gli ingredienti per cui nonostante le

difese avanzate da Monge e la sua disponibilità ad accogliere ridimensionamenti al suo schema, la Polytechnique dura in vita solo un anno e nel 1795 già viene stravolta nel ridursi ad una scuola propedeutica di due soli anni, da cui si può accedere, previo esame di ammissione, proprio alle scuole dei Corps, di fatto così riconfigurate, potremmo dire quasi nel ruolo di specializzazioni.

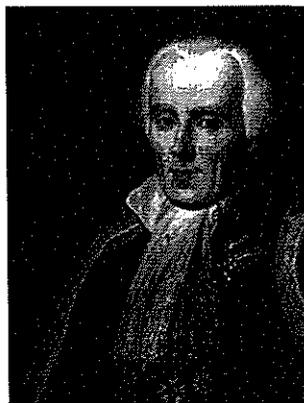
L'albero di Monge veniva quindi sfronato dei rami terminali ove dovevano maturare i frutti. Nel 1796 Monge elabora una più profonda riforma del programma di insegnamento che salva l'ossatura della impostazione originaria. Laplace agli albori dell'800, ormai politico affermatissimo, vuol trasformare la Polytechnique in una scuola puramente teorica. Monge e i suoi allievi replicano che agli ingegneri serve conoscere la meccanica delle macchine che operativamente è tutt'altra cosa della meccanica celeste. Si formano due schieramenti fra l'École di Monge, per cui gli ingegneri saranno in grado di diventare scienziati se più tardi ne manifesteranno la vocazione; e l'École di Laplace secondo cui i matematici potranno diventare ingegneri, se Dio vorrà, ma non se ne può verificare a priori le loro attitudini a progettare opere pubbliche e a gestire i servizi collettivi.

Monge finirà con il perdere tale battaglia lunga ed aspra ed alla sconfitta contribuiranno motivi ideologici e politici. Le rivoluzioni politico-sociali finiscono con lo stancarsi e talora non meno repentinamente danno origine a delle contro-rivoluzioni che annichiliscono proprio quei rivoluzionari che sono stati più in vista e gli attivisti più efficaci. Gli imprenditori vengono a ritenere l'École polytechnique inadeguata a soddisfare le pressanti esigenze di industrializzazione, una volta sfrondata dei rami costituiti dalle discipline più applicative. Tanto più che la Gran Bretagna aveva successo nel suo sviluppo industriale pur formando in modo pragmatico se non proprio empirico i suoi ingegneri ed anche nel settore civile e per i servizi pubblici bastavano tecnici formati da associazioni di professionisti, come invero è la *Institution of civil engineer*. Invece la impostazione unitaria che presupponeva una forte base matematica, geometrica e fisica penetrò con più successo in Germania, ed ebbe l'apice a Gottinga, con sostegno e ispirazioni dovuti a Gauss, Riemann, Klein. Ma in Germania si affermava pure un tipo di formazione in parallelo, quella delle *Technische Hochschule*, cioè delle istituzioni autonome dalle università, aventi proprie specificità, dotate di imponenti laboratori, talora con caratteristiche di vere officine, un esempio valido, tuttora in atto, presto imitato in Olanda, in Svizzera, in Russia.

Gli allievi di Monge, preoccupati del declino della Polytechnique, cercheranno di rimediare creando circuiti di formazione alternativi, quali la "Scuola di applicazione delle conoscenze scientifiche al commercio ed all'industria", o la "Scuola centrale di arti e manifatture", sostenuta da privati, di cui echi si troveranno in articolazioni didattiche nei paesi occupati da Napoleone, e qualche esempio si può



Monge



Laplace

riconoscere in organismi simili, a Napoli e proprio a Palermo.

Tuttavia nella sua più originale modellazione e nella sua efficacia lo schema di Monge, ostacolato in patria, riprese il suo valore, con adattamenti affatto stravolgenti, in altri paesi europei, ed evidente sarà il suo legame con le Scuole di applicazioni e con i Politecnici italiani, nonché nei paesi emergenti dei nuovi continenti oltre l'oceano Atlantico, attraverso emigranti dopo la rivoluzione e fuoriusciti dall'avventura del Buonaparte, proprio negli anni in cui si attuava la unità d'Italia.

Per concludere questa parte fondamentale del profilo storico merita sottolineare che in sostanza lo schieramento Monge-Laplace, e lo specchio fra il pragmatismo delle associazioni della Gran Bretagna e la preparazione operativa delle Hochschule tedesche toccano il nocciolo del dibattito didattico-professionale trascinato tuttora e difficilmente superabile in via generale né univocamente. Resta comunque e ovunque e anche oggi la parte di fondo davvero rivoluzionaria: le materie tutte, da quella generale più teorica a quella più selettiva e pratica, vanno insegnate con l'approccio nella mentalità e per le finalità che restano peculiari dell'ingegnere, che deve saper risolvere al meglio i problemi ineluttabili e talora indifferibili della società, non da praticante ma usando sagacemente i mezzi di cui in atto dispone, pronto a cogliere ogni circostanza idonea a dilatare e a perfezionare i mezzi stessi, concettuali e pratici.

IL DIFFONDERSI DELLA ATTIVITÀ FORMATIVA NELLE AMERICHE E IN EUROPA

Accenno all'avviamento delle prime Scuole di Ingegneria in Europa, e nei paesi oltre l'Atlantico, ove è stata decisiva la azione di singoli uomini: il modello di Monge, con gli ovvi adattamenti, di fatto si diffuse attraverso suoi sostenitori che

fuggirono dalla rivoluzione, che seguirono Napoleone nelle sue conquiste militari, che si allontanarono per sottrarsi alla restaurazione. Come, secondo il selvicoltore Prof. Susmel, un incendio distrugge una foresta ma determina correnti di vento per cui i semi si diffondono anche lontano, riproducendo vigorosi nuclei boschivi di rapida crescita, così un analogo effetto di *spread* di uomini ha portato nel mondo quel modello di formazione innovativo, tanto contrastato proprio nella patria del suo concepimento.

Una colonna, posta in una delle prime 'tavole' consegnate agli allievi, stabilisce una certa corrispondenza cronologica per gli anni che si succedono per oltre un secolo, a partire dal 1792: già prima dell'avviamento della École del Paris, in *Brasile* la Reale Accademia, per interessarsi delle fortificazioni di artiglieria, si riorganizzò con discipline di base quali disegno e architettura, poi negli Stati Uniti il normanno Marco Brunel monarchico vi si rifugiò, divenne ingegnere capo dello Stato di N.Y., impiantò l'arsenale, sviluppò una fonderia, nell'adottarlo rese più operativo il curriculum di Monge, e ritornerà a Londra per occuparsi del tunnel sotto il Tamigi.

Con riferimento all'*Europa* scuole sul modello di Monge si istituiscono a Charlottenburg nel 1799, a Madrid nel 1802, a Praga nel 1806, a San Pietroburgo nel 1809, a Napoli nel 1811, a Vienna nel 1816, a Roma nel 1819, a Berlino nel 1821, a Karlsruhe nel 1835, e in Italia le Scuole di Applicazione per Ingegneri ed Architetti si formano prima a Torino nel 1859, e formalmente a Palermo l'anno successivo, dove in realtà entra in funzione qualche anno dopo, per ritardi politici e amministrativi, sicché la scuola di Milano fu la seconda del nuovo Regno a operare regolarmente.

Nello *Stato di N.Y.* fu Thomas Jefferson a fondare la Accademia Militare di West Point. Un pò dovunque, negli Stati atlantici specialmente, si riformano gli studi ad imitazione delle vicende didattiche francesi su interventi di ex ufficiali napoleonici, che tuttavia preferiscono realizzare opere che formare allievi. L'ingegnere Bernard Crozet fonda il *Virginia Military Institute* nel 1817, e subito dopo il Generale Partridge, allievo di West Point istituisce la *Norwich University* nel Vermont da considerarsi la prima Scuola di Ingegneria del paese: di fatto ministeriale ben presto sarà sostenuta da finanziamenti di mecenati e retta dalla iniziativa privata, una formula che verrà a caratterizzare le più prestigiose istituzioni universitarie del paese. Negli anni trenta si contano ormai una trentina di Facoltà di Ingegneria dall'Alabama al Massachusetts, ove nel 1861 si impianta il MIT destinato a divenire un esempio culturale ambito e imitato. Caratterizzano la impostazione gestionale degli Stati Uniti, già dalla fine dell'800, pure il largo ricorso a finanziamenti di borse di studio, e lo scambio attivo di docenti, con l'Europa, ed in particolare con le Nazioni del Mediterraneo, per cui i servizi marittimi princi-

pali si attuano soprattutto con la flotta Florio-Rubattino che ha capitani di lungo corso per buona parte formati alla Scuola nautica Gioeni-Trabia di Palermo.

Nel *Cile* il problema della formazione è posto già alla fine del '700 dallo ingegnere spagnolo Joaquin del Pino e dagli esuli francesi Lambert e D'Albè. Ma è il *liberator de la patria* Higgins che dopo l'indipendenza del paese fonda la *Escuela Militar de Santiago* nel 1808, ed è un ex napoleonico con altri esperti francesi ad attuarvi un buon equilibrio fra l'impostazione scientifica alla francese e quella professionale alla tedesca.

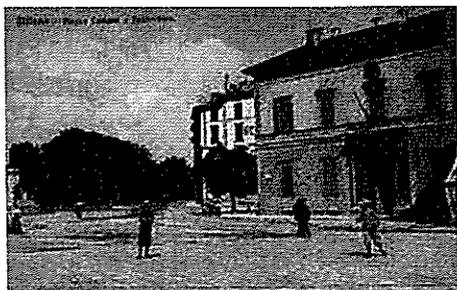
Il *Brasile* ha la particolarità che non intervengono fuoriusciti né reduci, perché a fine secolo 1700 la Corte portoghese si è trasferita a Rio, dove presto sorge una Accademia navale. Nel 1829 l'Accademia degli ingegneri civili, e dieci anni dopo la prima Scuola di ingegneria sorge nell'ambito della *Escuela Central de Cuencias Esactas*. Nell'epoca di Garibaldi l'École politecnica di Rio sorge con un curriculum piuttosto operativo, quindi opera la *Escuela des Mines* a Ouro Preto e infine la Scuola politecnica di San Paulo che risente degli studi che Francisco Paule ha seguito a Zurigo e a Karlsruhe.

Infine in *Argentina*, a causa del massiccio intervento degli emigranti ritroviamo più stretti legami con le vicende didattiche italiane. La Escuela di geometria, prospettiva, architettura, avviata dallo spagnolo Corviño, e la Escuela nautica sostenuta da Alsina, che invero aveva studiato a Barcellona, convivono bene ma saranno soppresse dopo la rivoluzione del 1810. Nella Accademia naturale e matematica, che Sellinosa ha impostato nel 1815 seguendo molto lo schema di Monge, gli immigrati italiani esercitano la loro influenza, e un lustro dopo, con l'istituzione della Università di Buenos Aires saranno chiamati ad insegnare docenti delle facoltà di Pavia e di Torino, e verrà a influire molto Carlo Pellegrini, nato nella Savoia allora italiana, che nel 1839 proporrà la istituzione di una Facoltà di ingegneria, realizzata ben dieci anni dopo. Gli italiani si distingueranno per il Teatro Colon, e per molte opere di bonifiche idrauliche ove pure lavorò quel Cipolletti, ingegnere che ancora oggi noi di idraulica ricordiamo per il suo stramazzo trapezoidale in parete sottile. In Argentina si è sempre agitato un dibattito non legato a crisi politiche e universitarie, e invero mai concluso né di soluzione generalizzabile, che tuttavia è il nocciolo di tante discussioni anche recenti e diffuse: sono più utili gli ingegneri con forte preparazione di base e quindi flessibili alle varie necessità anche estemporanee e contingenti (loro dicono 'ingegneri senza ingegneria'), oppure servono pronti ingegneri già dotati di più mirate capacità operative, costruttive e gestionali?

Le vicende didattiche nelle città italiane evidentemente sono antiche e varie, ma, nel citarle appena, si può trovare un istruttivo filo conduttore: con Napoleone l'insegnamento tecnico si avvale di discipline basilari tratte da ciò che costituisce la Facoltà di Scienze ormai diffusa nelle Università.

A *Torino* fino al 1860 il Regio Istituto Tecnico nell'Università rilascia una laurea triennale in matematica: chi supera un successivo biennio di applicazione può laurearsi in architettura, in ingegneria civile, in ingegneria industriale. Coesiste un cosiddetto "Museo industriale", altra istituzione formativa che richiama docenti da Pavia e da Milano. La legge Casati, del 1859-60, consente la istituzione del primo Politecnico italiano, un prototipo organizzato su propri cinque anni con un biennio propedeutico di base, in cui sono anticipate alcune materie tecniche come disegno e geologia applicata, e con un triennio di applicazione che laurea in ingegneria civile, meccanica, chimica, elettrotecnica. Viene assorbito il suddetto Museo mentre sorge la necessità di approfondimenti culturali *post lauream*, e l'industriale Olivetti, che sarà noto pioniere nella organizzazione sociale delle sue fabbriche ad Ivrea e nella miniaturizzazione nonché nel *design* industriale, ha la lungimiranza di contribuire alla istituzione della Scuola Superiore di Elettrotecnica che sarà intitolata a Galileo Ferraris. Sarà questo un autonomo "Istituto" del futuro CNR, formato all'epoca del Fascismo, che opererà pure in propri "Centri" posti all'interno della Università. Il Galileo Ferraris è un vero esempio di ricerca avanzata in elettrotecnica e in macchine elettriche. Studiosi del livello di Grassi, Lori, Vallauri, Sartori, Marenesi richiameranno la partecipazioni dei docenti di Genova e di Napoli, sicché Torino sarà, invero non solo in quel settore, un primo modello e una sorgente dell'insegnamento superiore tecnico per tutto il nostro paese.

A *Milano*, fin dal rinascimento, la formazione di geometri, agrimensori (per il Catasto), di architetti, di ingegneri è rivolta alla gestione delle proprietà immobiliari ed agricole private, è molto basata sul praticantato ma è controllata dal "Collegio degli ingegneri ed architetti" che dal 1560 rilascia una patente di abilitazione professionale a chi appunto documenta un congruo periodo di tirocinio pratico: vi si possono riconoscere i compiti attuali degli "Ordini degli ingegneri" e dell' "Esame di Stato". La riforma Teresiana, nell'organizzare in modo esemplare l'amministrazione dello Stato lombardo, estende i compiti di quei tecnici alla costruzione e alla gestione del patrimonio pubblico. Rapporti didattici, fra di loro e con ciò che costituirà l'Università, stabiliscono l'Accademia di Brera, l'Istituto lombardo di Scienze e Lettere, e dal 1847 anche la Società di Arti e mestieri. Nel 1863 la legge Casati consente la istituzione del Politecnico che comincia a funzionare subito, come già si è ricordato, sul modello 2+3 di Torino, ma consente che il biennio propedeutico si segua a Pavia o presso altre Facoltà di Scienze. Personalità scientifiche come quelle di Brioschi (di attitudini pure politiche) e di Colombo (che ideò il celebre manuale) molto contribuiscono alla nuova istituzione e fanno sostenere intese culturali con il resto delle altre Facoltà che restano a comporre la Università "Statale". Nel primo dopoguerra si aggiungerà la Università di



Prima sede del politecnico
in Piazza Cavour a Milano



Accademia navale di Livorno

economia fondata e retta dalla famiglia Bocconi (1920); e dal 1924 la “Università cattolica”, voluta da P. Agostino Gemelli che ne sarà il Rettore a vita: originariamente formata di facoltà umanistiche e letterarie, aprirà nel 1954 la Facoltà di Agraria a Piacenza e dieci anni dopo quella medica a Roma presto divenuta prestigiosa. Le intese culturali milanesi sono sostenute da Cattaneo, espletate in autorevoli riviste quale “Il Politecnico”, e dibattiti culturali vorrebbero distinguere le arti “utili” (τεχνη) da quelle “belle”.

L'industria farmaceutica Carlo Erba nel 1886 sostiene nel Politecnico di Milano una fondazione dedicata alla elettrotecnica, e l'industria chimica nel secondo dopoguerra riterrà di costruire un edificio nel recinto di questo: si svilupperà lo studio delle materie plastiche e dei polimeri che porteranno il Prof. Natta a condividere un premio Nobel. Con la lungimiranza di politici potenti, quale è Quintino Sella professore a Pavia, il neo-politecnico si affermò presto e bene, con una impostazione più legata alle attività industriali e produttive alla maniera tedesca, mentre quello di Torino predilesse subito una impostazione più scientifica alla maniera francese. A tali esempi si ispirano le Scuole di Applicazione, di Napoli, Roma, Genova, Pisa, Palermo senza raggiungere nessuna l'autonomia di una ‘università politecnica’ a se tante. La asseconderà finalmente una legge recente del Ministro Ruberti, di cui però approfitterà solo Bari con il suo Politecnico delle Puglie: invece non riuscirà in questa antica aspirazione Palermo che pure aveva suggerito quelle aperture di Ruberti. Si è già ripetuto che le Scuole di applicazione non poterono più laureare in Architettura a seguito della Riforma Gentile e dei Decreti De Vecchi, del 1935, durante il Fascismo.

A *Napoli*, la vera capitale del mezzogiorno molto influente anche sul Lazio, ai tempi di Napoleone attività di ingegneria si esercitavano nella gestione delle opere militari, nelle strade, nelle infrastrutture portuali, nelle bonifiche, nelle sistemazioni urbane, nelle perizie pubbliche e private. La formazione si serviva di discipline della Facoltà di Scienze della Università che oggi si intitola a Federico II, e

dell'Accademia di Belle Arti. Su incarichi privati esercitavano molti "praticanti" che provenivano da affermati studi professionali. La presenza in Napoli di Monge riuscì a trasmettervi solo in parte i principi della sua concezione formativa: la Reale Scuola Politecnica e militare cadde con la restaurazione. Nel 1811, G. Murat fonda la Scuola di *Ponts et Chaussée*, nel 1861 si fonderà una "Scuola degli ingegneri del Genio civile", e la "Scuola di applicazione per ingegneri ed architetti", subito dopo quella di Milano, che già dal 1871 avrà scambi di docenti con l'Università, l'Accademia di Belle Arti, anche di altre città italiane, ma non tenta nemmeno di ottenere l'autonomia goduta dai due Politecnici del Nord. Anzi, nel 1930 si avvia la Scuola Superiore di Architettura, che prelude il pieno distacco della Architettura dalla Scuola di Applicazione, per sviluppi culturali spinti anche dall'affermarsi della disciplina "Urbanistica", e per le smanie imperialistiche del Fascismo che voleva contare su un'architettura più docile a sostenere il regime. Infatti nel 1935, per la citata legge Gentile, l'Ateneo di Napoli avrà la sua Facoltà di Architettura del tutto autonoma al pari delle altre Facoltà, che a tutti gli effetti verrà ad allinearsi come *corpus culturale* a quelle Facoltà già istituite a Roma, Firenze, Venezia.

A Roma fino alla avventura napoleonica non c'è una vera attività di formazione locale di ingegneri, che invero affluiscono da ogni dove e si confrontano nella sede del Papa e lavorano soprattutto nella edilizia ecclesiastica. Dopo la breve parentesi della Università imperiale, nel 1824 verrà a organizzarsi una 'Scuola Pontificia', che con Roma capitale verrà annessa alla Facoltà di Scienze dell'Ateneo "La Sapienza", attuando fertili scambi di docenti con le altre sedi: si distingue in particolare nel settore della elettrotecnica, con Ascoli, Margarini (il primo esempio di trasporto di energia elettrica avverrà fra Roma e Tivoli), e con Giovanni Giorgi che unifica il sistema di unità di misure che ovunque portò a lungo il suo nome e che a buon ragione può considerarsi la matrice del Sistema internazionale SI ormai universalmente adottato. Nel 1919-20 si impianta la R. Scuola di Architettura dell'Ateneo che sarà la Facoltà di Architettura autonoma, e si porrà in posizione *leader* in Italia, con Venezia invero più orientata verso l'urbanistica.

A Pisa Leopoldo I si appoggia all'Università di Firenze per sostenere la necessità di una formazione di tecnici affiancata al "praticantato". Dopo i francesi, Leopoldo II istituisce nel 1825 il "Corpo degli ingegneri di acque e strade" per affrontare importanti problemi del territorio, quali la bonifica della maremma, la sistemazione del porto di Livorno: gli ingegneri devono aver conseguito la laurea in Scienze a Pisa e le vicende della formazione tecnica presto saranno simili a quelle di Bologna che fra poco richiamerò. Nel 1913 viene istituita la Scuola di Applicazione per ingegneri ed architetti 'della Toscana' con sede appunto a Pisa che dal 1920 ha una autonomia simile a quella della Scuola di Palermo, per per-

derla anch'essa nel 1935 quando la Scuola si ridurrà alla sola Facoltà d'Ingegneria, una dell'Ateneo. Vi convengono in prima nomina giovani docenti provenienti dalle altre sedi del Paese ove presto saranno richiamati, arricchiti di esperienze culturali ed umane che quella cittadina, fortemente improntata dall'insegnamento superiore, offriva pure attraverso la prestigiosa "Scuola Normale" e la "Accademia Navale" nella vicina Livorno.

A *Bologna* già nel 1700 periti, architetti, agrimensori, geometri svolgono empiricamente molte attività per affrontare i problemi idraulico-territoriali del delta del Po. Nel periodo francese questi tecnici vengono preparati nella Università, che è la più antica in assoluto, e i rapporti fra la pratica tramandata e la preparazione acquisita si intensificheranno con la annessione della Emilia-Romagna al Regno Sabauda. Nel 1862 la Facoltà di Scienze attiva discipline dedicate agli ingegneri e agli architetti, completate da tirocinio pratico che però, come a Pisa-Firenze, saranno ritenute "insufficienti" e verranno addirittura abolite nel 1875. L'Università di Bologna reagisce consorziandosi con l'Ente Provincia e con imprenditori 'privati' e istituisce organicamente nel 1877 la "Scuola 'completa' per gli ingegneri": nel 1899 sarà stabilizzata per raggiungere nel 1935 il comune traguardo di una Facoltà di Ingegneria, con la sezione industriale. Spiccano i nomi di Sartori, di Donato, si sviluppa la laurea in elettrotecnica già avvistando l'elettronica, della quale viene insignito *ad honorem* lo scienziato Guglielmo Marconi, che preferisce però acquisire i suoi brevetti sulle telecomunicazioni in Inghilterra, la patria della madre, pur essendo tanto esaltato in Italia dallo sciovinismo Fascista.

A *Padova* già nel medioevo gli ingegneri operano in apprendistato in alcuni Centri, in qualche aspetto simili alle Scuole di applicazione, con particolare riguardo agli arsenali navali, per le esigenze della vicina Repubblica di Venezia, e più in generale alla difesa idraulica del territorio sottoposta al controllo politico-amministrativo del 'Magistrato alle acque'. Già al tempo di Napoleone, poi nella restaurazione, l'Università organizza un iter formativo in serie: a due anni propedeutici seguono quattro di applicazione completati da tirocini potenziati, con particolare attenzione alla meccanica, alla idraulica, alla tecnica delle costruzioni. Poi le solite vicende che dalla legge Casati, accolta subito con un biennio propedeutico proprio per gli ingegneri, la Facoltà di Ingegneria dell'Ateneo avrà le due sezioni, civile (edile, idraulica, trasporti) e industriale (meccanica, elettrotecnica e chimica).

A *Genova* nel 1815 la Scuola di Applicazione, con la annessione della Liguria al Regno di Sardegna, sviluppa particolarmente la meccanica, la siderurgia, la cantieristica ove si affianca primariamente la Società Ansaldo, in una stimolante concorrenza con il porto di Marsiglia. Nel 1870 è fondata la Scuola Superiore Navale con la stessa formula concepita a Milano dal Brioschi, cioè di un corso di un au-

tonomo biennio propedeutico seguito da un triennio di applicazione. Nel 1916 fallisce, come a Palermo, il tentativo di promuovere la Scuola in un distinto Ateneo formato dalle due Facoltà soltanto, di Ingegneria e di Architettura. È particolarmente attivo lo scambio di docenti fra le varie sedi italiane, anche fra di loro lontane, e in particolare nel campo della elettrotecnica insegnata da un allievo di Galileo Ferraris. Nel 1930 la scuola perde l'adattamento alle sue necessità didattiche di alcune delle discipline del biennio propedeutico, e nel 1935 anche a Genova si attua la scissione fra le due Facoltà, di Ingegneria e di Architettura: entrambe fanno contestualmente parte di un Ateneo unico.

LE VICENDE DI PALERMO, NELLE SPECIFICITÀ E NELLE GENERALIZZAZIONI

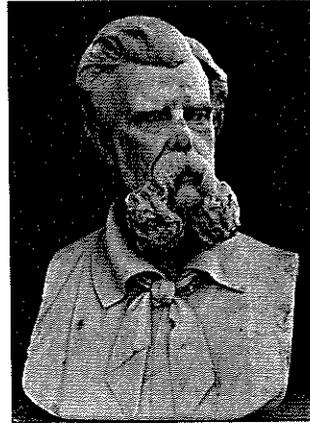
Prima del 1860, segni di rapporti didattici, di pratiche tecnologiche e di impegni di ricerca, nei campi che formeranno l'ingegneria, si trovano nelle applicazioni di geometria, architettura, matematica, fisica, chimica e geologia. In Sicilia tali radici culturali hanno una comprensibile peculiarità: e cioè un più stretto intreccio pure con gli argomenti di idraulica e di costruzioni stradali, e speciali attenzioni alle miniere. Quindi c'è stata una accentuazione del settore che poi si dirà di ingegneria civile, ma non un'esclusività, perché si segnalano pure evoluzioni tecnologiche di produzioni artigianali nelle tessitorie, nelle fonderie e nei trattamenti chimici. Inoltre fin dal principio si riconosce tipico l'approccio dell'ingegnere, di cercare la migliore soluzione, con i mezzi disponibili, ai problemi concreti del territorio, nelle opportunità offerte dalle risorse naturali.

La "Deputazione degli studi del Regno" presentò, nel 1778, un piano di riforma degli studi del Collegio Massimo di Palermo, in parte recepito nel dispaccio che istituì la Reale Accademia, cioè l'origine del nostro Ateneo, avviato solo nel 1805 anche per ataviche opposizioni di quelli di Catania (del 1414) e di Messina (del 1550). Fra le sette "cattedre" attribuite alla "Classe filosofica", figurava pure la "Geometria pratica, Architettura civile ed Idraulica". Ne fu primo professore l'insigne architetto Giuseppe Venanzio Marvuglia. Figlio di un capomastro, andò a studiare architettura a Roma, e rientrato nel 1759 ristrutturò il Monastero di San Martino delle Scale, vicino Palermo, fu eletto architetto del Senato, e poi nominato "architetto dei real siti di campagna"; ideò così la palazzina nel bosco della Ficuzza vicino Palermo e completò la Casina cinese alle porte della città. Collaborò con l'architetto francese Léon Dufourny. e per l'Orto botanico di Palermo per i padiglioni del *calidarium* e del *frigidarium*.

Per nuovi regolamenti del 1841, le materie della Classe filosofica furono assegnate alle due distinte Classi di "Filosofia e letteratura", e di "Scienze fisiche e



Venanzio Marvuglia



G.B. Filippo Basile

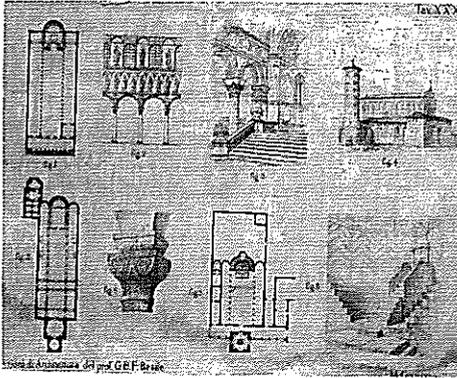
matematiche” a cui apparteneva un insegnamento di “Matematiche miste” che invero comprendeva pure nozioni di idrodinamica e di topografia, complementi di meccanica, principi di geodesia.

Alcune di tali discipline scientifiche vennero attribuite al “Collegio di Belle Arti”, nato nel lontano 1780 per insegnare il disegno, poi dipendente dalla Università, ordinato in un complesso di materie artistiche e tecnologiche, distribuite in un corso di tre anni che rilasciava la laurea in Architettura, quindi la prima laurea “tecnico-progettuale” dell’ Ateneo di Palermo. Il decreto Mordini, prodittatore di Garibaldi, coinvolse quel Collegio e lo riordinò, e la circostanza che venne a dirigerlo lo stesso G.B. Filippo Basile (e lo sarà pure il figlio Ernesto) determinerà in Palermo un fertile legame artistico-culturale con la Scuola di Applicazione, molto più stretto di quello che ho già indicato per altre città: per laureare in Architettura alcuni corsi della nostra Scuola di Applicazione erano svolti proprio nel Collegio.

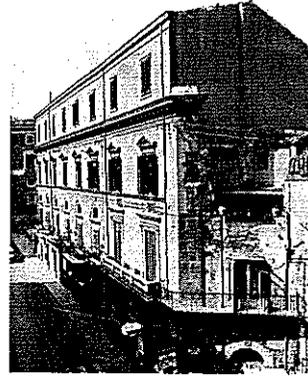
Nell’ultimo trentennio dei borboni, a Palermo fiorirono altre due scuole.

La prima, denominata “Corpo degli ingegneri di Ponti e Strade”, era del tipo di quella istituita a Napoli da Gioacchino Murat, e quindi successiva al 1811. Con ammissione per concorso e a numero chiuso, dipendeva dal Ministero dell’Interno, e mirava alla formazione di specialisti nei problemi della viabilità, con l’apprendimento delle nozioni basilari di ingegneria civile.

L’altra, su ben riusciti precedenti, fu istituita nel 1869 dal Governo Italiano con la denominazione di “Scuola dei Capofontanieri” per dare una istruzione teorica agli artigiani idraulici, continuati a chiamarsi ‘fontanieri’ fin quasi ai giorni d’oggi, che pur essendo molto abili avevano esercitato soltanto per pratica. Si trattò di una Scuola di arti e mestieri, l’unica in Italia aggregata all’Università; ebbe il supporto logistico del Comune di Palermo, ma spese a carico dello Stato, e una tipologia



Esempio di una tavola (G.B.F. Basile)



La vecchia sede di via Maqueda

formativa simile a quella delle “Scuole dirette a fini speciali” introdotte nell’ Università italiana oltre cento anni dopo, presto abolite, e alcune assorbite nei corsi triennali di diploma. Fu diretta dal Prof. Ildebrando Nazzani, un professore di meccanica industriale nel R. Istituto Tecnico, e pure docente nella “Scuola superiore per le miniere di zolfo”, sostenuta da proprietari di Caltanissetta.

A queste informazioni sulla didattica, corrispondono altre di una attività scientifica anch’essa significativa.

Prime ricerche, su Architettura e su Geologia applicata, si trovano invero fin nei primi Atti della “Accademia del buon gusto”, fondata spontaneamente nel 1718: in atto, quale “Accademia Nazionale di Scienze, Lettere ed Arti” partecipa, con altre nove italiane alla “Union Académique Internationale” estesa a 30 nazioni e con sede a Bruxelles.

Merita pure segnalare la “Società di Scienze Naturali ed Economiche di Palermo”, erede dell’ “Istituto di incoraggiamento di architettura, arti e manufatture”, la cui attività editoriale si esplicherà in un rinomato “Giornale” che, a partire dal 1865 e fino al 1947, ospiterà pure molti studi nell’ambito dell’ingegneria. La collezione di tale Giornale fa parte della Società “Siciliana per la Storia patria”, di antica origine ma ricostituitasi nel 1873, che diverrà anch’esso un prestigioso centro culturale.

A questo punto, pur potendo rinviare ai miei più estesi lavori citati in bibliografia, devo qui fornire notizie sulla nostra “Scuola di applicazione per ingegneri ed architetti”, che ci interessano in sé, perché delineano un quadro che offre una qualche generalizzazione, e perché Palermo nello scorso cinquantennio ha dato dei servizi al contesto del paese.

La nostra Scuola fu fondata da Garibaldi proprio 150 anni fa, e annessa alla Facoltà di Scienze dell’Ateneo con uno specifico biennio propedeutico, e si avviava con una decina di tipici suoi insegnamenti; tuttavia, per l’assestamento del nuovo

Regno, essa cominciò in effetti a funzionare solo dall'anno 1866-'67, quindi di fatto dopo quella di Milano, e mentre conferì la nuova laurea in Ingegneria civile, venne a rilasciare la laurea in Architettura, prima un compito del Collegio di Belle Arti. Un altro decreto di Garibaldi che assegnava tre milioni di lire all'Università ebbe esecuzione solo alla fine del secolo, e la Scuola sarebbe morta sul nascere se non fosse stata sorretta alla meno peggio dalle Amministrazioni della provincia e della città, un appoggio lungimirante, ai nostri giorni ripetuto dagli organi Regionali. Il Municipio mise a disposizione i locali di un vecchio stabile in Via Maqueda, apparsi subito inadeguati, sicché cominciò a gravare una carenza di ambienti di lavoro che dopo un secolo non si sarebbe colmata del tutto. Tuttavia in un quarantennio la Scuola di Applicazione si affermò anche in sede nazionale, sotto la guida dei suoi direttori, e il primo fu il Prof. G.B. Filippo Basile, l'autore del Teatro Massimo, quale monumento il terzo d'importanza in Europa; a fine '800 gli studenti passarono da 10 a 100, con venticinque laureati ogni anno, e gli insegnamenti crebbero a 20. Il secondo direttore, il Prof. Michele Capitò, di idraulica, ottenne nel 1907 la istituzione nella nostra Scuola di una Sezione industriale, a sostenere la prosperità economica e civile avvistata nell'età dei Florio nella Palermo detta 'felicissima': gli studenti quasi si raddoppiarono, e gli insegnamenti del triennio divennero 26, svolti in otto "gabinetti".

Nel 1917, già Direttore il Prof. Giovanni Salemi-Pace, ordinario di Meccanica applicata alle costruzioni, fu inoltrata la ardita richiesta di trasformare la Scuola in Politecnico, come era già avvenuto per Torino e per Milano, e la richiesta fu ripetuta nel 1921 insieme ad un progetto del Prof. Ernesto Basile, figlio di Giovan Battista Filippo, l'architetto leader del liberty siciliano, l'autore dell'Albergo Villa Igiea, oggi nella catena Hilton; ma il Ministero promise solo fondi per incrementare il personale.

Nel 1924, a seguito della nota riforma Gentile, la Scuola di Applicazione ebbe una sua personalità giuridica e l'autonomia didattica, amministrativa e disciplinare: dal 1933-'34, si chiamò "Istituto Superiore di Ingegneria", e lo diresse il Prof. Giuseppe Capitò, di Architettura Generale che sarà il Preside della imminente "Facoltà".

Raggiunta l'indipendenza dalla Facoltà di Scienze, nella nostra Scuola ebbe vita, unica in Italia, la Sezione chimico-agraia, volta a formare ingegneri esperti sia nelle trasformazioni meccaniche e chimiche dei prodotti del suolo sia nel trasporto dei prodotti trasformati agli sbocchi commerciali; ma la sezione fu abolita non appena l'Istituto superiore, per i decreti attuativi del 13-6-1935, perdette l'autonomia che gli aveva consentito di precorrere i tempi, venendo infine aggregato alla Università come "Facoltà di Ingegneria" e verrà a conformarsi alle altre sei allora operanti nel paese.



Gentile

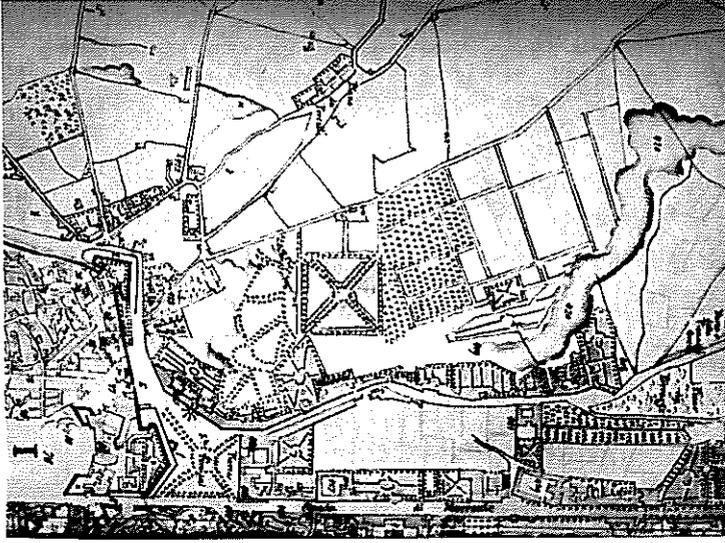


De Vecchi

Così dal 1936, Palermo non poté più conferire né la laurea in Architettura né quella in Ingegneria Industriale chimico-agraria, ma solo quella in Ingegneria civile, che venne poi a suddividersi in tre “sottosezioni” (edile, idraulica, trasporti), e in Ingegneria industriale, suddivisa pure in tre sottosezioni (meccanica, elettrotecnica e aeronautica). In questa situazione si giunse alla seconda guerra mondiale, con 35 insegnamenti distribuiti in 25 Istituti, tutti dislocati negli angusti locali di Via Maqueda; gli studenti del triennio si aggirarono intorno alle 400 unità, ma il numero dei professori di ruolo restò di 11, quindi più numerosi divennero i professori incaricati, una vera stortura che nel tempo purtroppo si andrà esaltando. L'amministrazione Alleata nel 1943 unificò le due sezioni, civile e industriale, che furono ripristinate dal Ministero della Pubblica istruzione subito dopo la liberazione di Roma.

Nell'immediato dopoguerra molto si alternarono a promuovere la Facoltà, due presidi, Antonio Sellerio e Salvatore Benfratello, ordinari rispettivamente di Fisica tecnica e di Architettura tecnica, pure per istituire a Palermo, nel 1950, una autonoma Facoltà di Architettura: Benfratello ne fu primo Commissario, alla morte sostituito da Salvatore Caronia-Roberti che con un Istituto a parte era l'ordinario di Architettura e Composizione architettonica.

Nonostante diuturni lavori di adattamento e in parte di ampliamento, la insufficienza della sede diveniva sempre più drammatica, e contribuì molto alla decisione dell'Università di acquistare, nel 1950, il Parco d'Orleans per costruirvi gli edifici di alcune Facoltà, per prima quella di Agraria. L'Ingegneria approntò subito, ad opera di una équipe guidata dai professori Salvatore Benfratello, Salvatore Caronia, e Enrico Castiglia docente di Scienza delle costruzioni, i progetti di Ingegneria, che riprodussero in monoblocco, e con una tipologia edilizia lineare, la distribuzione articolata di aule didattiche, istituti di ricerca e laboratori



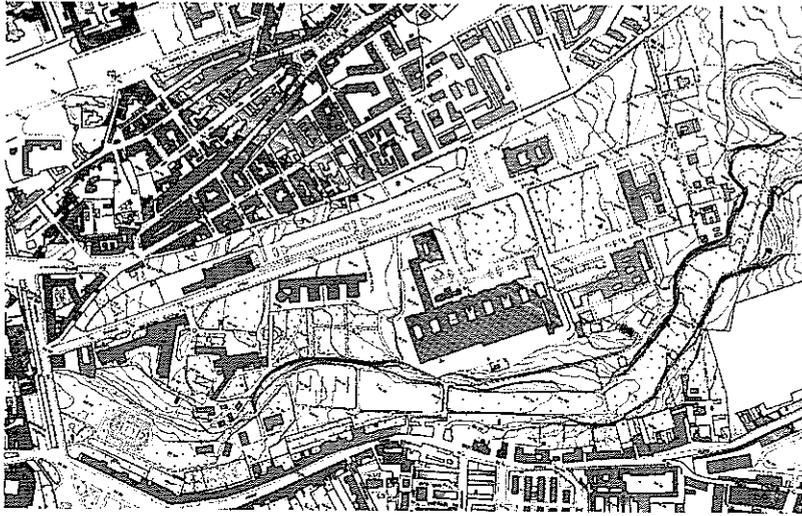
Antica planimetria del Parco d'Orleans, negli anni '30 di proprietà del Conte di Parigi

sperimentali già concepita da Ernesto Basile; sicché la costruzione di un primo lotto, per l'importo di 400 milioni di lire su fondi regionali, fu quasi conclusa nel 1955.

Dopo l'illusione del 'boom' economico, venne a pesare sempre di più la crisi delle Università e di quella palermitana in particolare: le attività di ricerca erano arenate dalla mancanza di attrezzature e di tecnici; e per contro gli studenti, nel decennio 1950-1960, erano divenuti circa il doppio dell'anteguerra.

Se le Facoltà di ingegneria italiane più attrezzate stentaronο ad adeguarsi al rapido progredire della tecnica, di certo quella di Palermo versava in condizioni insostenibili. Così nel 1961, il Prof. Mario Rubino, ordinario di Macchine, ultimo preside della 'vecchia guardia', chiese al Ministero interventi finanziari straordinari, con una minatoria protesta, che tuttavia ottenne solo lo sblocco della stasi delle nuove costruzioni.

Nel 1961 si attuò la prima e profonda revisione degli studi di Ingegneria, che prevede un biennio propedeutico proprio e interno alla Facoltà, divenuta un unicum quinquennale, introdusse i due nuovi Corsi di laurea in Elettronica e in Nucleare, suddivise le discipline obbligatorie fra quelle sul piano nazionale e quelle stabilite da ogni singola sede, rimise alla scelta di ogni studente un numero limitato di discipline complementari raggruppate a formare degli "indirizzi" predisposti. La Facoltà di Ingegneria di Palermo aprì i due nuovi corsi di laurea ma non si ritenne in condizioni di attivare né quello "minerario". né quello "navale" in Italia vigente solo a Genova, a Trieste e a Napoli. Invero da quella congiuntura



Recente planimetria del Parco d'Orleans, con insediamenti dell'Università

Palermo ha iniziato proprio una decisiva ripresa globale; non tanto nella organizzazione interna, quanto nella nuova politica di apertura dei concorsi per docenti che vivificò la preparazione dei giovani aspiranti locali: presto avranno miglior successo nelle competizioni concorsuali effettuati a scala nazionale. La contestazione studentesca, che pure accelerò l'abbandono del preside Rubino, finì con il collaudare e il consolidare questa inversione di tendenza basata su intese strategiche concordate con le altre Facoltà italiane più affermate. Allora il numero degli insegnamenti, che venne a comprendere quelli del biennio autonomo, si portò a 136, svolti in 17 Istituti diretti da soli 13 professori ordinari, con un numero neanche doppio di assistenti di ruolo. La facoltà nel 1966 farà un uso moderato della istituzione dei professori aggregati, invero presto pure essi aboliti, e sarà molto impegnata a gestire la liberalizzazione degli accessi dalle scuole medie e soprattutto nel controllare la scelta dei piani autonomi degli studenti consentiti dalla legge 910 del 1969: appena prima della 'contestazione globale' giunta a Palermo con un qualche ritardo e quando i più giovani docenti erano già al corrente di ciò che avveniva nelle altre sedi da cui essi provenivano, alcune scosse da vere violenze; mentre la legge Signorello per premere sulla riforma universitaria bloccava i concorsi a cattedra. Ormai è Guglielmo Benfratello, successo a Mario Rubino, a dover affrontare le maggiori difficoltà interne alla Facoltà, sostenuto dai più giovani colleghi e dagli studenti più moderati, ad evitare gli eccessi irrecuperabili da ogni parte venissero, e a dover influire con il peso della Ingegneria posizioni aperte ma prudenti in seno all'Ateneo, nella posizione pur delicata di vica-

rio del Rettore D'Alessandro. Si completò la costruzione degli edifici al Parco d'Orleans, l'ultimo dedicato al nucleare e alla ingegneria chimica istituita come settimo corso di laurea a ripristinare tradizioni locali che la morte per un bombardamento del Prof. Leone aveva drasticamente interrotte. L'ottavo corso sarà quello di 'ingegneria industriale ad indirizzo economico organizzativo' promosso dall'area delle tecnologie meccaniche. L'edificio centrale della facoltà comprese una aula magna di oltre 600 posti ed fu concepito come Centro congressi dell'Ateneo. Si venne ad avviare un potente Centro di calcolo universitario. Nel 1970 la legge 924 sopprime la Libera docenza, sblocca i concorsi della docenza, consente la scelta delle materie complementari da una unica 'nuvola' senza più il vincolo di formare gli indirizzi, e la facoltà ne coglierà spunto per ammettervi discipline di altre facoltà con cui farà un ulteriore tentativo di comporre un politecnico su basi tecnico-culturali più ampie dei politecnici tradizionali. Ebbe successo una operazione che portò la Regione a finanziare con 1,5 miliardi di Lire attrezzature didattiche e scientifiche con cui gli Istituti si allinearono a quelli di altre sedi e attirarono finanziamenti ministeriali, esperimenti per conto terzi, la istituzione di nuovi Centri di ricerca specializzata del CNR.

La irrisoria assegnazione ministeriale di nuovi posti di assistente spinse i docenti di ruolo della Ingegneria alla attuazione di uno sciopero dai compiti didattici, inconsueto ma non inconsulto, che scosse tutto l'Ateneo, da cui si uscì tramite una missione al Ministero che ottenne delle promesse, invero mantenute qualche anno dopo con la decisiva assegnazione di quasi 50 posti di ricercatori di ruolo. La Facoltà promosse pure una inusuale indagine conoscitiva al suo interno mediante una commissione di cui fecero parte tutte le sue componenti, che mostrò squilibri e indicò suggerimenti sul come compensarli. Furono invece vischiosi i rapporti con il 'Comitato Regionale per la Programmazione Economica'. La detta iniziativa di formare un Politecnico atipico, cioè un Ateneo formato con le facoltà di Architettura, di Agraria e di Economia, dopo uno immediato consenso si arenò a livello politico per i sistematici contrasti nella Assemblea Regionale fra i socialisti e i comunisti, e all'interno della prevista compagine per gelosie verso la Ingegneria temuta egemone, e nella stessa ingegneria per intervenute preoccupazioni sulla formula concepita nella gestione dei dipartimenti e nella limitazione della attività professionale dei docenti. Da allora la idea Politecnico viene ogni tanto ripresa e altrettante volte accantonata, riuscendo a raggiungere consensi politici anche a livello della Unione Europea, eppure sempre complicandosi sia per il coinvolgimento delle altre Università dell'isola che ormai hanno ciascuna una propria Facoltà di ingegneria, sia per l'allargamento del servizio che vorrebbe estendersi con carattere soprannazionale agli altri paesi del basso Mediterraneo, e pur per le varianti che va suggerendo negli Atenei più corposi la ipotesi di man-

tenerne la unicità ma con una razionale suddivisione amministrativa di “poli scientifico-culturali” al suo interno; in tale visione, un politecnico *sui generis* potrebbe formarsi in ambito regionale collegando adeguatamente i poli scientifico-tecnici di tutti gli Atenei operanti nella regione stessa.

Benfratello ritenne quindi esaurito il suo compito e passò la mano al Prof. M. Columba, che interromperà il suo mandato di preside perché eletto al Parlamento, ma non poté sottrarsi a rappresentare l'Ingegneria in due legislature del nuovo Consiglio Universitario Nazionale. Il CUN varò il DPR 382/80 di assetto della docenza suddividendo i professori fra ordinari ed associati e sostituendo il ruolo degli assistenti con quello dei ricercatori, riordinò i concorsi sulla base di raggruppamenti disciplinari, introdusse i corsi di dottorato di ricerca e impose l'organizzazione dipartimentale sulla base delle affinità della ricerca scientifica. Si introdussero le Scuole a fini speciali che saranno soppresse negli anni '90 con la introduzione dei diplomi universitari, ma molto dopo verranno a sostituirli le lauree triennali. Durante i sette anni in cui si impegnò al CUN Benfratello aveva proposto una riforma degli studi di ingegneria sulla formula di distinti quattro anni formativi tipici di una delle principali professioni di ingegneria, seguiti da due anni in cui il laureato poteva approfondirla o seguire un coerente filone fra alcuni più specialistici, per raggiungere la capacità di affrontare progettazioni più avanzate. La questione risollevò il dibattito fra la formazione ingegneristica in serie o in parallelo, e fu ostacolata proprio dal Politecnico di Milano. Diede spunto al Ministero per promuovere altre disamine che prima sfociarono in una commissione mista fra funzionari del Ministero e Presidi di ingegneria o loro rappresentanti, e infine, nel 1989, in una Commissione dei soli presidi, presieduta da Nicola Alberti, di Palermo, a cui per questioni specifiche venivano occasionalmente cooperati professori esperti. Tali lavori si tradussero nel DPR 186/89 che regge l'ordinamento attuale. Gli studi di ingegneria restano di 5 anni, fra le materie propedeutiche figurano anche informatica ed economia, e si accorpano nei tre 'settori', civile, industriale, dell'informazione, a cui corrispondono tre settori distinti di un 'unico' albo professionale. Ciascun settore raggruppa i corsi di lauree affini per i quali è conseguita la abilitazione professionale, previo esame di Stato; ma restano intersettoriali la ingegneria ambientale e la ingegneria gestionale (l'erede della detta Ingegneria Industriale ad indirizzo economico-organizzativo). Ciascun corso di laurea può essere suddiviso in “indirizzi” e ciascun di questi può comprendere più “orientamenti”. La nostra Facoltà nel 1990 viene allora ad articolarsi in 12 Corsi di laurea, 2 nel settore civile (edile, civile), 6 nel settore industriale (meccanica, aerospaziale, elettrica, chimica, dei materiali, nucleare), 2 nel settore della informazione (informatica, elettronica) e le 2 lauree intersettoriali (ambientale e gestionale) con complessivi 20 indirizzi, fra cui quello di idraulica e quello dei

trasporti. Istituisce quindi pure la laurea di "ingegnere edile" facente parte del settore civile, introdotta per regolare la professionalità in ambito europeo che invece esalterà i motivi di una concorrenza con gli architetti già più disordinata nel nostro paese; e gradualmente istituirà 4 diplomi di durata triennale. La legge 168 istitutiva del MURST, il Ministero a se stante della Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica, soddisfa una vecchia aspirazione che sarà quasi vanificata nei governi che tornano ad una contrazione del numero dei ministeri, la 341 riordina gli schemi formativi, modifica la composizione del CUN, introduce la istituzione dei "crediti" nei curriculum composti dagli studenti, riordina ancora i Settori Scientifici Disciplinari, concede alcune autonomie agli Atenei: sulla cui interpretazione politica, in occasione della emissione dello Statuto del nostro Ateneo si scatena da Palermo una contestazione studentesca detta "la pantera", come se la precedente si fosse solo apparentemente sopita, che mette in difficoltà il Rettore Melisenda e il Ministro Ruberti, entrambi ingegneri. Per la approvazione dello statuto, contrastata per motivi diversi dalle varie componenti dell'Ateneo, una complessa vertenza giudiziaria ne paralizza gli organi di governo: solo l'intervento del collega giurista Prof. Marrone, riuscirà a varare nel 2000 lo statuto, oggi in vigore, che in particolare fissa norme sulla durata e sulla ripetibilità delle cariche accademiche, nonché sulle loro incompatibilità, sul dosaggio nei Consigli e nelle Commissioni della partecipazione anche della componente studentesca. Nel 2002 l'opera universitaria si trasforma nell'ERSU, che amplia i suoi compiti ed è Ente della Regione, per stabilire provvidenze sul "diritto allo studio"; è unica per gli studenti di tutte le Facoltà dell'Ateneo che ormai in prevalenza provengono dalle province siciliane, nonostante si siano moltiplicati i cosiddetti 'corsi decentrati' ad Agrigento, Trapani, Caltanissetta.

Nel 1999 la L.509 recupera ed aggiorna molto della L.341/90 offrendo un quadro formativo articolato in L, LS, D, DS, Master di I° e 2° livello e l'inquadramento dei docenti, con il loro consenso, nei Settori Scientifico-Disciplinari che erano sorti come raggruppamenti solo ai fini dei concorsi. La nostra Facoltà è piuttosto cauta nel eseguire queste trasformazioni, mentre molto attivamente partecipa ai corsi telematici organizzati dalla istituzione privata "Consorzio Nettuno", che sarà trasformata nella Università Telematica Uninettuno. La recente disposizione legislativa che ritiene opportuno di comprendere in "Classi" i corsi di laurea affini negli obiettivi di formazione e nello esercizio professionale, appartenenti a diverse Facoltà, prelude ad una ragionevole contrazione dei corsi di laurea del cui numero le precedenti aperture legislative avevano consentito ovunque degli abusi con eccessive frammentazione, forse non consoni alle effettive offerte di lavoro. Così a Palermo si risolverà lo stallo posto dalla coesistenza della laurea in ingegneria edile, per la quale si era battuto nella commissione Alberti proprio

il nostro Colajanni di architettura tecnica, facendosi energico portavoce di iniziative originariamente sostenute nell'Ateneo di Roma La Sapienza dal Prof. Maldolesi.

Dagli anni 2000-2005, e invero fino ai giorni d'oggi si attua un tumultuoso mutamento di tutta la struttura universitaria che rinuncia a proporre una organica riforma globale, ma surrettiziamente la provoca assemblando provvedimenti settoriali alcuni non del tutto compatibili fra di loro. Essi in parte recepiscono ragionevoli ed antiche aspirazioni, in parte conseguono alla "bufera di tangentopoli" e esprimono politiche contrastanti all'alternarsi di governi di sinistra con quelli di destra. Questi ultimi finiranno con il raggiungere una maggioranza parlamentare capace di imporre ciò che prima non era possibile già per le divisioni e le resistenze sempre risuscitate in seno allo stesso corpo accademico, e riuscirà ad approvare una legge-delega di riforma globale che tuttavia ancora non dà esiti. Il periodo di "fuoriruolo" del corpo docente è gradualmente ridotto e finirà con l'essere abolito del tutto. Le norme sui concorsi per docenti sperimentano tentativi che intendono parzialmente decentrarli nelle stesse sedi che li propongono, con commissioni che comprendono un membro "interno" ed esitano non più la tradizionale terna di vincitori ma due vincitori e infine uno solo con un provvedimento mille proroghe. Gli statuti dei vari Atenei possono prevedere "regolamenti" didattici autonomi ma coerenti fra di loro secondo le leggi nazionali coordinate a loro volta con norme della Unione Europea: proprio tale orientamento prevede quell'accorpamento di lauree affini in classi che ha risolto la diatriba fra l'ingegnere edile e l'architetto pur riservando alcune specificazioni professionali all'uno o all'altro, e ha fatto superare appunto la detta situazione di stallo formatasi a Palermo. Scompaiono i diplomi, sempre mal accolti nel nostro paese, ma è modificata una offerta didattica molto articolata, e sempre di più approfondita, sicché si possono conseguire le lauree L; la laurea specialistica, in serie alla triennale viene sostituita con la laurea Magistrale LM non legata al corso di laurea precedente; restano i diplomi di specializzazione DS, il dottorato di ricerca DR, i due livelli di Master; i *curricula* degli studenti devono raggiungere 60 crediti per anno, fra cui possono comprendersi attività integrative personalizzate e riconosciute, quale è l'occasione proprio questo "profilo storico" che stiamo svolgendo. La nostra Facoltà di ingegneria segue bene questa offerta didattica potenzialmente di una ampiezza e di una flessibilità addirittura inconcepibile solo qualche lustro fa, fa fronte con un organico di docenti adeguato, contribuisce ad escogitare come meglio formare ingegneri di 'ordinaria' professionalità con la laurea di soli tre anni, che invero importa difficoltà che fanno rimpiangere la formula 4 + 2 venti anni prima proposta dal CUN. La Facoltà celebra così i suoi 150 anni con 115 professori ordinari, 95 associati, 89 ricercatori, 165 unità di non docenti, e 7000

studenti che frequentano una trentina di percorsi formativi nella cittadella universitaria composta di alcuni grandi edifici a lei riservati, per complessivi 55000 metri quadrati, per un quarto circa dedicati ai rapporti di insegnamento. È uno spiegamento fra l'inverosimile e il miracoloso a chi volesse confrontarlo con ciò che esisteva al tempo del primo Direttore Giovan Battista Basile!

DALL'INSEGNAMENTO DEL MARVUGLIA ALLA FACOLTÀ DI ARCHITETTURA

Allorché nel 1805 Ferdinando IV di Borbone, grato della accoglienza ricevuta a Palermo quando vi si era prima rifugiato con l'aiuto di Nelson, le concesse l'auspicata Università, il corpo docente si formò con Domenicani, già pagati dai Viceré, poi con Gesuiti nel loro Collegio Massimo, e quindi con i Teatini che cedettero il loro complesso edilizio di Via Maqueda per oltre un secolo restata poi la sede centrale dell'Ateneo Palermitano. Allora gli studi si riorganizzarono in 4 Facoltà: la Teologica con 4 cattedre, la Legale con 6, la Medica con 6 operante nell'ospedale della Concezione vicino l'attuale palazzo di giustizia, la Filosofica e Artistica con 16 fra cui quella intitolata "Architettura civile ed idraulica" che il ricordato Venanzio Marvuglia insegnava già dal 1777, a seguito della riforma della Deputazione degli studi, e continuò ad insegnare nel nuovo Ateneo fino al pensionamento avvenuto nel 1813: altre sue opere sono la Villa Belmonte, il palazzo Santostefano la Casina di caccia nel bosco della Ficuzza. Si poteva conseguire il "Magistero delle Arti" dopo un anno di Eloquenza, due di Filosofia, materie di metafisica, di matematica sublime, e per esercitare la professione di Architetto occorreva superare ulteriormente la suddetta disciplina di Architettura civile. Il Marvuglia adottò per testo i "Principi di Architettura civile" del Milizia, accolse la concezione Vitruviana (*firmitas, utilitas, venustas*), definì l'architettura la scienza di ben edificare in conformità dei desideri del "fondatore", cioè di colui che a sue spese vuol costruire l'edificio, e concepì l'architetto un tecnico ed un umanista regolatore dell'opera degli artefici della costruzione fisica, e quale un attento loro sorvegliante: con parole moderne si ritrovano le essenziali funzioni di progettista, direttore dei lavori, collaudatore tipiche dell'architetto prima e quindi dell'ingegnere in generale. Marvuglia insegnò per trent'anni, quindi un concorso pubblico scelse, a suo successore, Cristofaro Cavallaro e poi, alla sua rapida morte, nel 1818, l'architetto Antonio Gentile che mantenne, ampliandola, la impostazione didattica di Cavallaro, a sua volta quella del Marvuglia-Milizia. Anche il Gentile morì giovane, nel 1834, si rifece allora un tormentato concorso che a Caldara preferì il candidato più giovane Giacchery, un sostenitore che l'architetto dovesse possedere una più solida preparazione di base ed essere sensibile ai nuovi mate-

riali, quali i laterizi, nonché alle strutture metalliche che già potevano essere realizzate da buoni artigiani specialisti e per industrie in sviluppo, quale la Fonderia Oretea.

Con la citata introduzione dei regolamenti borbonici, ormai delle tre Università isolane, nel 1841, venne istituito il “Collegio di Belle Arti” con le cattedre di scultura, accademia del nudo, ecc, a cui afferirono sia la cattedra di Architettura, ormai così distaccata dalla Facoltà filosofica dell’Università, sia quella di disegno tecnico-architettonico, che da allora in Palermo ebbe ad assumere un livello di taglio scientifico sempre più sostenuto da validi e impegnati docenti quali Zanca, Patricolo, Damiani Almeyda, Cardella Perticone Engel, Filosto, Capitano, di essi molto si avvarrà la Facoltà di Ingegneria. Chi aveva conseguito il baccellierato in Filosofia e Letteratura poteva o proseguire con studi di matematica, fisica e licenziarsi per esercitare la professione dei Architetto, oppure intraprendere un filone di studi che associava discipline tecniche e naturalistiche per laurearsi ed esercitare una professione più ingegneristica, nel campo della perizie e della direzione dei lavori pubblici. Il Giacchery ottenne il sostegno delle provincie di Palermo, Trapani e Girgenti per sviluppare il suo settore, e accanto alla disciplina da lui insegnata, che prese il nome di Architettura “statica”, venne ad istituirsi quella di Architettura “decorativa e disegno topografico”, insegnata da Saverio Cavallari, ritenuto il più bravo ingegnere della Sicilia,... tanto che venne nominato a Milano dal governo austriaco!

Così nel 1854 alla cattedra lasciata libera da Cavallari viene nominato professore interino Giovan Battista Basile, che dopo prime esperienze nelle scienze botaniche studiava Architettura a Roma nella Università la Sapienza e assimilava i fermenti culturali allora assai vivaci nella Accademia Francese, e nella primaria accademia italiana in campo artistico quella di San Luca. Con il suo rientro a Palermo gli studi di architettura avranno un salto di qualità e l’era dei Basile porterà Palermo in prima fila in campo nazionale influendo per un sessantennio sul dibattito culturale per il rinnovamento dell’Architettura. L’insegnamento di G.B. Basile intendeva educare i giovani a capire con fedeltà ed eleganza le grandi opere di decoro dei greci, ‘maestri di tutti color che sanno’, e ne realizzò dei modelli dimostrativi a piccola scala, che vennero raccolti in un “Gabinetto di Architettura decorativa”, mentre gli elementi architettonici, con attenzione particolare alla *venustas* vitruviana, furono esposte in tavole, recentemente restaurate, disegnate mirabilmente dal tecnico-artista M. Giarrizzo: erano esposte sulle pareti di una storica aula dell’edificio di Via Maqueda, intitolata proprio a Basile, ove hanno speso il loro quotidiano vissuto tante generazioni di studenti, fino al trasferimento nel Viale delle Scienze al Parco d’Orleans. Il fatto che la nostra Scuola di Applicazione, istituita da Garibaldi coinvolse il riordinamento dell’Istituto universitario

e l'Accademia di Belle Arti, e che il Basile diresse a lungo entrambe le istituzioni culturali, e mantenne i collegamenti con gli ambienti tecnico artistici di Roma, contribuirà a rafforzare il ruolo della Architettura a Palermo nella intera Nazione, e a stabilire fra l'Accademia e l'Università legami certamente più fertili di quelli che, ad es. a Milano contrassero fra di loro il Politecnico e l'Accademia di Brera con la direzione di Camillo Boito.

Allorché entrò in funzione la Scuola di applicazione, la laurea in Architettura non poté più essere conferita dall'Accademia-Istituto di belle Arti, che dovette limitarsi a conferire il titolo di "Professore di disegno architettonico", e in tale congiuntura vanno riconosciute le radici dello sviluppo notevole assunto a Palermo dal disegno tecnico, già evidenziato, che nel primo avvio della Scuola di applicazione era triennale. Morto Giacchery il suo corso di Architettura statica venne svolto per un anno da Michele Capità che in seguito si dedicò alla idraulica e fu il secondo Direttore della Scuola di applicazione: allora l'insegnamento del Basile divenne biennale, per il primo anno trattava della Storia dell'Architettura e Giarrizzo corredeva di un testo le già ricordate sue tavole murali, nel secondo anno trattava le tecnologie edilizie e le tipologie degli edifici la cui destinazione e fruizione non era più solo quella abitativa.

Alla sua morte, nel 1881, il Basile fu sostituito nell'insegnamento dal Figlio Ernesto, suo allievo e collaboratore. Rientrato anch'esso da Roma, dove aveva iniziato la sua carriera universitaria, egli diverrà il caposcuola palermitano del "liberty", come qui preferì chiamarsi l'*Art Nouveau* originaria dell'Europa francese e belga, il rinomato stile floreale con cui appunto Ernesto Basile contribuì ad arricchire di mirabili edifici la città ai tempi dello strabiliante fenomeno economico per gli imprenditori della famiglia Florio, con la quale contrasse una fattiva collaborazione. Il fenomeno Florio fu determinante non solo per Palermo, ma fu effimero



Ernesto Basile



L'Accademia di Belle Arti

per diverse ragioni, di cui qui basta sottolineare che le tante iniziative industriali, per buona parte la base di tale straordinario sviluppo socio-economico, non trovarono nella Scuola quella corrispondenza culturale che invece nel settore edilizio fu molto efficace proprio ad opera di Ernesto Basile, una mirabile personalità che intanto assumeva pure i caratteri originali di ciò che un secolo dopo si dirà il *design* industriale. L'eclissi del Liberty e la ricerca di una nuova architettura di regime corrisponderà, intorno al 1930, alla decadenza completa dell'impero dei Florio.

Anche Ernesto Basile svolse un corso biennale, sugli argomenti di Plastica d'ornato, decorazioni policrome, Architettura, Prospettiva, Storia dell'Arte, affiancato dal 1914 da un insegnamento di "Architettura generale" tenuto dal primo suo allievo andato in cattedra, Giuseppe Capità, figlio di Michele, che sarà il primo preside della Scuola quando sarà divenuta una Facoltà di Ingegneria.

La proposta della Legge Cuppino del 1885, il R.D. 31/10/19, il regolamento del R.D. 02/07/20 sono le tappe legislative che finalmente consentono la istituzione della "Scuola superiore di Architettura", a Roma e quindi il già detto divorzio nella locale Scuola di Applicazione: seguiranno le sedi di Napoli, Genova, Venezia, con l'ampliamento della base culturale della formazione dell'architetto per l'incalzare delle esigenze urbanistiche nonché le spinte verso discipline più artistiche, sociali e antropologiche. Ma invero la sovrapposizione delle primarie attività professionali porterà ad un sommo antagonismo ed a rivalità fra ingegneri ed architetti che non ebbe l'eguale in Europa.

Spentosi E. Basile nel 1932, viene chiamato a Palermo Salvatore Benfratello, l'altro allievo che ambigualmente sarà definito "integrale", dalla Facoltà di ingegneria di Pisa per cui nel 1920 aveva vinto il concorso a cattedra. Allorché la Facoltà di ingegneria non potrà più conferire la laurea in Architettura e si interromperò i rapporti didattici con l'Istituto di Belle Arti, dal 1935 come già più volte ripetuto, nel corso di laurea in ingegneria civile-edile a Palermo gli insegnamenti di "Architettura tecnica" furono tre anche se ebbero diverse denominazioni: *elementi costruttivi* svolto da Salvatore Caronia Ruberti, *caratteri distributivi degli edifici* da Salvatore Benfratello, *Composizione architettonica* da Giuseppe Capità, riproducendo in serie le tre classiche categorie vitruviane. Benfratello si dedicherà quasi esclusivamente a potenziare l'Istituto di Architettura tecnica, nonostante le difficoltà politico-militari che dalla guerra civile spagnola presto porteranno alla aggressione dell'Etiopia, alle sanzioni economiche e ai prodromi della seconda guerra mondiale; e cercherà di ripristinare quell'ambiente culturale in cui si era formato in gioventù e in cui tanti professionisti ormai affermati, altri ex allievi di Ernesto Basile, mantenevano vivo il dibattito sul rinnovamento della architettura, ormai superata la fase del liberty. Benfratello collaborerà con Giuseppe Capità

nella presidenza della Facoltà e gli succederà alla sua morte nel 1940. Sicché la Architetture e composizione architettonica sarà svolta da S. Caronia nel frattempo diventato ordinario - allora era proprio rara la coesistenza di due cattedratici di materie affini in una stessa sede perché concepita una concorrenza culturale e professionale - il quale tuttavia dirigerà un distinto Istituto, mentre Architettura tecnica I sarà affidata all'allievo comune Giuseppe Guercio. Affrontati i disastri della guerra guerreggiata in Sicilia, Benfratello tornerà preside dopo una parentesi triennale del Prof. Sellerio, e farà leva sul suo prestigio personale e sull'appoggio del Governo militare alleato nel riuscire ad attuare gradualmente la Facoltà di Architettura autonoma, a cui contribuiranno pure i buoni rapporti sempre mantenuti con la Facoltà *leader* di Roma. Fra i primi laureati in Architettura sarà Gianni Pirrone, da anni prematuramente morto, che infine si dedicherà all'arte dei giardini, una antica e originale predilezione dello stesso Ernesto Basile, di cui Pirrone divenne fra i più esperti conoscitori. Restava la laurea in ingegneria civile-edile che con la prima riforma del 1961 si arricchirà nel settore architettonico di altri insegnamenti complementari. Alla morte di Benfratello, nel 1953, il secondo Commissario di Architettura sarà proprio S. Caronia Roberti, che poi si trasferirà alla neo-Facoltà di Architettura, ma ci vorrà quasi un ventennio prima che il suo organico si completasse con insegnanti formati localmente soprattutto allevati dai tanti docenti, a lungo 'pendolari', provenienti in gran parte da Roma.

Ad ingegneria, dopo il trasferimento di Caronia resta come solo ordinario di Architettura Tecnica il prof. Vittorio Ziino che, dopo una breve permanenza in Facoltà di Architettura e malgrado le sue precarie condizioni di salute, cerca di proiettare sul piano nazionale il settore edile della Facoltà. Lo affiancherà il suo allievo Benedetto Colajanni che dopo essere stato professore aggregato nel 1973 coprirà appunto la cattedra di architettura tecnica ad Ingegneria aprendo la strada ad una generazione di giovani che otterranno prima gli incarichi di insegnamento e, dopo il prof. Caleca, la cattedra di Architettura Tecnica, nonché il ruolo di associati nella Architettura Tecnica, nell'Urbanistica e nella composizione Architettonica. Colajanni, come si è già detto insieme a Maldolesi nell'ultimo riordinamento didattico del 1989 sarà l'accanito sostenitore della istituzione ad ingegneria della laurea edile *tout court* appartenente al settore civile, che purtroppo non otterrà affatto lo scopo propugnato. Infatti per quasi un decennio quel corso di laurea non fu riconosciuto in seno alla Unione Europea, finché con il Ministro Moratti l'introduzione delle "Classi", cioè degli accorpamenti di corsi di laurea di obiettivi culturali e professionali parificati, dissolse al meglio una vecchia concorrenza fra ingegneri ed architetti che aveva raggiunto punte apparentemente insanabili. La Facoltà di Architettura troverà nuovi spazi di studi e di lavoro a lei più congeniali come quelli oggi molto richiesti per il restauro di edifici privati o

monumentali che esigono preparazioni peculiari sia costruttive sia artistiche, nel disegno industriale e nella pianificazione urbana e territoriale.

L'INGEGNERIA STRADALE, TRADIZIONE ED EVOLUZIONE

Le costruzioni stradali sono anch'esse una tecnica di antichissima origine, come ci ricordano le vie esterne realizzate dai romani, ed hanno tuttora i seguenti caratteri significativi e distintivi, volendo accantonare le questioni tutte diverse riguardanti le "vie d'acqua". La basilare definizione del tracciato geometrico, che a parità di luoghi da collegare dipende dall'andamento plano-altimetrico del terreno, dalla sua formazione geologica, dalla sua stabilità, dalla presenza e la natura di eventuali corsi d'acqua, donde la principale suddivisione fra strade in scavo, in rilevato, a mezza costa. Il ruolo per strati della massicciata, del cassonetto, e della pavimentazione in continua evoluzione a partire dal Macadam all'acqua, una ganga solo agglomerante, fino alle lastre cementate. La presenza delle cosiddette "opere d'arte" che dai muri di sostegno, dalle opere di smaltimento e di drenaggio delle acque, si spingono fino ai ponti che sono fra i più impegnativi lavori dell'ingegneria civile. Il settore stradale in origine ha in sé un moderato sostegno dottrinale autonomo ma coinvolge specificatamente ogni ambito della ingegneria civile, e recentemente di quella ambientale. È stato fra i primi a servirsi ampiamente del calcolo grafico e ad applicarlo su questioni fondamentali, quali la valutazione del trasporto compensativo dei volumi di terre.

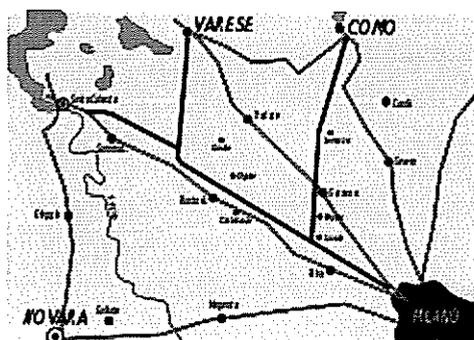
L'avvento delle ferrovie, tipiche dei grandi trasporti su lunghe distanze, influì soprattutto nei criteri di adozione dei tracciati, dovendo limitare le pendenze longitudinali ad evitare lo slittamento delle ruote della locomotiva, preferì lunghi rettilinei e curve di largo raggio, aprì il campo alla progettazione delle stazioni con sue tipiche esigenze distributive, promosse su larga scala criteri e macchinari per la perforazione delle montagne tramite le gallerie, con i relativi problemi di manutenzione e di sicurezza, che saranno trasferiti alle autostrade, quindi ha un forte rapporto con i geologi. L'uso del trasporto passeggeri per via aerea implicò pure lo studio di piste rettilinee sempre più lunghe e sottoposte a carichi che impattano e usurano molto i pavimenti, con importanti problemi di sicurezza, nonché notevoli peculiarità nei caratteri delle stazioni aeroportuali.

I cambiamenti più significativi nelle strade ordinarie sono conseguiti all'avvento dei veicoli a motori, dalla fine dell' '800 in poi. Ad opera dei Ford negli Stati Uniti d'America essi assunsero subito il ruolo di mezzo di trasporto individuale e nel 1920 già vi circolavano 8.000.000 autovetture; in Europa per lungo tempo le auto restarono quale un prodotto tecnologico sofisticato, piuttosto un mezzo di

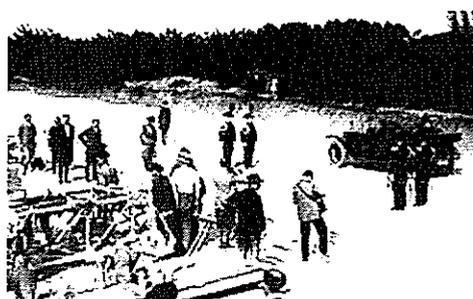
lavoro, oppure una nuova occasione da sfruttare in competizioni sportive, per prima e rinomata la "Targa Florio" che propose il percorso difficile delle Madonie con strade in uno stato non tanto migliore di quello delle 'trazzere' borboniche. Le automobili denunciarono subito i limiti e i rischi di percorrere piste già idonee per carrozze e carri, per le tortuosità e le pendenze, anche se le prime autovetture non superarono la velocità 30 km/ora; il sollevamento della polvere richiese ai primi guidatori di vetture aperte di coprirsi con uno "spolverino" e di usare gli occhialoni che saranno tipici dei piloti di aerei senza abitacolo. Sollecitazioni intollerabili per le vecchie strutture viarie fecero escogitare fondazioni e cassonetti con strutture lapidee e con inerti più resistenti, mentre - usando i derivati delle raffinerie degli idrocarburi - emulsioni bituminose e catrame riuscirono efficaci nei trattamenti antipolvere delle pavimentazioni. Presto sorgono nuovi studi al riguardo della meccanica della locomozione che influenzano i parametri geometrici dei progetti stradali e a loro volta recepiscono esigenze di comfort sempre più richieste dai passeggeri. Le questioni che trattano i *trasporti* raggiungono così nuovi approfondimenti che porteranno ad un *corpus* disciplinare a se stante, ove per la prima volta si fa esplicito ricorso ai concetti di economia quali elementi importanti sia per i viaggi dei passeggeri sia per la movimentazione dei prodotti commerciali: lo sviluppo sarà così rapido e determinante, anche per il coinvolgimento delle ferrovie, delle navi e degli aerei, che il settore tecnico-culturale preferirà assumere il titolo di "Ingegneria dei trasporti".

Intorno al 1930 si presenta l'opportunità di costruire strade "speciali" riservate cioè ai veicoli a motore, siano autocarri commerciali siano vetture di uso individuale. La sede stradale diviene completamente "separata" dal contesto del terreno attraversato e gli "svincoli" svolgono la funzione delle stazioni ferroviarie, il tracciato planimetrico ai lunghi tratti rettilinei preferisce curve a raggio ampio e variabile per la necessità di tener desta la vigilanza del conducente, le pendenze possono essere maggiori di quelle delle ferrovie, ciononostante esigono spesso il ricorso sia alle gallerie, anche tanto lunghe che allora devono essere ventilate e illuminate, sia ai viadotti anche straordinariamente alti, le pavimentazioni in calcestruzzo si compongono con il cassonetto o si rivestono di strati antipolvere sempre più perfezionati, alla ampia e tempestiva segnaletica verticale si aggiungerà quella orizzontale al crescere delle velocità di percorrenza prescritte, sono tollerati cartelli pubblicitari.

L'Italia per prima lancia la proposta, nel 1924 con la Milano-Varese, dieci anni dopo con la Milano-Torino, e all'inizio della seconda guerra mondiale la sue rete raggiunge i 530 km: la realizzazione è affidata ad imprese private, in particolare alla Purucelli, e la relativa gestione è data in concessione, mentre nelle strade ordinarie resta il compito di impiegati, del Comune, della Provincia o dello Stato,



Prima rete autostradale italiana



Inaugurazione dell'autostrada Milano-Varese

responsabili di tratte limitate che si avvalgono di case dette 'cantoniere'. In America, ove già nella età dei pionieri si sono costruite ferrovie per i grandi trasporti sulle lunghe distanze che devono collegare gli enormi Stati di quel continente, la costruzione delle autostrade è relativamente limitata, si comincerà nel 1925 con la tratta Bronx-New York, e si preferirà sempre di più il trasporto aereo, potenziato nel dopoguerra, specialmente per il movimento dei passeggeri. In Europa è la Germania a fare della sua rete autostradale a pluricarreggiate, con le piste nei due versi di percorrenza separate da un striscia centrale non pavimentata, e talora piuttosto distanziate fra di loro, un vero modello che al 1940 aveva una lunghezza di oltre 3000 km: sarà necessario fissare un piano regolatore e dettare norme costruttive, stabilire le velocità di percorrenza massime, si introdurranno slarghi da usare per piazzole di sosta. Allorché nel dopoguerra l'Italia, su iniziativa del Ministro Romita, deciderà di dotare il paese di moderne autostrade, per prima l' "Autostrada del sole" iniziata con la tratta Milano-Piacenza, si riferirà appunto al modello della Germania, ma la orografia del nostro Appennino esigerà un esteso e costoso ricorso a gallerie; e pure a viadotti, invero anche nei tratti di pianura laddove si è preferito seguire pensile, cioè su piloni, un fiume che percorrere terreni geologicamente poco affidabili, come avvenne per il fiume Imera Meridionale lungo il tracciato della Palermo-Catania. Sono diventati determinanti, già in sede progettuale, le scelte delle componenti economiche nonché le previsioni gestionali, l'affidamento in concessione dell' manutenzione e dell'esercizio e il pagamento di un pedaggio.

La meccanica delle terre, un classico argomento operativo delle costruzioni stradali e ferroviarie, ha raggiunto una configurazione culturale autonoma, ma non di esse esclusiva, dopo gli studi di Terzaghi del 1933, nella disciplina "geotecnica" che consente di utilizzare materiali incoerenti non solo come sostegno delle fondazioni dei manufatti di ingegneria in genere, ma proprio per costituirne alcune imponenti opere, quali i terrapieni, le arginature e le dighe in terra. In-

trodotta in Italia da Girolamo Ippolito, caposcuola di Costruzioni idrauliche a Napoli, la geotecnica ha dato nuovo impulso ai progetti di strade ordinarie e di autostrade, e intanto il calcolo automatico e gli algoritmi di ottimizzazione hanno sostituito i vecchi procedimenti grafici per le compensazioni dei movimenti di terra. Elementi determinanti, già in sede di piani e di progetti, sono intervenuti più di recente i criteri di rispetto delle valenze paesaggistiche dell'ambiente, affermatasi primariamente proprio nella ideazione delle strade, per definizione un intervento diffuso inserito nel territorio. Quindi contro gli interventi stradali cominciarono a protestare gli ambientalisti, all'inizio proprio intransigenti ad ogni manomissione e sordi alle esigenze di agire, pur con la dovuta saggezza, sullo stato della natura per contribuire all'essenziale e rapido sviluppo socioeconomico della società. I contrasti si spinsero all'assurdo di mettere sullo stesso piano l'anofele che infetta la malaria e l'uomo che ne viene cacciato da terreni paludosi. Gli studi di Valutazione dell'Impatto Ambientale (VIA) vanno ormai formando una metodologia più concreta di quella composta nei primi tempi, quando dovemmo esaminare gli studi di fattibilità dell'attraversamento stabile dello Stretto di Messina. Ormai le tecniche VIA corredano tutti i progetti delle principali infrastrutture ingegneristiche previste sul territorio.

A Palermo nel tardo dopoguerra si istituì prima la cattedra di "Tecnica ed economia dei trasporti" che venne ricoperta da Camillo De Gregorio, un allievo di Rubino ordinario di Macchine, e poi la cattedra di Costruzioni stradali e ferroviarie ricoperta a fine anni '50 da Giuseppe Tesoriere che fonderà nella nostra Facoltà una scuola presto competitiva a quella di Milano, ove operava Jelmoni, il progettista dell'autostrada de Sole, e a quella stessa di Napoli in cui caposcuola di livello nazionale fu Tocchetti. Ai primi tempi della Scuola di applicazione nozioni sulle strade facevano modesta parte di quegli insegnamenti di ingegneria civile, che



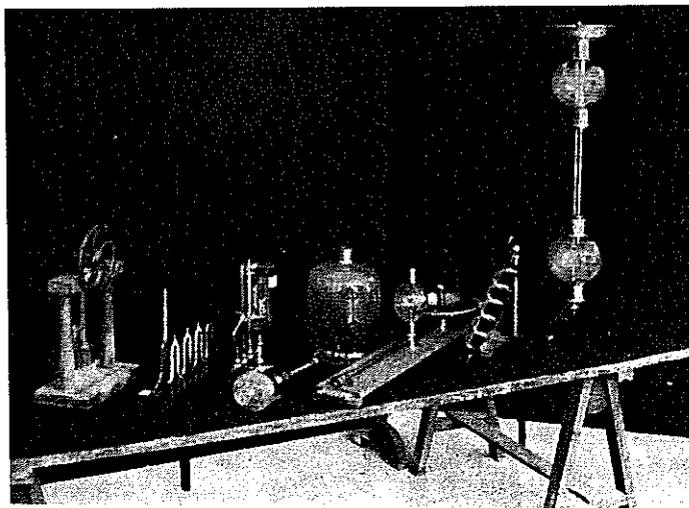
La Targa Florio, un evento sportivo e tecnico

risentivano del poco interesse rivolto alle “trazzere” dal governo dei Borboni, il quale invece fu sensibile all'avvento delle ferrovie e notoriamente realizzò per prima nel nostro paese la tratta Napoli-Portici. Sta di fatto che si formò un nucleo di ingegneri ferroviari agguerriti nelle nozioni di base e nella pratica esecuzione delle strutture, e a Palermo nel dopoguerra iniziatore degli insegnamenti del settore, e quindi maestro di Tesoriere, fu l'ing. Lorenzo Caracciolo, il cui figlio Eduardo sarà un precursore della Urbanistica e un attivo collaboratore nei passi di avvio della ricostituita Facoltà di Architettura.

L'IDRAULICA DAGLI ALBORI DEL '700 FINO AI GIORNI D'OGGI

Tante informazioni sono state già date a proposito della ingegneria edile e di quella stradale, e riguardo alla idraulica e alla sua lunga storia molto di più si trova nelle pubblicazioni citate in bibliografia: le più antiche sono comprese nel noto libro del tecnico romano Frontino. In questo sommario basta quindi già ricordare che primo insegnante a Palermo fu Venanzio Marvuglia, in quel corso teorico-pratico già indicato, che egli continuava a tenere allorché nel 1805 la Reale Accademia fu elevata al rango di Università. E far notare che per i regolamenti del 1841 gli argomenti furono suddivisi in due corsi: l'idrostatica e idrodinamica era svolta fra le Scienze Fisiche e Matematiche dell'Università, l'idraulica *tout court* presso il Collegio di Belle Arti, che invero dipendeva pure dall'Università: fra le questioni applicative erano compresi i giochi d'acqua, i getti e le fontane ornamentali. Problemi di idraulica trattavano pure sia la Scuola di Applicazione di Ponti e Strade, certamente fino al 1850, sia la Scuola dei Capofontanieri, entrambe abolite con il decreto di Garibaldi. Ma nella nuova Scuola di Applicazione per Ingegneri ed Architetti, la idraulica, materia fondamentale, cominciò ad insegnarsi a partire dal 1866, in articolati corsi che andavano formandosi coniugando la conoscenza dottrinale tratta da discipline più basilari con le nozioni operative di ingegneria civile, volte all'obiettivo comune di sfruttare le risorse naturali e di tutelare il territorio. Così si susseguirono insegnamenti, anche modulari, denominati: Meccanica applicata e idraulica, Idraulica teorico-pratica, Motori idraulici e idraulica agricola, Costruzioni civili stradali ed idraulici, Idraulica e costruzioni fluviali, Bonifiche, Idraulica marittima.

L'Istituto di Idraulica si costituì nel 1880 con un solo ambiente dello stabile di Via Maqueda a cui sarà annesso un delizioso cortiletto per ospitare rudimentali esperienze, eseguite dal Prof. Michele Capitò che poteva disporre di un solo assistente: riguardavano l'efflusso da tubi addizionali esterni divergenti con cui allora si distribuivano e si misuravano i corpi idrici per l'alimentazione urbana



Gli apparecchi della scuola dei Capofontanieri

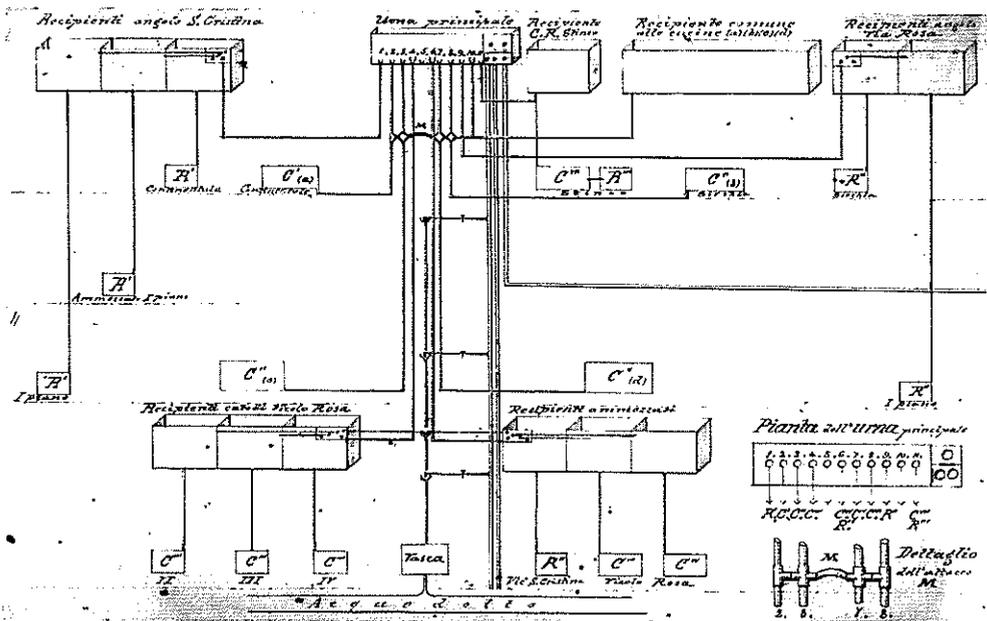
potabile e per la irrigazione dei campi. Esperienze più sistematiche continuarono nel giardino della villa Giulia appartenente al Comune. Le unità di misura delle portate idriche allora in uso sono molto antiche, introdotte addirittura dagli arabi, e furono fra le più resistenti alla adozione del sistema metrico decimale che a metà ottocento costituì la preferenza del criterio francese su quello inglese. Nel vecchio centro storico di Palermo sorgevano singolari costruzioni - alcune danno ancora una buona testimonianza, ad esempio su corso Tukory, o in Piazza Ziino -, alte dai 10 ai 20 metri, dette "torri" (o castelletti), aventi in sommità una vaschetta, adibite alla distribuzione agli utenti dell'acqua potabile. Erano vere e proprie piccole centrali a servizio di smistamento ed anche di misura dell'acqua addotta dalle sorgenti che costellavano la periferia di Palermo. La scala delle unità di misura procedeva per multipli di quattro (quindi derivava dallo storico sistema in base 12), per cui la zappa (del Sento, pari a circa 17 l/s) equivaleva a 4 darbi, 16 aquile, 64 denari, 256 penne.

Alla morte di Michele Capitò, appena dopo il terremoto di Messina del 1908, si tenta la chiamata di Giacomo Torricelli, straordinario a Bologna, che pose delle assicurazioni sulla possibilità di fare ricerca scientifica: è nominato nel 1910, ma rinunzierà a venire a Palermo. Ove i corsi saranno sostenuti da Michele Greco, privato docente di Meccanica applicata alle costruzioni, e dall'assistente Beniamino Pagano; viene poi conferito un "comando" a E. Fischer aiuto di Masone a Napoli, finché profittando di un concorso bandito da Roma, a partire dal 1925 Donato Spataro è il titolare di Idraulica a Palermo, sviluppa l'Istituto, impianta un laboratorio sperimentale sulle sponde cittadine dell'Oreto. Con la sua cessazione dal

servizio, non va a buon fine la chiamata di Ettore Scimemi, che si era laureato a Palermo, ma preferisce continuare a insegnare Idraulica a Padova (con il docente di Costruzioni Idrauliche Francesco Marzolo, sarà il *leader* della prestigiosa scuola di Padova). Palermo allora conferisce l'incarico della materia base a G. Battista Santangelo, un estroso ingegnere civile palermitano tanto preparato quanto disordinato, rientrato a Palermo dopo una onorabile attività professionale in Lombardia purtroppo conclusasi con il famoso disastro della diga di Gleno avvenuta per incurie della ditta appaltante. Nel 1934, quella che ormai diviene la Facoltà di ingegneria bandisce un concorso di Costruzioni Idrauliche, e chiama Corrado Ruggero, della scuola padovana, che riorganizza l'Istituto, ne ottiene il progetto per la sede di Corso Tukory e l'inizio della costruzione, finché l'inferire dei bombardamenti lo spinge a trasferirsi nell'Università di Pisa.

L'Istituto di Palermo, nella sede ancora in costruzione, è affidato a Santangelo per la *Idraulica*, con l'assistente Francesco Alessi, e per le *Costruzioni Idrauliche* all'altro assistente di ruolo Natale Pizzolo, mentre un terzo insegnamento, di *Impianti speciali idraulici*, che tratta argomenti orientati verso l'idraulica applicata all'agricoltura è riservata agli allievi civili-idraulici, ed è svolta in buon parte dall'ingegnere Margiotta esperto professionista.

Nell'immediato dopoguerra la Facoltà ritenne di superare le ataviche peripezie dell'Istituto di Idraulica già nell'affidarne la Direzione ad un professore di



Schema idraulico di distribuzione idrica in un edificio

ruolo, anzi proprio al severo Prof. Sellerio, ex preside, prestigioso ordinario di Fisica tecnica, materia affine. Mentre cercava di completare l'edificio di Corso Tukory finalmente con gli impianti fissi in un laboratorio sperimentale al coperto, la Facoltà di Palermo bandisce un primo concorso di Idraulica, vinto dal Prof. Michele Viparelli, un allievo di Nebbia e quindi della scuola di Napoli, che resta a Palermo solo per l'anno 1954-55, e riuscirà a chiamare il fratello Carlo all'incarico di Idrologia: a lui è dovuta la iniziazione delle ricerche sperimentali per conto terzi su modelli fisici in laboratorio, nonché la particolare predilezione verso la idrologia che inizialmente informerà la ricerca scientifica palermitana, e quindi la scuola di Catania quando vi si istituirà la Facoltà di ingegneria e vi si trasferirà Emanuele Guggino, a Palermo un assistente volontario. Un secondo concorso subito bandito pure da Palermo trova vincitore Andrea Russo Spena, che viene chiamato a coprire la cattedra di Idraulica, dal 1956-57: si rinsaldano quindi i rapporti culturali fra Napoli e Palermo, si avvia il trasferimento dell'Istituto da Corso Tukory al primo 'dente' dell'edificio principale "a pettine" della nuova sede di Parco d'Orleans nel frattempo acquistato dall'Ateneo, ove ha luogo il VII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni idrauliche, si impianta il "Centro Geotecnico della Sicilia" con Ruggero Jappelli docente della materia, anch'essa introdotta in Italia - come la Ingegneria Sanitaria - dal Caposcuola di Costruzioni idrauliche a Napoli, Girolamo Ippolito, che aiuta Palermo anche quale Presidente della 'Società Generale Elettrica della Sicilia'.

Nel 1962 Guglielmo Benfratello, il figlio di Salvatore, laureatosi a Palermo, che per 11 anni ha percorso la sua carriera quale assistente di De Marchi, altro caposcuola di idraulica, nel Politecnico di Milano, risulta secondo ternato nel concorso bandito da Genova per il pensionamento di Lelli, e viene chiamato da Palermo alla cattedra di 'Impianti Speciali Idraulici' ad Ingegneria, e in Facoltà di Agraria a coprire per incarico l'insegnamento di Idraulica Agraria, per qualche anno già svolto a Piacenza, sede decentrata della Università cattolica di Milano. Nel 1964, approfittando delle prime cattedre "di raddoppio" assegnate dal Ministero per gli insegnamenti più affollati, Russo Spena rientrerà a Napoli, sua ambita aspirazione. Benfratello si dedicherà all'insegnamento e alla ricerca anche con lo spirito di restituire a Palermo i privilegi che gli avevano consentito di prepararsi a Milano con un maestro quale De Marchi. Impianterà al Parco d'Orleans la prima stazione di misura dei parametri di meteorologia mirati alla idraulica agraria. Potenzierà il grande laboratorio di idraulica già intitolato a Ettore Scimemi morto prematuramente, e gli darà una particolare vocazione ad affrontare la verifica su modelli fisici dei tanti dispositivi implicati nelle importanti opere idrauliche che per un quindicennio almeno furono finanziate nell'isola dalla Cassa per il mezzogiorno. Cercò di adattare il proficuo rapporto che a Milano aveva provato

fra Politecnico e ambiente imprenditoriale lombardo, alla situazione diversa di Palermo, in cui l'Istituto e il laboratorio di Palermo erano in formazione e molto carenti in Sicilia le istituzioni tecnico-culturali *a latere* della Università, convinto che non era produttivo potenziare l'uno senza contribuire come possibile a far crescere le altre. Certamente molto l'aiutò la partecipazione nel Provveditorato alle Opere Pubbliche della Sicilia, organo periferico dell'analogo Ministero, in cui, almeno fino ai decentramenti attuati con l'Ente Regione, si esaminarono tutti i progetti di interventi pubblici siciliani. L'Istituto quindi manteneva un contatto con gli ingegneri dirigenti gli uffici del Genio Civile delle nove province siciliane, nonché con i progettisti a cui si chiedevano chiarimenti e integrazioni prima di approvare i loro elaborati, progettisti sempre più appartenenti a studi professionali siciliani, man mano che gli ingegneri laureati a Palermo diventavano competitivi con quelli nazionali. Questo sforzo strategico diede risultati stabili, di cui basta esemplificare la coraggiosa iniziativa di provare su modello fisico e matematico la nuova sistemazione idraulica della rete idrografica del Simeto nella Piana di Catania, e la risposta che da professionisti, imprenditori, funzionari l'Istituto ottenne quando nel 1980, centenario della sua fondazione, il tradizionale Convegno nazionale di Idraulica tornò a Palermo per la sua XVII edizione. Lo stesso criterio, che la promozione di una istituzione singola e locale non ottiene i risultati consoni agli sforzi fatti e agli obiettivi auspicati, finché non cresce pure, con i fatali *gap*, l'istituzione più ampia in cui essa è inserita, portò Benfratello a 'trascurare' l'Istituto di Idraulica quando divenne Preside della Facoltà e Prorettore dell'Ateneo, ad accettare la partecipazione al CUN, agli studi sul ponte sullo Stretto di Messina, alla riconversione dell'Enea, alla nuova impostazione della Protezione civile, alla Unione Accademica Nazionale, a Commissioni nel Rotary a livello distrettuale: furono tutte delle "distrazioni" controllate che tuttavia avvantaggiarono indirettamente l'Istituto di Idraulica a cui ogni acquisizione veniva trasferita. La direzione, finito il Convegno del 1980, fu trasmessa al Prof. Curto, il primo dei sette allievi andati in cattedra, nel conto comprendendo sia il Prof. Melisenda dedicatosi alla Facoltà di Agraria e da lì giunto fino alla carica di Rettore dell'Ateneo, sia il Prof. Zampaglione che invece preferì trasferirsi proprio al Politecnico di Milano. Se questa lievitazione culturale non avesse interessato la intera massa, Benfratello non avrebbe potuto partecipare, sia pure sporadicamente, ad attività progettuali di non comune livello, quali il disinquinamento del golfo di Palermo o un manufatto atipico per lo sbocco fognario nel porto industriale, in cui sperimentò i vantaggi collettivi di un coinvolgimento di professionalità ormai raggiunte all'Interno dell'Istituto e nella compagine tecnica cittadina già consolidatasi *a latere* di esso. È pure da segnalare che la credibilità dell'Istituto ha inciso in tale compagine con la leva principale formata dall'impegno didattico dei

docenti e dalla fiducia che esso desta nelle masse studentesche che ogni anno si rinnovano.

Naturalmente sono sopravvenute tutte quelle evoluzioni che hanno portato agli ampliamenti negli orizzonti culturali imposti dalle questioni ambientali, allo stesso viraggio nella concezione delle Costruzioni Idrauliche, ed oggi il Direttore del Dipartimento è il Prof. La Loggia della terza generazione, mentre è imminente un altro ritorno del Convegno Nazionale a Palermo, per la sua XXXII edizione.

APPENDICE I

OSSERVAZIONI ALLA FINE DELLE LEZIONI DEL PRIMO MODULO

Nel terminare questa primo modulo del Corso, e nel consegnarlo ai moduli successivi affidati al Prof. Alberti e al Prof. Di Maio non è il caso, né di tentare considerazioni riassuntive né di trarre proprio delle conclusioni.

Ma per il modo stesso con cui mi è venuto spontaneo intrecciare notizie storiche con ricordi e con giudizi personali, merita tentare ora uno schematico collegamento di alcuni punti già considerati: li riesumo solo per sottolinearli e per darne una spiegazione spero più efficace.

Anzitutto vorrei osservare che l'insegnamento dell'ingegneria ebbe inizio con i caratteri formali di una "Scuola", e continua a mantenerne anche ai nostri giorni i caratteri sostanziali, che anzi non sembrano infirmare le più plausibili proiezioni sul futuro. Alle origini, in Francia le migliori organizzazioni degli studi di tecnica operativa, come quella militare di Mezière, o des Mines, o de Point et Chaussées, meritavano la qualifica di Écoles; ed École polytechnique Monge chiamò presto la sua creatura, che alla lunga è stata ovunque la più imitata e quella davvero vincente, rispetto alla scuola di Laplace, che tuttavia ebbe il pregio di essersi molto battuto perché l'ingegnere avesse una robusta base culturale propedeutica.

Ebbene, carattere essenziale di tale scuola è proprio quello di allenare gli allievi ad un atteggiamento professionale tipico: l'ingegnere è un tecnico che deve risolvere i problemi a lui sottoposti, e lo deve fare al meglio delle capacità di cui è dotato, ma non da praticone, bensì con una cultura tecnica specifica sostenuta dalla padronanza di una larga preparazione fisico-matematica, che anzi egli deve continuamente allargare e approfondire selettivamente, perché in futuro sempre più agguerrita possa essere la sua risposta operativa. Per questo atteggiamento concreto, competente e fattivo l'ingegnere verrà sempre di più chiamato ad occupare posizioni manageriali che sembrano sconfinare dal suo tirocinio accademico.

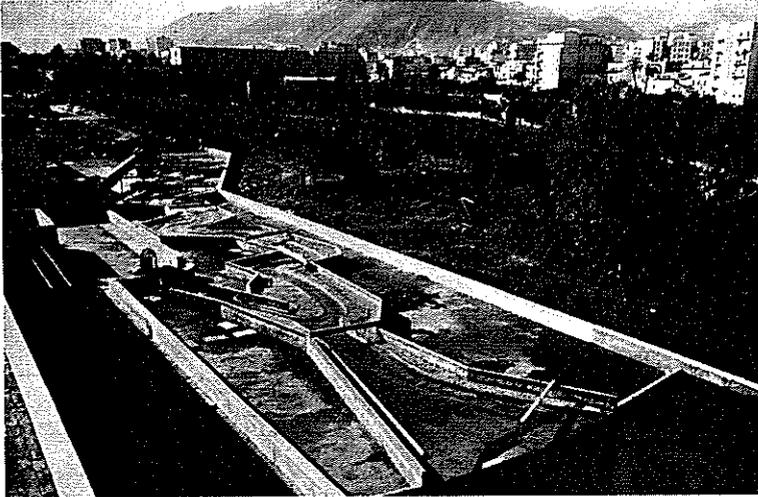
Ciò significa che la struttura formativa deve avere una ossatura primaria co-

mune, integrata quindi da una propria di ciascun settore specifico, che può essere appena differenziata con l'inserimento, in ogni curriculum personale, di qualche disciplina opzionale, ammesso che la sede universitaria abbia la consistenza di rispondere al gusto di ogni studente con una articolata offerta didattica. Ne consegue che, pur nell'ovvia libertà individuale di frequentare l'insegnamento consueto in aula, ora piuttosto chiamata didattica "frontale", lo studente ha nei fatti la convenienza ad esservi assiduo, specialmente dopo la introduzione dei corsi "intensivi", perché egli possa seguire proficuamente il ritmo serrato dei concetti introdotti e meglio cogliere il loro continuo collegamento logico; tanto più che deve mantenersi adeguato a svolgere le esercitazioni applicative, sulle cui caratteristiche ed esigenze verrò ora ad esprimermi meglio. Anche per l'insegnante l'impegno ha quindi una continuità operativa che non trova pari rispondenza nelle facoltà universitarie ove si approfondiscano temi monografici, il cui filo conduttore conta di più sulla preparazione dottrinale già appresa nelle scuole medie. Infatti deve essere attenzione del docente di ingegneria il dosare nelle sue lezioni il progresso concettuale e di saperne approfittare per correggere ciò in cui non fosse stato chiaro, avvertibile proprio dalla implicita risposta espressiva degli studenti nell'incontro frontale e da loro richieste esplicitamente avanzate nelle ore dedicate al ricevimento dei discenti, della cui opportunità è quindi anche il docente ad avvantaggiarsi: ne migliorerà la qualità della comunicazione, pure nelle discipline fondamentali che ogni anno devono ripetersi nel loro contenuto primario. Pertanto per la ingegneria la lezione in aula affiatà gli stessi discenti ed è motivo di una loro diretta conoscenza da parte del docente, legami che hanno proprio i caratteri della pedagogia classica.

La nostra Scuola, fin dai suoi primordi, usa il disegno quale strumento sostanziale, anzi in una più ampia accezione e con molteplici requisiti: a Palermo una prestigiosa tradizione di insegnanti di disegno rimonta a quelli licenziati dalla Accademia di belle arti, quando essa non poté più laureare gli architetti appunto per l'avvento della Scuola di applicazione fondata da Garibaldi.

Anzitutto il disegno è una applicazione della geometria descrittiva, che notoriamente permette di interpretare, con la mente, ogni spazio per netta composizione di elementi geometrici elementari: uno spigolo è concepito quale intersezione di due piani, la simmetria una rotazione sovrapponibile, una sagoma l'ombra intercettata su un terreno, il punto l'incontro di due segmenti, e così via.

Questa visione dello spazio, tipica dell'ingegnere, molto gli serve già nella fase di concezione del manufatto progettuale, e gli consente di proporla la rappresentazione su un supporto bidimensionale, di solito cartaceo e oggi anche su display elettronico, per agevolare ogni ulteriore elaborazione e proprio per fornire il documento all'esecuzione costruttiva. Il disegno a mano invero dà quel tempo che è necessario perché la stessa sua impegnativa stesura vada aiutando il proget-



Modello fisico degli ultimi 30 km del fiume Simeto

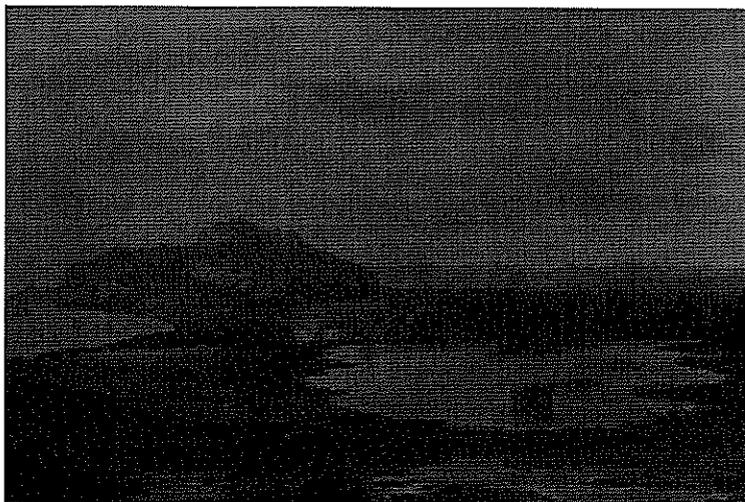
tista nel formarsi le idee proprio nell'esprimerle, e nel consentire le prime modifiche a ulteriore stimolo della sua creatività. Per contro il disegno automatico, ormai usuale, per la prontezza della risposta, poi gli può consentire sicure decisioni sugli effetti di alcune opzioni progettuali, o di precisare alcune dimensioni, azioni davvero faticose se non proprio proibitive, quando erano anch'esse rimesse alle iterazioni del disegno manuale; come ho ricordato per la scultura bronzea in sommità della cupola del Teatro Massimo, da commisurare in dipendenza del possibile punto di vista di un cittadino.

Il disegno rientra pure nella più ampia proposizione che l'ingegnere non può esimersi dal risolvere un problema affidatogli, tutte le volte che appunto con il calcolo grafico egli ha potuto ottenere valutazioni numeriche altrimenti di difficoltà sproporzionate alla approssimazione ordinariamente accettata dalle operazioni di ingegneria: lo ho già ricordato per la valutazione dei diagrammi delle aree o dei volumi nei movimenti di terra nelle costruzioni stradali.

Inoltre il disegno è pure un mezzo *sui generis* di quella espressiva rappresentazione di un relazione funzionale rimessa al geniale riferimento degli assi cartesiani.

Aggiungo altri due richiami, quello che in occasione delle attività sperimentali 'per conto terzi' ho accennato per il laboratorio di idraulica, e quello che vuol sostenere un più profondo ruolo del calcolo numerico.

Abbiamo già commentato che, nella progettazione di opere di costruzioni idrauliche, ogni infrastruttura può bensì rifarsi a situazioni analoghe, ma sostanzialmente ha gli aspetti di un prototipo anche nella sua tipologia qualitativa, nelle tante volte che a priori non può essere sicuramente calcolata la interazione di una corrente a



La palude di Mondello alla fine dell'800. *Sempre, proprio benigna è la natura...*

pelo libero con la canalizzazione, che deve convogliarla in modo soddisfacente ad una voluta funzione e che deve trovare un ultimo recapito naturale. La progettazione deve allora essere verificata su una riproduzione a piccola scala, cioè su un modello fisico che in laboratorio può essere agevolmente sottoposto a tutte le misure necessarie con più semplici strumenti sperimentali: in modo che esse siano poi riportate sul prototipo in progetto tenendo conto delle scale delle grandezze fisiche che in similitudine corrispondono alla scala di riproduzione geometrica. Un tale sussidio sperimentale è sempre più richiesto per le frequenti infrastrutture che, se pur sono volte ad un obbiettivo tradizionale, quale ad esempio il dimensionamento di una soglia di sfioro, o l'assetto di una vasca di dissipazione al termine di uno scarico, pur devono tener conto delle condizioni del terreno e più in generale dell'ambiente in cui sono inserite: esse implicano sempre dei caratteri specifici tanto determinanti quanto peculiari. Tale collaborazione, fra il mondo professionale e quello universitario, tranquillizza il progettista prima di licenziare il suo progetto, lo va arricchendo di informazioni che lo rendono sempre di più esperto e sensibile alle più varie congiunture; mentre dà spunto ai ricercatori universitari di studiare situazioni che hanno il pregio della concretezza nell'essere un caso realmente presentatosi; inoltre consente al laboratorio di accrescere la dotazione dei suoi primari strumenti di lavoro. Spesso la 'originalità' del modello sottoposto a prova ha dato spunto ad una vera ricerca scientifica, cioè a istruttivi risultati di valore oggettivabile. Una situazione analoga, quella di verificare una particolare infrastruttura da inserire in un peculiare ambito territoriale, da qualche tempo ormai può essere soddisfatta pure mediante la stesura di un *modello matematico*; ove però non si è mai del tutto sicuri di



...e davvero dannoso è l'intervento dell'uomo? Il lido di Mondello, oggi

aver messo nel dovuto conto anche le più subdoli interferenze fra il manufatto e la natura del territorio, mentre per contro la facilità di cambiare valori delle quantità intervenute nella formulazione matematica di solito è meno impegnativa della gravosità di apportare nel modello fisico quelle modificazioni materiali suggerite proprio dall'esito delle prove sperimentali.

Introduco l'altra questione con lo scherzo dello slogan che l'ingegnere è quel professionista che lungo tutta la sua prestazione *dà... i numeri!* Invero numeri sono i dati del problema che egli affronta, numeri i parametri delle dimensioni del progetto con cui egli risolve quel problema, numeri le quotazioni di disegni e le valutazioni dei costi con cui il progetto va tradotto e predisposto per la esecuzione dell'opera, numeri sono i risultati di ogni saggio per il suo collaudo.

Ma non è per niente altrettanto evidente, né invero tanto facile a spiegare quanto sicuro a constatare, un altro ruolo del numero, che mi appare dai connotati quasi magici. Mi riferisco alla prerogativa per cui, per quanto possa essere stato spiegato chiaramente e ritenuto ben appreso un concetto fisico, sempre insidioso anche il più elementare, di esso si ha piena consapevolezza solo nell'atto in cui la sua traduzione matematica in termini letterali si spinga a valutazioni numeriche. Non tanto per la ovvia ragione che esse danno la sensibilità all'ordine di grandezza in concreto pertinente alle varie grandezze che intervengono nella questione in esame, né soltanto al fatto pacifico che la traduzione numerica di una espressione matematica è il più sicuro indice della abilità di chi fa i conteggi, nonché la più intransigente spia degli errori materiali di calcolo, sempre in agguato, e quindi proprio un *test* della stessa esattezza della formula usata. Intendo invece

sottolineare il ruolo, tanto vero quanto misterioso, per cui proprio il numero in sé, ottenuto nella minuziosa elaborazione dei calcoli e nella frequente correzione degli errori spesso commessi, è un occulto maestro che collabora con l'insegnante palese, nell'integrare e nell'imprimere la spiegazione di un concetto.

Se si conviene su questa tesi si trova un'altra ragione del perché nelle Scuole di ingegneria si è sempre pretesa la frequenza alle esercitazioni numeriche, peraltro strutturate a riprodurre per parti proprio l'iter, i caratteri e le esigenze dei tanti argomenti oggetti della prestazione dell'ingegnere.

Infine, per completare le definizioni poste all'inizio, tale prestazione in sé è pertinente a mettere in grado di progettare, di costruire e di gestire opere e manufatti che non esistono tal quali in natura, ma la imitano e ne sfruttano le prerogative (cfr. Appendice II). Quali esempi, il lavoro tratto da una caldaia a vapore o trasmesso dall'asse di una turbina idraulica sono mezzi artificiali con cui il tecnico mette a disposizione dell'uomo civile l'energia insita nell'universo e in esso diffusa, mentre l'aeroplano è un dispositivo che consente all'uomo di spostarsi nell'atmosfera imitando l'obiettivo dei volatili e certi loro atteggiamenti ma non proprio il battere delle ali. Allora, gli ingegneri preposti ad intervenire sul territorio, e li abbiamo meglio riconosciuti nei civili stradali ed idraulici, e negli edili per le problematiche dell'urbanistica, devono conoscere a fondo le caratteristiche insite alla natura coinvolta, che sono sue proprie e diversificate quasi al limite delle peculiarità di un organismo vivente, affinché l'azione artificiale dell'uomo non le stravolga, peraltro inutilmente perché la natura inopinatamente conculcata di certo si vendica con una reazione di ripristino che alla lunga ha sempre la meglio. Un attento studio preliminare della natura deve proprio premettere e condizionare anche ogni intervento necessario a migliorarla nelle tante congiunture in cui essa davvero non è benigna alla fruizione degli uomini e degli stessi animali, sicché l'ingegnere deve allora raggiungere i suoi obiettivi di bonifica con i mezzi che correggono la natura e siano sagaci proprio nell'assecondare, pur disciplinandole decisamente, le sue intrinseche e peculiari tendenze.

A questo punto merita ricordare, infine, i reciproci rapporti fra ingegneri e naturalisti. Da un lato questi presero, qualche decennio fa, una posizione estremista e intransigente, secondo cui la natura è sempre benigna e sono stati sempre gli interventi dell'uomo a rovinarla già nell'immagine, posizione preconcepita che nei fatti ha arrischiato la paralisi di ogni inserimento nel territorio di nuove e pur necessarie infrastrutture. D'altra parte i tecnici in un territorio preposti alla difesa, alla fruizione e alla gestione hanno contestato che di già il messaggio paesaggistico naturale in sé è inespressivo, perché, ammesso che sia ritenuto gradevole quello invero improbo di una impervia palude, per essere goduto dall'uomo il territorio deve poterlo ospitare; mentre non si può mettere sullo stesso piano nel creato

l'uomo, che ne è al vertice, e il plasmodio della malaria, che è parassita di un insetto; e non è sensato che per tema di sciuparle le risorse naturali non siano poste a servizio, di certo 'assennato', dello sviluppo socioeconomico della umanità.

Tuttavia l'aspra dialettica, faticosamente e non del tutto recuperata dalla riscossa del buon senso, ha già portato ad importanti avanzamenti culturali. Per i quali ormai è pacifico che la progettazione di rilevanti infrastrutture nel territorio vada fatta solo in un approccio inter-disciplinare, perché altri tecnici avanzino agli ingegneri specifiche attenzioni su alcuni aspetti dell'ambiente naturale, sia per il suo razionale uso sia per la sua stabile tutela. Ciò non deve implicare contraddanze di ruoli culturali che solo porterebbero ciascun tecnico e far male ciò che l'esperto più pertinente può invece fare bene; ma significa ricomporre il problema intrinseco, già artificiosamente visto da singole angolazioni di parte, in uno studio globale istruttivo e convincente. Sicché l'atto progettuale resta nella responsabilità del tecnico più pertinente che abbia acquisito però competenze multi-professionali prima sconosciute o disattese, possibilmente generalizzabili per analoghe occasioni future.

Abbiamo pure riconosciuto che si è intanto aperto un nuovo strumento operativo, siglato V.I.A, che dai tempi dei primi studi di fattibilità per l'attraversamento dello Stretto di Messina ha già raggiunto notevoli sviluppi: la verifica qualitativa a posteriori è stata promossa ad una quantificata metodologia progettuale sia pure in codificazione.

Con queste riflessioni, lascio l'impegno sul profilo storico degli studi di ingegneria civile calati nella realtà palermitana e inquadrati nelle vicende universitarie. Riconoscendo che la didattica degli ingegneri ha mantenuto certe connotazioni essenziali, non è stata molto scossa dal suo assorbimento fra le facoltà di un Ateneo universitario, né ha tanto risentito delle tumultuose transizioni che hanno travagliato gli ordinamenti universitari europei del secondo dopoguerra. Mentre è divenuta più sensibile a più ampliati concetti e ad aperture culturali che già potenziano la sua intrinseca professione, anzi la hanno meglio predisposta a compiti manageriali non meno importanti lo sviluppo sociale ed economico di ogni paese, pur implicato ormai nell'era della globalità.

APPENDICE II

IL RENDICONTO DI UN CONVEGNO

A conclusione del modulo a me affidato, non esito nel metodo a riconoscere questo corso proprio in fase di una prima "sperimentazione", e nel merito a definirlo un racconto di come si è evoluta una cultura tecnica esposto attraverso il

come essa si è insegnata; forse in inconscia coerenza alla formula tipicamente dei paesi latini di insegnare ricercando e di ricercare per trasmettere.

Proprio perché tale modulo tratta la impostazione generale di quel racconto, mi è sembrato utile scrivere questa Appendice II per raccogliere delle riflessioni che ho tratto nella partecipazione ad un Convegno nazionale del 1989. Nello sfondo esso intendeva sostenere che la storia del passato spinta fino ai giorni d'oggi non può esaurire il suo valore istruttivo se non è integrata con le prospettive del futuro, ipotizzate per attendibili proprio in base alla storia stessa, ma prevedibili solo per un periodo a termine molto breve: data la crescente accelerazione: non sembra esagerato dire che ai racconti dei 150 anni del nostro passato di ingegneria non corrispondono proiezioni che valgano oltre i prossimi 15 anni.

Subito queste stesse motivazioni di fondo posero il concetto che se per il passato non era stato possibile approfondire nel quantitativo oltre un certo limite, per il futuro sarà già dubbioso addirittura sfiorare valutazioni anche solo qualitative.

Il Convegno si attuò quindi nel bicentenario della 'rivoluzione' di Monge, con il titolo *La ingegneria quale scienza dello artificiale*, si distinse perché i relatori e i protagonisti erano anche non ingegneri, e intendeva affrontare sia definizioni filosofiche sia indicazioni operative-professionali. Pertanto si recupera il sostantivo "scienza", e quello "artificiale" per evidenziare che l'ingegnere realizza quello che in natura non c'è proprio come tale ma della natura è da lui imitato finalizzandone alcune prerogative a certe funzioni volte al benessere dell'uomo; non al *benavere* soltanto, ma mirate ad una sua promozione integrale, e sociale cioè coinvolgente la promozione della collettività. Tale concetto filosofico è inteso molto più dinamico e interattivo di prima, cioè deve evolversi e perfezionarsi proprio nell'adattarsi ai tempi e ai contesti emergenti pur contribuendo dall'interno al loro svolgimento, e vuol sostenere che le transizioni si gestiscono più difficilmente delle emergenze.

Il Convegno si svolse alla "Accademia Nazionale dei Lincei" con la collaborazione del CNR. Certamente fra le più prestigiose accademie italiane, che sorsero anche prima dell'illuminismo, fu ribattezzata 'Accademia d'Italia' dal regime fascista che intendeva accentrare e controllare da Roma le istituzioni più incidenti su ogni aspetto della vita del Paese, ed accentuò allora i suoi caratteri di ricerca del sapere di base umanistica, mentre la già citata "Accademia di San Luca" continuava a primeggiare nel sapere artistico, e la "Accademia di Santa Cecilia" in quello musicale. Apparve quindi la necessità di fondare *un pendent* in campo della ricerca 'scientifica', come aveva già fatto la Francia, e a Roma sorse così il "Consiglio Nazionale delle Ricerche" con una sottintesa preferenza verso le applicazioni scientifico-tecniche, di cui presidente fu il premio Nobel Guglielmo Marconi. Nel tempo i Lincei e il CNR, afferenti al Ministero 'della pubblica istruzione', nella parentesi del Fascismo denominato 'della educazione nazionale', attutirono sem-

pre di più le loro differenti preferenze culturali, ma il CNR ebbe fondi più cospicui che consentirono non solo a Roma la istituzione di suoi propri 'Istituti' periferici o di suoi 'Centri operanti all'interno di una Facoltà universitaria: quando i bilanci degli Atenei si polverizzarono per la svalutazione monetaria nelle rovine dell'immediato secondo dopoguerra, fu proprio il CNR a finanziare tante indagini scientifiche nelle Università che la traghettarono alla ripresa degli anni sessanta. Poi la istituzione del "Ministero dei beni culturali", molto articolato con un congruo bilancio, promosse i tanti patrimoni del sapere diffusi nell'Italia intera.

Il CNR ha operato per Comitati di settore (di Scienze, di Agraria, di Biologia e Medicina, etc...) e per quel Convegno si era appena istituito, presieduto da Biorci elettronico al Politecnico di Milano, un decimo, il 'Comitato di scienze della Ingegneria e Architettura', riunificando quindi nella ricerca gli artefici dei costruttori civili per antonomasia. Ma in tale accorpamento formale non pochi riconoscemmo, compiaciuti, il messaggio concettuale di superare per il futuro, almeno a partire dalla attività di ricerca scientifica, quelle storture culturali e quelle controproducenti concorrenze professionali, di fatto prevalse con la separazione didattica in due distinte facoltà, rispetto alle aperture di nuovi spazi culturali che avevano originariamente giustificata la separazione stessa. Ricordo che questo pronostico si avvererà con l'accorpamento in "Classi" di Facoltà introdotto un quindicennio dopo.

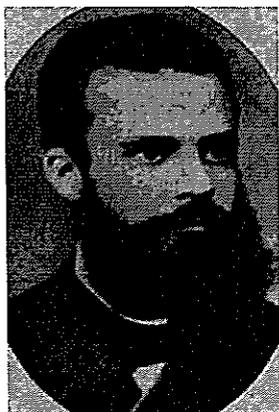
Fra le "novità" del Convegno è utile sottolineare che esso fu moderato da un giornalista, partecipanti numerosi e del livello di Giovannini o della La Sorella allora in auge nelle problematiche più in vista; che molteplice fu il ruolo svolto dalla presenza di Ruberti, un fautore della laurea in informatica che avrebbe rapidamente percorso tutti i gradini di impegno e di responsabilità di Preside della Facoltà di Ingegneria e di Rettore dell'Ateneo a Roma, di Ministro della Pubblica Istruzione e quindi di Ministro della Ricerca Scientifica e Tecnologica appena in Italia fu separato quel dicastero, e di Commissario nella Unione Europea; di Biorci che appunto portava il peso della tradizione e della influenza del Politecnico di Milano; di Vattimo con cui la filosofia sembrava riprendersi la funzione emersa ai tempi di Gentile; di Colombo che ereditava la figura di politico-manager della ricerca già assunto da Jader Jacobelli a lungo corrispondente a New York della Rai; di Cabibbo scienziato di spicco della fisica che per la non comune competenza sorresse la ENEA dopo la moratoria del Nucleare, allorché si riconvertiva verso le energie alternative e le risorse ambientali; di Donato portatore di nuove responsabilità richieste agli ingegneri da vecchie e da emergenti esigenze della salute pubblica; di Montanari sostenitore dei percorsi trasversali, non solo di tipo scientifico fra le facoltà, aperti dalla Informatica nella dottrina e nella operatività; di G. Maria Gros-Pietro con il cui prestigio la economia si candidava nel progresso culturale del Paese in una posizione emergente e preminente; di Giorgio

Bugliarello, ingegnere civile idraulico, partito da Padova solo da assistente e ormai Rettore della *New York University*, testimone delle diversità e monito che con imitazione indiscriminata non sempre è opportuno il trasferimento in un paese di istituzioni e di metodologie di certo risultati efficaci in un altro.

Non saprei più riferire i tentativi iniziali di concordare su una definizione della ingegneria più adeguata di quelle tradizionalmente accolte, ma ricordo che la questione andò sfumando, senza essere ufficialmente accantonata. Allorché al provocatorio assunto che l'atteggiamento professionale dell'ingegnere se non era già superato lo sarebbe stato in breve se non fosse riuscito presto a convertirsi, si contrappose un dettagliato esame dei programmi della Comunità Europea per il quadriennio 1987-91, dal quale risultò che per il 75% erano proprio gli ingegneri i destinatari delle iniziative ed i protagonisti delle azioni da svolgere; e in tal quadro generale la situazione italiana non evidenziava significative anomalie.

Erano i tempi in cui la commissione Alberti stava concludendo i suoi lavori, e un forte appoggio venne a darne in quella occasione l'intervento di Ruberti nel sostenere la suddivisione nei tre settori e a spiegare che il progetto e la gestione delle telecomunicazioni e della elaborazione delle informazioni è proprio un' "altra cosa" sia della ingegneria civile, che continuerà a realizzare le opere pubbliche e private, sia della ingegneria industriale che seguirà il suo iter iniziato con il viraggio dall'artigianato, e non è ancora esaurito con l'aprirsi della civiltà dei servizi, cioè con lo sviluppo del cosiddetto terziario. I giornalisti ne trassero un messaggio che proprio "quell'altra cosa" potesse essere la novità della ingegneria dell'informazione che avrebbe convertita l'ingegneria al suo interno e integrata con altre professionalità tecniche esterne: proprio perché si potesse conseguire quel benessere individuale e sociale, l'obiettivo definito nei lavori più filosofici del Convegno su cui invero non erano sorti dissensi concettuali. Ci fu chi disse che anche le colonne di fumo che si vedevano sollevare progressivamente da una torre di avvistamento alla prossima, nel circuito che costeggiava le nostre isole, in fondo erano delle rudimentali telecomunicazioni del medioevo mirate ad avvertire l'approccio dei pirati: per sostenere che oggi si cerca piuttosto il *come fare* a ricomporre un equilibrio che ai fatti si è rotto nello stereotipo sia dello scienziato sia del tecnologo. Altri ne trassero spunto per puntualizzare la potenza del mezzo *internet* e delle possibilità che esso offre per nuovi tipi di lavoro da poter svolgere a casa, con i suoi pregi ed i suoi difetti che non riguardano particolarmente gli ingegneri.

Riprendendo il tema delle difficoltà più forti nelle lunghe fasi di transizione che in quelle anche acute delle emergenze, si concordò sul messaggio che il ruolo degli ingegneri è insostituibile nei tre compiti primari: di applicare i ritrovati scientifici, di gestire le applicazioni (dove i consensi per l'ingegneria gestionale concepita intersettoriale, cioè intersecante i tre settori di studi), e di tradurre le idee in



Vilfredo Pareto



Antonio Ruberti

un prodotto (l'ingegnere deve saper fare, non potrà dire non lo posso fare ma deve ricorrere al meglio ai mezzi già disponibili o escogitarne lui stesso degli altri di migliori). Vattimo aggiungeva che ogni esperimento serve a vedere come stanno le circostanze e a tentare di capirle, ma non tanto per curiosità scientifica quanto per modificarle con saggezza, e ci fu chi intese al riguardo un messaggio verso gli ambientalisti che allora si imbattevano nella loro fase più aggressiva e intransigente. A proposito delle invocate integrazioni verso l'esterno, Colombo tentò una qualche sintesi più concreta nel sostenere che per tradurre le più diverse conoscenze in attività produttive non basta più il supporto culturale dell'ingegnere se egli non riesce a dialogare, e non solo con l'economista (Pareto era un ingegnere), ma pure con gli esperti dei materiali, con gli informatici, e così via, e anche con coloro che si occupano di scienze dell'uomo, con una iterdisciplnarietà che escluda fra i singoli competenti contraddanze esiziali e frustranti e si traduca invece in convergenti multiprofessionalità: altrimenti l'obiettivo del benessere sociale non si consegue o si avvia male. Richiamavano la mia mente le discussioni presso il Provveditorato della Sicilia a proposito delle sostituzioni dei paesi del Belice distrutti dal terremoto con nuclei urbani impiantati *ex novo* lontani e soprattutto di un tessuto viario e di standard edificatori tanto diversi dagli originali da indurre il rifiuto a trasferirvisi, pur dalle tende provvisorie, di coloro che in quegli assetti urbanistici definitivi non vedevano come ricomporre i rapporti umani a cui erano avvezzi e su cui avevano impostato una tradizionale convivenza, forse più misera ma di certo più appagante. Mentre sul tema della multiprofessionalità l'esperienza personale del progetto di disinquinamento del golfo di Palermo, affidatomi dalla Cassa per il Mezzogiorno, mi aveva già dato il messaggio che esso non si sarebbe potuto nemmeno pianificare se non avessi mobilitato una collaborazione larga e di ordine superiore a quella strettamente ingegneristica. Colombo nel ribadire che la attività

dell'ingegnere non può più essere un sistema chiuso, ma deve divenire un approccio interattivo con altre professioni, affermava che tuttavia l'ingegnere non deve perdere affatto la sua identità e che per meglio conoscerla deve studiare la sua "storia": questo altro messaggio avrà certamente invogliato ai corsi integrativi di storia della ingegneria come quello che in atto sperimentiamo a Palermo per la prima volta. I fisici segnalavano i motivi per cui non è semplice conoscere la loro storia successiva al periodo che da Galilei va a Newton, e ritenevano che nella ricerca scientifica non è sempre detto che la teoria riconduca meglio alla pratica, né che la pratica per essere efficace esiga il sostegno di una teoria a monte, in sostanza rivalutando il metodo sperimentale non astratto ma libero.

L'economista Gros-Pietro elegantemente voleva impostare un discorso più provocatorio che polemico, e di certo interlocutorio: non sembra facile all'economista conoscere le problematiche di ingegneria e per lui è impossibile insegnarle, né la tendenza è quella di accrescere il suo bagaglio culturale per questo obiettivo, perché l'ostacolo basilare è l'organizzazione mentale tipica dell'ingegnere, rispettabile e forse inimitabile. È invece possibile all'ingegnere conoscere i capisaldi dell'economia e insegnarne accessoriamente ai propri allievi certi aspetti operativi e dottrinali quali, ad esempio, il *marketing* o l'econometria. Ma a prescindere da questa dissimmetria culturale e didattica non si può parlare di integrazione, finché non convince tutti i protagonisti che se gli economisti devono entrare nella scatola nera degli ingegneri, questi devono uscirne per sensibilizzarsi ai problemi della società che saranno sempre più condizionati dalla economia in senso lato. Il discorso appariva diverso dalla questione dei vincoli, ormai sostanzialmente acquisito: cioè l'ingegneria realmente ha composto impostazioni dottrinali, raggiunto capacità e mezzi progettuali, dispone di attrezzature costruttive, con capacità di aggiornarsi per migliorare il prodotto a costi minori, ma la tentazione orgogliosa di 'poter far tutto' lo porterà a farlo male se non prefigge nelle sue opzioni professionali il rispetto dei tre vincoli inerenti alla gestione delle risorse: cioè le risorse economiche da impegnare, le risorse ambientali da tutelare e le risorse umane da valorizzare. E in proposito tornavo a ricordarmi gli insuccessi della ricostruzione nella valle del Belice e per contro una delle più inattese motivazioni a sostegno del Ponte sullo Stretto: il collegamento rapido fra due sponde dirimpette, da sempre reciprocamente poco conosciute benché distanti solo qualche chilometro, potrebbe formare una imponente e incantevole città anulare attraversata dal singolare braccio di mare, arricchita per le nuove reciproche conoscenze delle stimolanti diversità ataviche, pur da mantenere e valorizzare, e con una logistica selettiva che rispetti le realtà, come quella per il porto a Messina e l'aeroporto a Reggio Calabria, ovviamente inserendo razionalmente altri servizi urbanistici con le necessarie infrastrutture. Venne così a lanciarsi un altro messaggio: la sfida per il futuro non sarà

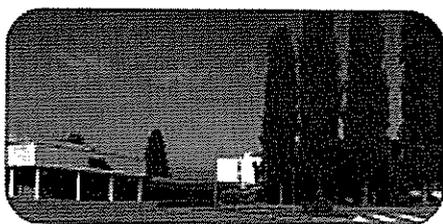
ranto quella di limitare i vincoli, né l'utopia di eliminarli, quanto quella di *ribaltare* i vincoli *in opportunità*, e in questo attraente obiettivo solo il concorso interdisciplinare e multiprofessionale può assicurare che la fantasia rispetti a sua volta il vincolo essenziale della concreta fattibilità. I medici trovarono spunto per una analogia: gli studi di Ingegneria, nel triennio di applicazione, stanno a quelli di Scienze, nel biennio propedeutico, come gli studi di Medicina stanno a quelli di Biologia, e così come gli ingegneri che operano in un territorio devono conoscerne la peculiare natura per assecondarla disciplinandola, così la patologia deve correggere selettivamente le deviazioni individuali dal comportamento fisiologico naturale. Qualche giornalista pose allora degli interrogativi che portarono meglio a spiegare i limiti e le specificità della ingegneria ambientale che non deve correre il rischio di perdere i connotati essenziali dell'approccio dell'ingegnere.

Per concludere, non sono in grado di ricordare altro perché sono trascorsi più dei quindici anni immaginati un limite per le attendibili previsioni, e tutti sono in grado di verificare se e come esse si siano attuate, almeno quale linea di tendenza. Allora non era proprio l'oggetto del convegno la radicale trasformazione della normativa dei concorsi per la docenza, né lo stravolgimento nella offerta didattica, con la eliminazione dei diplomi, la sventagliata delle lauree brevi o lunghe, i corsi *post lauream* che i governi nazionali hanno proposto se non del tutto imposto, in un susseguirsi convulso ed apparentemente con una sicumera che invero sembra tradire il riemergere di vecchie problematiche: affrontate con contraddizioni non solo fra le compagini del governo di opposte visioni politiche che si sono avvicinate, ma insite pure nelle ultime coalizioni che dispongono di una larga maggioranza. Certamente sufficiente per approvare, magari ponendo la fiducia in Parlamento o per decreti-legge, non sempre per esprimere le migliori aspirazioni emerse in un lungo passato, introducendo invece nell'ambiente italiano, al riguardo già impreparato, ciò che altrove è ormai rifiutato. Sono questioni che vanno affrontate e di difficile soluzione, specialmente se intervengono crisi economiche come quelle che caratterizzano in questi ultimi anni più una transizione che un'emergenza, e che coinvolgono globalità di ordine superiore ad Unioni politiche come quella europea o nordamericana. Eppure quel Convegno aveva evidenziato che la integrazione interprofessionale non vuol dire affatto comune assimilazione, anzi ha senso soltanto se ciascuna professione, nel saper dialogare con l'altra, mantiene la sua sostanziale identità; quindi una riforma didattica non può valere per qualunque Facoltà. È certo che per la ingegneria tre anni non bastano a formare un laureato che debba affrontare i campi di lavoro del futuro e a fare dei professionisti competitivi almeno allo interno della nostra UE.

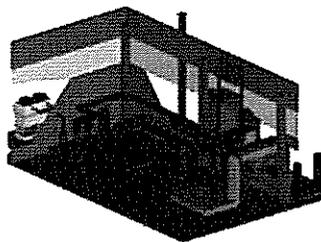
In proiezione, lo scenario della cultura dell'ingegnere indicò la domotica, il modo complesso di progettare tenendo già in conto esigenze prima se mai af-

frontate a posteriori, quali il risparmio energetico, e l'ENEA invitò a visitare i suoi modelli di edifici sperimentati a Saluggia. Si evidenziò l'importanza sempre più pregnante dei materiali, e i medici segnalavano come nel campo della odontoiatria la tecnica del dentista di oggi è incomparabile a quella di alcuni lustri fa, donde il segnale della indispensabile istruzione permanente. Altro campo del futuro si additò nella lotta agli inquinamenti che dagli ambienti di un edificio interessa ormai ambiti territoriali vasti quanto le regioni e quindi affrontabili non solo su scale quantitative ben diverse, ma con coinvolgimenti di ogni tipo e in larga misura. Altro campo in cui il nostro paese deve approfondire la preparazione in cui già si distingue, per competere meglio con altre nazioni, è quello della miniaturizzazione dei dispositivi meccanici e elettronici e quindi il settore degli azionamenti e della robotica.

Ma questo resoconto vuol finire con tre ultime osservazioni. La conoscenza della storia della ingegneria è necessaria per programmare il suo futuro e già deve coinvolgere le interconnessioni con discipline di altre Facoltà perché si avvistino bene le integrazioni che caratterizzeranno il tempo prossimo, e in tal senso si orientano molto i corsi svolti al MIT di Boston nonché quelli avviati a Torino. Altro segnale è che la ingegneria deve continuare a qualificarsi nella capacità di intervenire con prontezza senza perdere in efficacia, donde gli sviluppi delle sue funzioni in eventi che richiedono la protezione civile. L'ultimo segnale vuol cogliere il carattere di una vera scuola che didatticamente distingue la ingegneria dalle altre facoltà tecniche per la organizzazione delle sue lezioni frontali, nelle sue esercitazioni grafico-numeriche, nei rapporti degli studenti che dovendo frequentare assiduamente producono un affiatamento che sprigiona altra cultura e determina effetti ampi e prolungati per tutta la attività dei professionisti (cfr. Appendice I). A pensarci prontezza e competenza forse derivano dalla origine militare delle Écoles, e il carattere scolastico della articolazione dei nostri studi già espresso nel fatto che Scuola la chiamò Monge e come Scuola si propagò anche negli ambienti più propensi alla derivazione dell'insegnamento superiore dalle Accademie quali associazioni di studiosi.



La sede dell'ENEA a Saluggia



Studi di domotica

CONTRIBUTO DI NICOLA ALBERTI†

† *Stampa postuma, elaborazione delle slide a cura di Sergio Noto La Diega*

LA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE, LA RIVOLUZIONE AGRARIA E LE INFRASTRUTTURE

Per *rivoluzione industriale* si intende un processo di evoluzione economica che da un sistema agricolo-artigianale-commerciale porta ad un sistema industriale moderno caratterizzato dall'uso generalizzato di macchine azionate da energia meccanica e dall'utilizzo di nuove fonti energetiche (come ad esempio i combustibili fossili). Spesso si distingue, non proprio in modo univoco, fra prima e seconda rivoluzione industriale. La prima riguarda prevalentemente il settore tessile-metallurgico e comporta l'introduzione della spoletta volante e della macchina a vapore; il suo arco cronologico è solitamente compreso tra il 1760-1780 ed il 1830. La seconda rivoluzione industriale viene fatta convenzionalmente partire dal 1870-1880, con l'introduzione dell'elettricità, dei prodotti chimici e del petrolio. Talvolta ci si riferisce agli effetti dell'introduzione massiccia dell'elettronica e dell'informatica nell'industria come alla terza rivoluzione industriale, che viene fatta partire dal 1970.

Il contesto storico

Guerra dei sette anni (1756 - 63) tra Inghilterra e Prussia e Austria, Francia, Russia, Svezia.

Guerra d'Indipendenza Americana 1775 - 83.

Il contesto economico

Nel breve giro di anni, fra l'ascesa al trono di Giorgio III e quella di suo figlio Guglielmo IV, l'Inghilterra cambiò volto. Zone che da secoli erano state coltivate a campi aperti o abbandonate al pascolo comune, vennero cinte da siepi, muretti o steccati; piccoli villaggi si svilupparono fino a diventare città popolose; al di sopra delle antiche guglie si ersero file di ciminiere.

Furono costruite grandi strade maestre più dritte, più solide e più larghe di quelle pessime vie che avevano messo a dura prova la buona creanza dei viaggiatori del tempo di Defoe.

Durante la prima parte del secolo XVIII il tasso d'interesse diminuì costantemente passando dal 5% al 4% sino a ridursi negli anni 50 al 3%. Il basso tasso d'interesse fu probabilmente una delle cause, anche se in genere sottovalutata, che contribuì alla rivoluzione industriale.

Un basso interesse, infatti, incoraggiava gli investimenti in imprese che lasciavano intravedere un rendimento maggiore. In sostanza un basso costo del denaro invogliava gli imprenditori agli investimenti.

A partire dal 1740 la popolazione prese a crescere in Gran Bretagna e tale tendenza continuò anche nel secolo seguente.

Tra il 1740 e il 1830 il tasso di natalità presenta solo piccole oscillazioni e il numero degli emigranti supera nettamente quello degli immigrati, mentre diminuisce il tasso di mortalità per le seguenti motivazioni:

- La migliore alimentazione (cereali di migliore qualità, verdure, carne disponibile tutto l'anno);
- Miglioramento dell'igiene personale (disponibilità di sapone e uso di indumenti intimi possibile con la diminuzione del prezzo dei tessuti di cotone);
- Miglioramento delle costruzioni edilizie (impiego di mattoni e di ardesia per i tetti);
- Eliminazione di processi lavorativi nocivi dalle case;
- Bonifica dei terreni acquitrinosi;
- Le città più importanti furono dotate di acquedotti e fognature;
- Miglioramento nella raccolta dei rifiuti e nel seppellimento dei morti.

La rivoluzione agraria

- I campi chiusi e gli *Enclosure Act*: il fenomeno delle enclosures, per cui molta terra demaniale lasciata al libero pascolo venne privatizzata e recintata, privò i contadini più poveri del libero diritto di pastorizia e li spinse a trovare nuovo impiego nelle fabbriche;
- Il cambio di mentalità prodotto dall'investimento di lungo periodo in agricoltura e le nuove tecniche di produzione nell'agricoltura;
- Aratura sistematica, impiego del nuovo aratro di Rotherham, delle seminatrici e a partire da 1780 delle trebbiatrici;
- Modifica nella rotazione delle colture, con abolizione del maggese ed alternanze tra cereali, legumi e foraggio;
- Introduzione di nuove specie, tra cui in particolare il ravizzone;
- Alimentazione del bestiame durante tutto l'anno e selezione in modo da migliorarne la razza;
- Uso del concime prodotto per fertilizzare il terreno;
- Imponenti lavori di bonifica dei terreni acquitrinosi, specie nei primi anni del nuovo secolo.

L'aumentato reddito agricolo consentiva da un lato l'assorbimento dei prodotti dell'industria, garantendo un mercato interno, che, in periodo di guerra, era certamente più sicuro di quello estero e dall'altro investimenti nell'industria.

Infine le alte tasse sull'agricoltura e sul settore fondiario consentirono di tenere basse le tasse sulle attività industriali che non erano ancora in grado di sopportare una tassazione elevata. Tra il 1803-4 e il 1814-15 le tasse del settore industriale e commerciale aumentarono del 10%, mentre quelle dei settori agrari e fondiari aumentarono del 60%.

In sintesi l'agricoltura contribuì alla rivoluzione industriale:

- fornendo cibo alla popolazione in crescita sia nelle campagne sia nei centri industriali;
- creando il potere di acquisto necessario a comperare i prodotti dell'industria;
- realizzando il capitale necessario a finanziare e far procedere l'industrializzazione in un periodo di grandi guerre.

L'Inghilterra, e Londra in particolare, era al centro di una attività commerciale che le aveva consentito di acquisire una conoscenza e una padronanza del mercato mondiale grazie alla capacità di affrontare rischi, all'abilità dei marinai, alla solidità delle assicurazioni, alla buona organizzazione del credito e all'attenzione che i governi dedicavano alle aspirazioni e alle protezioni dei propri commercianti.

L'Inghilterra forniva all'Africa armi, ferramenta, alcolici inglesi e stoffe di cotone indiano in cambio schiavi, oro e avorio.

Gli schiavi venivano scambiati nelle Indie occidentali con cotone grezzo, zucchero, coloranti, mogano, tabacco mentre l'oro e l'avorio venivano scambiati nel vicino e nel lontano oriente in cambio di tè, seta, tela di cotone, caffè e spezie.

I prodotti provenienti dall'Oriente venivano scambiati in Europa con legname, canapa, pece, catrame e ferro svedese e russo (tutti beni essenziali per la costruzione di navi) ed inoltre, specie nelle annate cattive, con grano.

L'abitudine al rischio, che il commercio via mare presentava, favorirà l'investimento dei guadagni conseguiti in intraprese industriali, particolarmente nei periodi di ristagno del commercio, come accadde ad esempio durante la rivolta delle colonie americane (guerra di indipendenza 1775-83).

Le infrastrutture

Un'economia industriale per poter esprimere tutta la sua potenzialità deve disporre di idonee infrastrutture.

La costruzione di infrastrutture richiede però esborsi di capitali talmente ingenti, che difficilmente sono nella disponibilità di un solo imprenditore.

Inoltre la costruzione di infrastrutture richiede lunghi tempi di esecuzione e lunghi periodi per recuperare il capitale e iniziare a dare profitti. I benefici per contro ricadono su tutti coloro che le utilizzano.

Tali considerazioni mostrano che per la costruzione d'infrastrutture sono ne-

cessari elevati finanziamenti. Talora interviene lo Stato in altri casi occorre ricorrere a prestiti. In Inghilterra le cose andarono diversamente.

All'inizio del secolo XVIII il viaggio da Edimburgo a Londra durava circa 14 giorni. Grazie alla costruzione di opere civili, e in particolare di strade (anche se con l'introduzione dei pedaggi, molto contestati) e alle migliorie apportate nell'organizzazione e nella costruzione di diligenze, si ridusse a 48 ore.

Migliorarono inoltre notevolmente i tempi di consegna della posta e delle merci.

L'investimento nei canali

Il primo canale costruito fu quello del duca di Bridgewater che collegava la miniera di Worsley a Manchester.

Fu progettato da un famoso ingegnere dell'epoca James Brindley ed ultimato nel 1761 (galleria e acquedotto): ebbe il costo di 250.000 sterline, in un'epoca in cui un operaio guadagnava 20 sterline l'anno.

Il canale Bridgewater dimezzò il costo del carbone a Manchester e tale fatto impressionò molti uomini d'affari che riuscirono a trovare i capitali per finanziare opere analoghe.

La mania dei canali esplose intorno al 1770 e si arrestò durante la crisi per la guerra americana (1775-83), per riesplodere negli anni ottanta e poi ancora nel 1890.

All'inizio del nuovo secolo l'Inghilterra disponeva di circa 3200 km di vie d'acqua navigabili, di cui un terzo costruito tra il 1760 e il 1800, un terzo di fiumi naturalmente navigabili ed un terzo di fiumi modificati in modo da essere navigabili.

Gli investitori ebbero notevoli guadagni, ma ci furono anche fallimenti per insufficienti progettazioni e per impreviste difficoltà di carattere geologico e/o topografico.

Si accostarono alle azioni anche investitori, non direttamente interessati o vicini al luogo in cui il canale doveva essere costruito, attratti dalla possibilità di lauti guadagni.

Un precedente che risulterà molto importante nei decenni successivi, all'epoca della costruzione delle ferrovie.

L'era dei canali creò un nuovo tipo d'investitore che rischiava il proprio capitale in una società per azioni.

Prima con i canali e poi con le ferrovie, fu possibile raccogliere ingenti capitali per dotare la nazione di infrastrutture costose, ma indispensabili per consentire quello sviluppo irreversibile che cambiò il volto della Gran Bretagna rendendola ricca, anche se con pesanti diseguaglianze sociali.

L'inconveniente principale nella costruzione della rete di canali fu la mancanza di una programmazione, con la conseguenza che le dimensioni dei vari canali ed in particolare la profondità non consentiva una integrazione del sistema; talora mancava una manutenzione efficace; inoltre in alcuni tratti si crearono situazioni di monopolio, con prezzi esorbitanti.

L'accorciamento dei tempi di trasporto e l'eliminazione di ritardi dovuti a tempeste nei trasporti via mare, consentì di diminuire le scorte, di eliminare perdite per danneggiamenti della merce (derrate alimentari andate a male) o perdite per ruberie nel lungo e lento percorso tra i luoghi di origine e quelli di destinazione.

Il risparmio fu enorme. Basti pensare che un cavallo lungo un'alzaia è in grado di trascinare 50 tonnellate e 30 lungo la riva di un fiume navigabile, mentre lo stesso cavallo può portare sulla soma circa 125 kg. Tutti i materiali pesanti utilizzati dall'industria, ma anche utili agli abitanti delle città, mattoni, pietre, carbone, grano per i fornai, concime di cavalli ed enormi mucchi di spazzatura erano trasportati per via d'acqua.

Le Ferrovie

- Un anonimo minatore utilizzò come rotaie due assi di legno su cui correvano alcuni vagoncini trainati da cavalli
- 1736 - L'idea fu ripresa nella cittadina di Whitehaven, ove fu realizzato il primo tram a cavallo e cioè una carrozza per passeggeri trainata da cavalli.
- 1775 - Un intraprendente londinese perfezionò l'idea e realizzò a Londra il primo trasporto di persone su rotaie di ferro. L'idea si diffuse e fu applicata in tutta Europa. L'anno seguente comparvero tram prima a Napoli e poi a Milano.
- 1804 - La Locomotiva di Trevithick effettuò il primo viaggio di 15 km, alla velocità media di 8 km/h, trasportando su cinque carrozze 10 t di ferro e 70 persone. Non fu un successo perché le due ruote motrici pattinavano sui binari. L'idea successiva di utilizzare una ruota dentata in presa con una cremagliera non ebbe grande successo.
- 1814 - George Stephenson risolse tale inconveniente utilizzando un paio di accorgimenti, tra i quali fondamentale l'aumento del diametro delle due ruote motrici in modo da diminuire la forza tangenziale esercitata da tali ruote sulle rotaie ed evitare il pattinamento.
- 1825 - George Stephenson costruisce la prima strada ferrata, lunga 17 km, tra le miniere di Darlington ed il porto di Stockton. Il 27 settembre 1825 il treno di Stephenson compie il primo viaggio trascinandosi dietro 34 carri di carbone alla velocità di 20 km/ora.

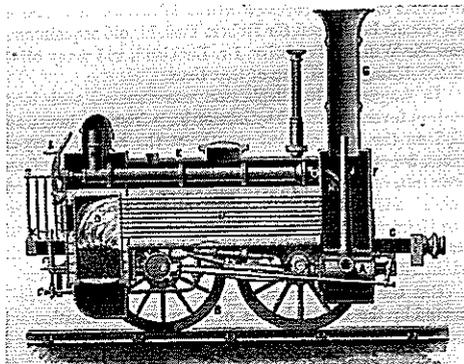
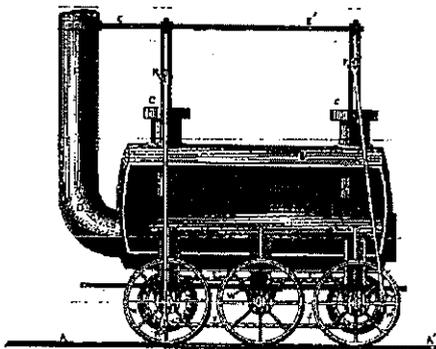


FIG. 27.—Stephenson's Locomotive, 1825.

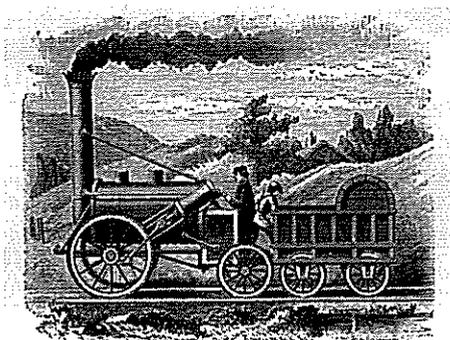


FIG. 53.—The "Rocket," 1829.



FIG. 54.—Opening of the Italian and European Railway, 1838. (After an old engraving.)

Le prime ferrovie in Italia

- 1839 Napoli - Portici
- 1840 Milano - Monza
- 1842 Marghera - Padova
- 1844 Pisa - Livorno

Lunghezza della rete ferroviaria mondiale

- 1830 7.710
- 1840 38.582
- 1860 107.915
- 1870 206.651
- 1880 370.978
- 1890 607.325
- 1900 790.570
- 1930 1.100.000

FILATURA E TESSITURA

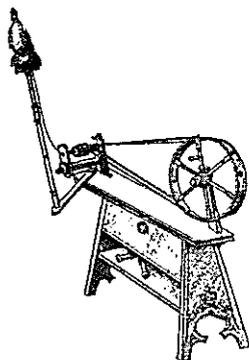
La filatura è la creazione del filato partendo da una massa di fibra tessile alla quale si applicano, in fasi successive di lavorazione, le fasi di cardatura (districa le fibre, dandogli un certo ordine), pettinatura delle fibre, lo stiro della massa fibrosa più o meno grossa, la torsione tramite una rotazione e l'avvolgimento del prodotto finito su un sostegno di raccolta. Una volta ottenuto un materiale filato, nasce l'esigenza di doverlo intrecciare insieme per poterlo rendere robusto, e con esso dall'ingegno umano, nascono i primi esempi di telaio, strumento necessario per la tessitura.

Innovazioni tecnologiche

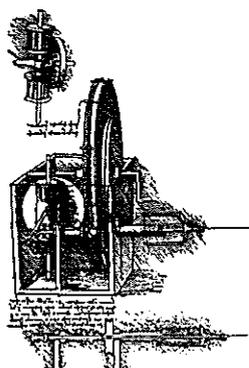
La produzione domestica di tessuti era particolarmente lenta nella fase della filatura (collo di bottiglia del ciclo), poiché occorreavano cinque filatori per alimentare un solo telaio a mano. Lo squilibrio si accentuò intorno alla metà del XVIII secolo, quando i tempi della tessitura furono ulteriormente ridotti dalla diffusione della spoletta volante (brevettata nel 1733 da John Kay). Nella seconda metà del secolo due importanti invenzioni modificarono ancor di più il panorama della tecnologia tessile: James Hargreaves inventò, nel 1765, la giannetta (o Spinning Jenny), mentre Richard Arkwright, nel 1767, il filatoio idraulico (o Water frame): la prima accelerava la filatura da 6 a 24 volte, il secondo addirittura di alcune centinaia di volte. Tutto ciò rese evidentemente obsoleti i telai a mano. Nel 1787 Edmund Cartwright inventò il telaio meccanico, che fu perfezionato e adottato nei decenni successivi: intorno al 1825, un solo operaio, sorvegliando due telai meccanici, poteva sbrigare un lavoro che con i telai a mano avrebbe richiesto l'opera di una quindicina di persone. Mentre in India per tessere a mano 100 libbre di cotone occorreavano oltre 100.000 ore di lavoro, in Gran Bretagna con le nuove macchine erano sufficienti circa 135 ore, il che aumentava anche la competitività. L'aumento della produzione di tessuti stimolò lo sviluppo dell'industria chimica, per rendere competitive le fasi di candeggiatura, tintura e stampa. Ben presto l'industria chimica divenne fondamentale per tutti i rami della produzione, sia industriale, sia agricola.

Lo sviluppo industriale richiese quantità sempre maggiori di energia, ben superiori a quelle fornite dalla mano dell'uomo. La ricerca mirò quindi alla realizzazione di motori adeguati. James Watt (1736-1819) modificò la macchina a vapore, ottenendo un rendimento ben quattro volte superiore a quello delle precedenti vaporiere (1787). Nell'arco del XIX secolo la macchina a vapore finì per affermarsi definitivamente anche in altri rami della filiera produttiva (ad esempio, nei trasporti terrestri e marittimi). Essa sostituì le tradizionali fonti di energia che

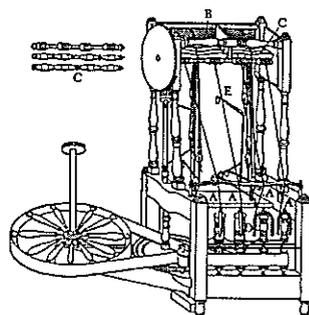
presentavano il gravissimo inconveniente di non essere disponibili nelle quantità e nei tempi e luoghi richiesti (mulini ad acqua e a vento) o di non essere instancabili e adeguate alle nuove macchine utensili (energia muscolare dell'uomo e degli animali). Altro fattore decisivo fu l'abbondantissima ricchezza di giacimenti di carbone in Inghilterra: la macchina a vapore consentiva di produrre energia di una intensità e di una concentrazione senza precedenti. Con l'adozione del vapore la richiesta di ferro e di leghe adeguate subì un rapido incremento.



Filatoio ad alette



Filatoio (Leonardo da Vinci)



Filatoio di Arkwright

SIDERURGIA

L'estrazione del ferro dai suoi minerali (ossidi) implica un riscaldamento del minerale in ambiente riducente, operazione condotta all'inizio (a partire da 4.000 anni fa) con la tecnica del basso fuoco. Il basso fuoco era costituito inizialmente da uno scavo in terra nel quale veniva inserito il minerale insieme a carbone di legna; la combustione era attivata insufflando aria sul fondo con un mantice a mano. La stessa tecnica diede luogo successivamente all'impiego dei "forni catalani" costituiti da una cavità svasata ed aperta superiormente in cui veniva introdotto il minerale che veniva poi ricoperto di combustibile (carbone di legna) e sul mucchio così composto era soffiata aria attraverso un ugello inferiore. Si otteneva una massa metallica spugnosa che veniva martellata per rassodarla ed espellere le scorie. La durata dell'operazione era di 4-5 ore con una produzione di 30-40 Kg di metallo. A tale metodo si contrappose il "forno a tino" alto circa 3-4 metri (da cui ha origine l'alto forno) con il quale si otteneva un massello di materiale ferroso di 100-150 Kg. L'applicazione della ruota idraulica consentì di aumentare poi la quantità e la pressione dell'aria e quindi l'intensità della combustione. Le temperature raggiunte in tali tipi di forni conferivano al ferro un maggiore potere solvente del

carbonio, il punto di fusione si abbassa e per conseguenza si otteneva ghisa. In sostanza con i forni catalani si otteneva ferro malleabile con molto spreco del ferro contenuto nel minerale, mentre con l'alto forno si ottiene metallo usabile per getti ma privo di malleabilità. Si devono attendere le innovazioni del XVIII secolo perché l'industria siderurgica acquisti ampie possibilità di sviluppo.

Le innovazioni tecnologiche

L'altoforno a coke di Abraham Darby (1709). Il progressivo esaurimento delle risorse boschive facilmente sfruttabili aveva indotto la promulgazione di leggi per la protezione degli alberi e delle foreste, mettendo seriamente a repentaglio le ferriere e le fonderie. Il carbone fossile non poteva essere utilizzato, in quanto caratterizzato da un eccessivo contenuto di elementi nocivi (primo fra tutti lo zolfo). Nel 1709 Abraham Darby intuisce che è necessario eliminare dai carboni fossili tutti gli elementi volatili, per poter utilizzare tale combustibile negli altiforni; la cokizzazione permette di eliminare una sufficiente parte dello zolfo, rendendo il combustibile utilizzabile in campo siderurgico.

Insufflazione di aria attraverso l'utilizzo di macchine a vapore (1776) permette di penetrare a maggiori profondità lungo la sezione trasversale dell'altoforno, consentendo quindi di aumentarne il diametro, e di conseguenza la produttività, senza ridurre l'efficienza di combustione; si svincola inoltre l'ubicazione degli impianti dalla localizzazione dei corsi d'acqua, fino ad allora necessari per azionare le giranti idrauliche collegate alle soffiatrici.

Il processo di puddellatura (1784) - Nel 1784 Henry Cort mette a punto un nuovo impianto per trasformare in acciaio la ghisa prodotta dall'altoforno: il forno a pudellare (dall'inglese 'to puddle', impastare). In questo forno la decarburazione della ghisa viene condotta per mezzo di una lunga fiamma ossidante che attraversa il catino. Le temperature raggiunte sono sempre al di sotto della temperatura di fusione e, per questa ragione, il metallo all'interno del forno si trova sempre allo stato pastoso, richiedendo quindi una vigorosa agitazione.

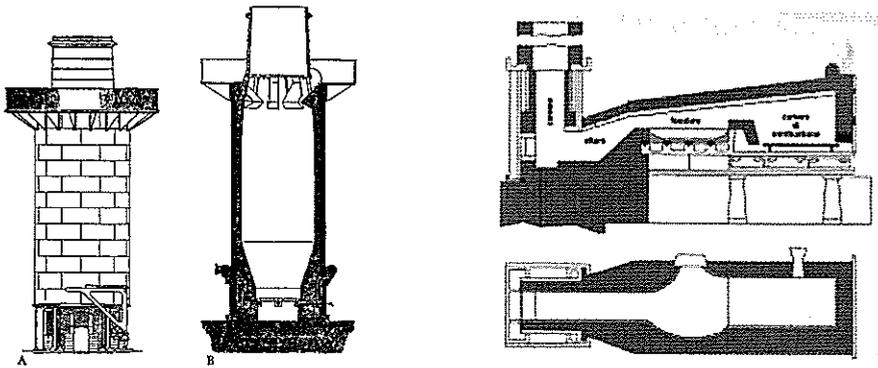
Il preriscaldamento dell'aria nell'alto forno (1829)

Convertitore Bessemer (1856) - Nel 1856 Henry Bessemer ideò una tecnica alternativa alla produzione dell'acciaio. Egli propose un sistema per ottenere "ferro malleabile e acciaio senza combustibile". Il processo consiste sostanzialmente nell'insufflare aria dal fondo di un convertitore sfruttando il calore prodotto dai processi di ossidazione per mantenere fluido il bagno metallico.

Forno Martin (1864) con recuperatore di calore così da permettere il preriscaldamento sia del gas di gasogeno che dell'aria comburente.

Convertitore Thomas (1877). Il convertitore Bessemer non consentiva la con-

versione delle ghise fosforose, dato il rivestimento acido. Questo inconveniente è superato con la messa a punto del convertitore basico Thomas (1877), che sostituisce il refrattario acido con uno basico con il vantaggio di sfruttare il potere termogeno del fosforo.



Altoforno a Russel's Hall

LE MACCHINE A FUOCO

“L'amico del minatore” di T. Savery (1699). Alla fine del 1600 il lavoro nelle miniere inglesi stava diventando impossibile a causa dell'acqua che invadeva le gallerie, sempre più profonde.

Con i sistemi tradizionali non si riusciva più a prosciugarle.

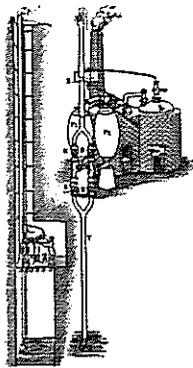
Thomas Savery fu il primo a tentare di risolvere questo problema usando il vapore.

La sua macchina obbligava l'acqua a salire in un cilindro entro il quale era stato prodotto il vuoto mediante la condensazione del vapore. L'acqua della miniera era poi spinta ancora più in alto ed espulsa mediante un violento getto di vapore. Questa prima pompa a vapore era costituita da due cilindri uno dei quali si riempiva mentre l'altro si vuotava. Nel 1698 a Savery venne concesso il brevetto per la sua macchina, chiamata “L'Amico del minatore”, capace di “tirare su l'acqua col fuoco” e per qualsiasi altra macchina che prevedesse l'uso del fuoco. Con vapore a bassa pressione la macchina di Savery non era efficiente e questo fu il suo limite. Le caldaie, i tubi e i cilindri dell'epoca, essendo saldati a stagno, non erano in grado di resistere alle forti pressioni richieste per spingere l'acqua alle altezze utili per le miniere. Nonostante molti sforzi per migliorarla, la macchina di Savery fu poco impiegata e ben presto abbandonata.

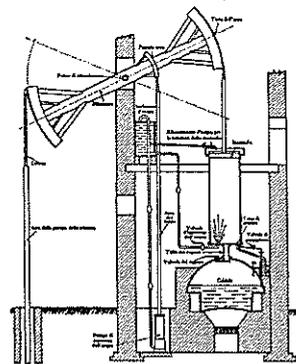
La macchina di Newcomen (1712). Thomas Newcomen aveva concepito, indipendentemente da Papin, l'idea di far muovere un pistone in un cilindro per mezzo della pressione atmosferica, grazie al vuoto creato sotto di esso dalla condensazione del vapore. La macchina di Newcomen fu la prima ad avere successo e trovò largo impiego anche fuori dell'Inghilterra. Quando Newcomen, dopo 10 anni e più di lavoro sperimentale, costruì la sua prima macchina efficiente, si trovò la strada sbarrata dal brevetto concesso a Savery (per qualsiasi macchina che impiegasse la forza del fuoco) e per commercializzare la sua invenzione dovette entrare in società con lui.

La macchina a vapore di James Watt (brevetto del 1769). James Watt fu nominato nel 1757 "fabbricante di strumenti di precisione" all'Università di Glasgow e nel 1763 fu incaricato di riparare un modellino della macchina a vapore di Newcomen che non voleva funzionare. Dopo un attento studio Watt capì che il modellino consumava più vapore di quello che la caldaia produceva. Watt si rese anche conto che l'enorme consumo era dovuto al continuo raffreddamento del cilindro. Costruì un primo modellino rudimentale e decise di far entrare il vapore sopra il pistone chiudendo il cilindro con un coperchio dotato di premistoppa per il passaggio della biella, il vapore aiutava così la pressione atmosferica a spingere il pistone in basso. Nel 1769 Watt chiese e ottenne il brevetto per "un nuovo metodo per diminuire il consumo di vapore e combustibile nelle macchine a vapore".

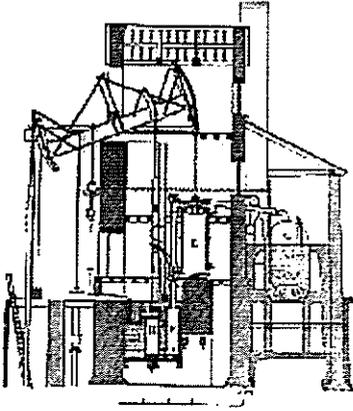
Nel 1782 Watt trasformò la sua macchina in una a doppio effetto, eliminando la fase passiva, il pistone cioè era sempre sotto spinta. Con questo sistema ottenne doppia potenza a parità di cilindrata. Per risparmiare ulteriormente, la fase di ammissione del vapore durava solo per una frazione della corsa attiva che continuava per il solo effetto dell'espansione del vapore. Nel 1787 per rendere costante la velocità delle macchine Watt adottò il regolatore centrifugo, già usato in precedenza nei mulini a vento, che adesso porta il suo nome.



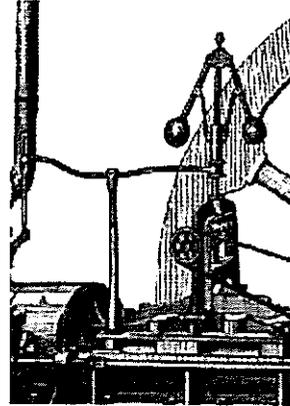
"L'amico del minatore" di Savery (1699)



Macchina di Newcomen (1712)



Macchina di Watt (Brevetto del 1769)



Regolatore di Watt

Il vero sviluppo della macchina a vapore avvenne successivamente nel corso del secolo XX, anche in conseguenza dello sviluppo:

- delle teorie sulla resistenza e sul comportamento dei materiali sottoposti a sollecitazione;
- della termodinamica e della teoria dei gas;
- della costruzione di nuove macchine utensili in grado di assicurare una migliore precisione;
- 1824 - Sadi Carnot pubblica lavoro in cui espone la teoria sul rendimento termodinamico;
- 1850 - Equivalenza tra calore e lavoro (Joule);
- 1848 - Secondo principio della termodinamica (Clausius ed altri).

| Macchine | Rendimento |
|--|------------|
| Newcomen | 0,5 |
| Smeaton | 0,8 |
| Smeaton | 1,4 |
| Watt | 1,7 |
| Watt | 4,5 |
| Macchina a duplice espansione di Woolf | 7,5 |
| Macchina Cornovaglia | 12 |
| Macchina Cornovaglia perfezionata | 17 |
| Macchina a duplice espansione di Corliss | 17,2 |
| Macchina a triplice espansione | 23 |

Rendimento termodinamico macchine a vapore

| Anno | Macchina | Potenza in Cv1 1-1 Cv = 0,7457 kw |
|-----------|-------------------------|--------------------------------------|
| 1702 | Savery | 1 |
| 1717 | Savery per Retroburgo | 5,5 |
| 1732 | Newcomen | 12 |
| 1765 | Smealton | 4,5 |
| 1772 | Smealton | 40,5 |
| 1778 | Watt | 13,8 |
| 1790 | Homblower | 11,5 |
| 1793 | Thompson | 48 |
| 1807 | Fulton | 20 |
| 1812 | Evans e Trevihick | 1-100 |
| 1837 | Cornovaglia | 135 |
| 1846 | Corliss | 260 |
| 1848 | Hearlemmermer | 40 |
| 1850 | Woolf | 40-50 |
| 1870 | Suizer | 400 |
| 1876 | Corliss | 2500 |
| 1881 | Edison | 175 |
| 1890-1900 | Per centrali elettriche | 1000 e più |

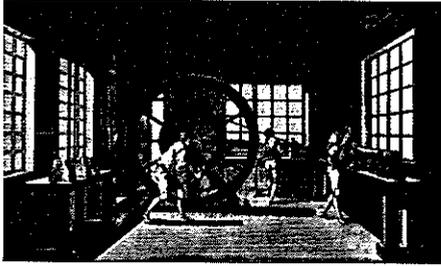
Potenza di alcune macchine a vapore

LE MACCHINE UTENSILI

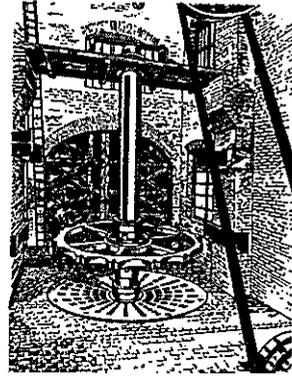
Le macchine utensili sono le macchine che costruiscono tutte le altre macchine. Esse costituiscono un fattore strategico della produzione meccanica. Dalla loro precisione, infatti, dipende la qualità delle altre macchine costruite.

Fino al 1775 le macchine utensili non avevano fatto alcun progresso rispetto a quelle medioevali. Nel 1850 in pratica tutte, o la maggior parte, delle macchine utensili era stata inventata.

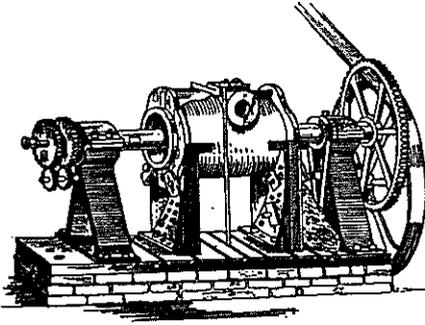
All'inizio, per ovvi motivi, furono gli inglesi ad ottenere i maggiori risultati, grazie anche alla fattiva collaborazione e stimolo tra datori di lavoro e operai; successivamente però, e cioè nella parte finale dell'arco temporale considerato, furono gli Stati Uniti a guidare la corsa.



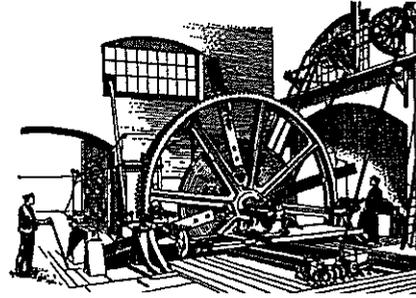
Officina da tornitore del 18° secolo.
Sullo sfondo un tornio a balestra
ed in primo piano un grande volano



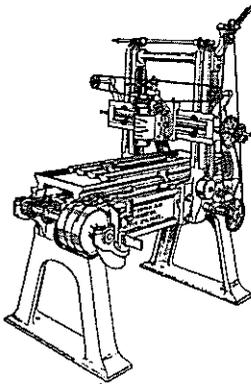
La prima alesatrice verticale installata
nella fonderia di Soho (1796)
della Boulton and Watt



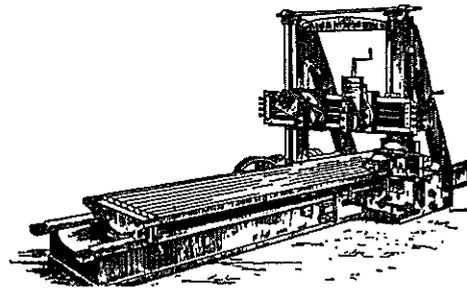
Alesaggio di cilindri (1851)



Tornio a disco per diametri
sino a 8 m (1850)



Piallatrice meccanica ed automatica
di Whitworth, 1842

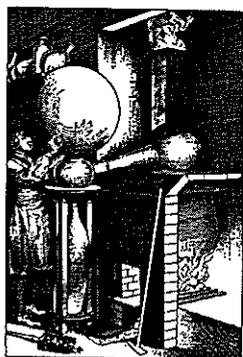


Piallatrice automatica Fairbairn

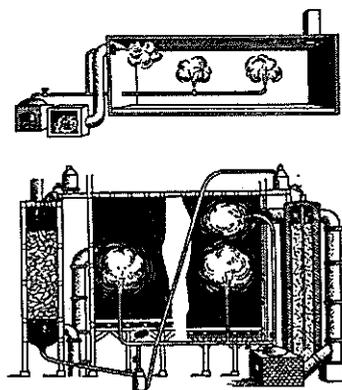
L'INDUSTRIA CHIMICA

Fabbricazione dell'acido solforico

La scoperta dell'acido solforico risale al IX secolo ed è attribuita al medico ed alchimista islamico Ibn Zakariya al-Razi, che lo ottenne per distillazione a secco del minerale contenente ferro solfato eptaidrato $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ - noto come 'vetriolo verde'. Per effetto del freddo questo sale si decompone in ossido di ferro, in acqua ed anidride solforica SO_3 ; queste ultime due si combinano formando una soluzione diluita di acido solforico. Il metodo si diffuse in Europa attraverso la traduzione degli scritti di fonte islamica, per questo l'acido solforico era noto agli alchimisti europei nel medioevo con nomi come olio di vetriolo o spirito di vetriolo. Nel XVII secolo il chimico tedesco-olandese Johann Rudolph Glauber preparò l'acido solforico bruciando zolfo e salnitro in presenza di vapore acqueo. Il salnitro ossida lo zolfo a anidride solforica, SO_3 , la quale si combina con l'acqua a dare l'acido. Joshua Ward, un farmacista londinese adottò questo metodo per una produzione su grossa scala nel 1736. Nel 1746 a Birmingham, John Roebuck iniziò a produrre industrialmente l'acido solforico sfruttando lo stesso metodo, ma operando in camere di piombo, che erano più robuste, più grandi e meno costose dei recipienti di vetro usati fino ad allora. Questo processo a camere di piombo, successivamente adattato e rifinito negli anni, è rimasto per quasi due secoli il processo industriale più diffuso per produrre acido solforico. Gli impieghi e le richieste di acido aumentarono con continuità man mano che il processo industriale si sviluppava. La disponibilità di acido solforico a basso prezzo rese più semplice e meno costoso la produzione di tessuti di cotone, consentì la produzione della soda, indispensabile per la fabbricazione del sapone, del vetro e anche dei fosfati, utilizzati come fertilizzanti.



Fabbricazione di acido solforico
in recipienti di vetro (1685-1761)



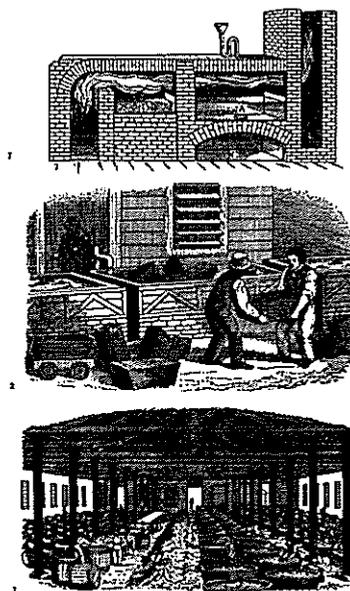
Camere di piombo
per la produzione di acido solforico

Processo Leblanc (1775)

Brevettato in Francia nel 1791, consiste nella reazione del cloruro di sodio con acido solforico; il solfato di sodio ottenuto viene mescolato con carbonella e gesso e riscaldato. Ciò che si ottiene (soda e solfuro di calce) viene sciolto in acqua e la soda è ottenuta per evaporazione della soluzione.

Nel 1823 fu abolita in Gran Bretagna la tassa sul sale utilizzato per scopi industriali. Nello stesso anno un fabbricante di prussiato di potassio e altri agenti chimici, di nome Muspratt, iniziò a fabbricare soda a Liverpool con il processo Leblanc. Nel 1828 a Muspratt si associò J.C. Gamble (1776-1848).

Nel 1725 Charles Tennant, industriale chimico, aprì a Glasgow un'altra fabbrica di soda con il processo Leblanc.



Processo Leblanc
per la fabbricazione della soda

Processo Solvay (1863)

Il sistema della soda Leblanc fu utilizzato sino al 1863, quando entrò in concorrenza con il processo alternativo di Ernest Solvay, anche a causa della legge antinquinamento inglese, la Alkali Act. Per ogni tonnellata di soda prodotta con il metodo Leblanc, 0,75 t di cloruro di idrogeno venivano scaricate nell'aria con conseguenze devastanti per interi distretti industriali inglesi. Sotto la pressione delle proteste degli agricoltori, alcuni produttori di soda avevano cercato di porre rimedio agli effluenti acidi; Gossage, in particolare, aveva brevettato nel 1836 una torre in cui i gas provenienti dal primo stadio del processo venivano lavati con acqua prima di essere immessi nell'atmosfera. La soluzione molto diluita di acido cloridrico veniva scaricata nei fiumi. Questo sistema rimase opzionale, fino al 1863, quando fu imposto un radicale abbattimento dei fumi acidi.

Il processo Solvay, molto più semplice ed economico del processo Leblanc, consiste nel far reagire in soluzione acquosa ammoniaca e anidride carbonica in modo da formare bicarbonato di ammonio, che reagendo con il cloruro di sodio dà luogo alla formazione di bicarbonato di sodio e cloruro di ammonio. Riscaldando il bicarbonato di sodio si ottiene il carbonato e si recupera l'anidride carbonica mentre dal cloruro

di ammonio e possibile recuperare l'ammoniaca. La competizione tra i due metodi si prolungò per alcuni anni, ma lentamente il metodo Solvay ebbe il sopravvento. Nella tabelle sono indicate le produzioni con i due metodi negli anni 1863 - 1902.

| Anno | Produzione totale | Metodo Leblanc | Metodo Solvay |
|------|-------------------|----------------|---------------|
| 1863 | 300.000 | 300.000 | /// |
| 1874 | 525.000 | 495.000 | 30.000 |
| 1885 | 800.000 | 435.000 | 365.000 |
| 1902 | 1.800.000 | 150.000 | 1.650.000 |

Altri prodotti

- Allume (utilizzato nelle industrie tessili come fissante per colori, nella concia delle pelli e nella produzione del vetro): si ottiene calcinando all'aperto in grandi mucchi minerale alluminoso naturale; la cenere ottenuta viene sciolta in acqua e la soluzione si lascia evaporare in presenza di alcali.
- Utilizzazione del gas e di altri sottoprodotti del carbone: gas per l'illuminazione; catrame nelle costruzioni navali; ammoniaca come solvente per la gomma.
- Scheele e altri studiosi francesi (1780) avevano chiarito il meccanismo di saponificazione degli acidi grassi; ne trasse vantaggio l'industria dei saponi e i prezzi diminuirono.
- Aumentarono gli impianti di fabbricazione di superfosfati per l'agricoltura.
- Comparvero i primi fiammiferi che si accendevano con acido solforico (1805), poi quelli con fosforo giallo ed infine quelli di sicurezza con fosforo rosso (1847).
- Il primo colorante sintetico all'anilina: la regina Vittoria, che apprezzava i bei colori, stava stimolando il mercato delle stoffe colorate anche in Inghilterra e nel 1857 William Henry Perkin inventò il colorante all'anilina che poteva essere prodotto e venduto a un prezzo inferiore rispetto ai coloranti naturali (la cocciniglia, la robbia, l'indaco, lo zafferano ed altre essenze vegetali). La produzione di rossi d'anilina si estese in tutta Europa tramite il brevetto della società Perkin & Figli.



Fabbricazione dell'allume



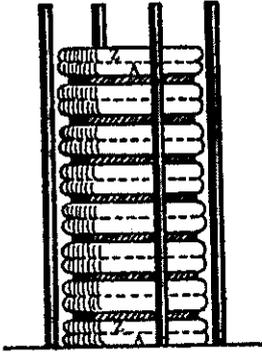
Fabbricazione del sapone nella seconda metà del 18° secolo

L'INDUSTRIA ELETTRICA

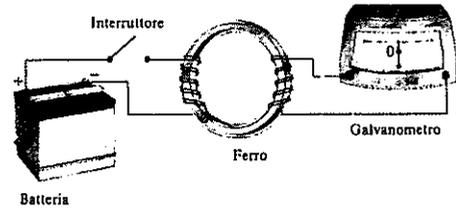
Lo studio scientifico dell'elettricità iniziò solo nel secolo XVII con W. Gilbert che, nella sua opera *De magnete* (1600), per primo fece la distinzione tra attrazione elettrica e attrazione magnetica e classificò i corpi in due classi, a seconda che fossero o no in grado di attrarre altri corpi previo strofinio. Per studiare meglio questi fenomeni vennero realizzate le prime macchine elettrostatiche; la prima fu quella di O. von Guericke (1679) costituita da una sfera d'ambra che, ruotando e strusciando su una striscia di lana, si caricava di elettricità. Tra il 1730 e il 1740 apparvero i primi apparecchi per accumulare e imprigionare l'elettricità (la bottiglia di Leida, in pratica un condensatore).

Successive scoperte significative

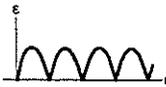
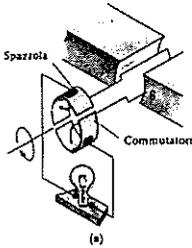
- 1800 Volta (1745- 1827) scopre la pila elettrica. Seguono rapidamente notevoli progressi in campo elettrochimico (sodio, potassio, ecc.) ed applicativo (arco elettrico), limitati però dall'alto costo delle pile.
- 1819 - Oersted (1777-1851) scopre, durante una lezione, che un filo percorso da corrente produce un campo magnetico. La scoperta viene annunciata con un opuscolo in latino.
- André Ampere (1775-1836), poco tempo dopo, formula la teoria della interazione tra campi elettromagnetici e magneti permanenti, determina la forza che si esercita tra conduttori percorsi da corrente e costruisce un apparecchio un grado di verificare tale intuizione.
- 1820 - Arago costruisce il primo elettromagnete.
- 1825 - La *Royal Society of Arts* assegna un premio a Sturgeon per la costruzione del primo elettromagnete efficiente.
- Michael Faraday afferma che se un magnete si sposta per effetto di una corrente che attraversa un conduttore, anche il conduttore attraversato da corrente elettrica, se libero da vincoli, deve muoversi per effetto del campo magnetico
- 1831 - Faraday, dopo molti tentativi, annuncia la scoperta dell'induzione magnetica e cioè che si poteva produrre energia elettrica in un circuito facendo variare il flusso magnetico concatenato con tale circuito. Dopo tale scoperta, Faraday abbandonò le ricerche in campo elettrico e si dedicò ad altri settori della fisica. L'esperienza di Faraday apre la strada alla possibilità di generare energia elettrica.
- Hippolyte Pixii realizza il primo generatore di elettricità.
- 1850-60 Alla fine degli anni cinquanta sia in Francia sia in Gran Bretagna vengono sviluppate macchine magnetoelettriche di piccola potenza, ma molto ingombranti e pesanti, impiegate per l'alimentazione di lampade ad arco nei fari.



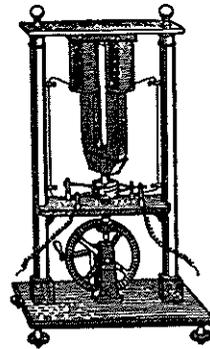
La pila di volta:
coppie di dischi di zinco e rame



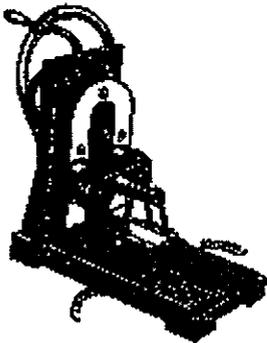
Esperienza di Faraday



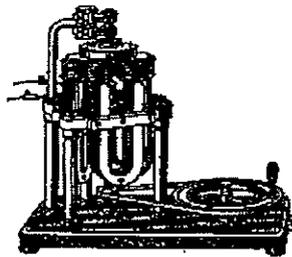
(b)
La dinamo (schema descrittivo e funzionale)



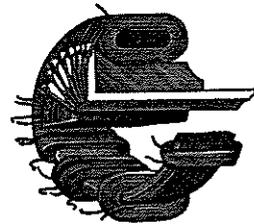
L'esperienza di Faraday apre la strada
alla possibilità di generare energia elettrica.
Il primo generatore di elettricità
fu realizzato da Hippolyte Pixi nel 1833



Generatore magneto-elettrico
manuale



Altri generatori
di elettricità



Indotto ad anello per dinamo
(Gramme)

- 1858 - Allo scopo di aumentare il campo magnetico dell'indotto von Siemens (1816-92) propone l'indotto con armatura a doppio T.
- 1863 - Henry Wilde brevetta un generatore con eccitazione elettromagnetica, che utilizza l'autoeccitazione.
- 1866 - E. W. von Siemens presenta all'Accademia delle Scienze di Berlino una memoria nella quale si parla di autoeccitazione.
- 1867 - Il fratello Charles Siemens presenta alla *Royal Society* un modello di generatore, azionato a mano che dimostra il principio di autoeccitazione. La stessa sera Charles Wheatstone presenta una memoria con lo stesso contenuto, esibendo anche lui un modello funzionante. Si cominciò a parlare di generatori dinamo-elettrici (Charles Brooke) e poco dopo di dinamo.
- 1870 - Il belga Zénobe Théophile Gramme, costruisce una dinamo utilizzando un nucleo ad anello come quello suggerito e realizzato da Pacinotti nel 1860. La dinamo di Gramme era costituita da un anello di fili di ferro, isolati con catrame, attorno al quale erano avvolte numerose bobine collegate fra di loro e a un collettore formato da più lamine. L'induttore era costituito da un normale elettromagnete a due poli. Era nata la dinamo. Il passo successivo fu l'indotto a tamburo di Siemens. Seguirono altri tipi di avvolgimenti.
- Parallelamente inizia la costruzione degli alternatori, concettualmente più semplici perché non necessitano di collettore.
- Contemporaneamente inizia la produzione di lampade ad incandescenza, che consentono la illuminazione anche delle case private oltre che di luoghi pubblici.
- L'uso dell'energia elettrica inizia a diffondersi.

L'energia elettrica possiede l'importante caratteristica di essere facilmente trasportabile nel luogo dove è più conveniente utilizzarla. Tale proprietà inizialmente non fu compresa. Si pensava, infatti, che passando dalla combustione del carbone alla produzione di energia meccanica e successivamente da questa all'energia elettrica e quindi ancora alla trasformazione dell'energia elettrica in energia meccanica attraverso il motore elettrico, il rendimento complessivo fosse molto basso.

Solo più tardi si comprese che, realizzando centrali elettriche di grandi dimensioni e aumentando la temperatura del vapore, il rendimento termodinamico poteva migliorare notevolmente. Tenuto conto inoltre dell'alto rendimento sia dei generatori sia dei motori elettrici, globalmente aumentava il rendimento complessivo.

Militavano inoltre a favore dell'energia elettrica la pulizia e il minore ingombro del motore elettrico rispetto ad una motrice a vapore.

A queste conclusioni si arrivò successivamente. C'era infatti un problema più assillante: Era più conveniente usare la corrente continua o quella alternata?

Per aumentare il rendimento sarebbe stato conveniente realizzare centrali di grande potenza, ma la distribuzione in corrente continua comporta grandi per-

dite. Per contro la corrente alternata avrebbe consentito di effettuare il trasporto a una tensione più elevata di quella di distribuzione consentendo così una secca diminuzione delle perdite. Ma alcuni studiosi giudicavano la corrente alternata più pericolosa della corrente continua. Si crearono due partiti: Ferranti, Morley Westinghouse, Tesla e Steinmetz si schierarono per la corrente alternata; Lord Kelvin, Edison, Crompton e John Hopkinson ed altri per la continua.

Fu una lunga battaglia senza esclusione di colpi.

Tesla e Westinghouse utilizzarono per la prima volta la corrente alternata per il trasporto da una centrale idroelettrica nelle cascate del Niagara a Buffalo. Ciononostante la guerra delle correnti si protrasse per circa trenta anni. Poi la corrente alternata prevalse.

I fautori della corrente continua sperimentarono sistemi di trasporto a tre e anche a cinque fili; ma tali sistemi esigevano un intervento se i carichi dei due circuiti erano squilibrati. Furono utilizzati anche i *convertitori*, macchine costituite da un motore a c.c. ad alta tensione avente sullo stesso asse una dinamo a bassa tensione. Ma il sistema aveva un basso rendimento.

La corrente alternata presentava però un altro inconveniente: l'inserzione in parallelo di più alternatori. L'operazione richiede che la tensione della macchina da inserire sulla linea sia in fase con la tensione di linea. Per tale operazione occorrono due frequenzimetri, che a quei tempi non erano disponibili. L'inserzione fuori fase presenta un'alta probabilità di provocare incrementi di tensione sulla linea e in conseguenza la bruciatura di centinaia di lampade ad incandescenza. L'inconveniente fu successivamente superato.

Un altro vantaggio della corrente alternata deriva dalla possibilità di utilizzare correnti polifasi ed in particolare quelle trifasi.

Tra i vantaggi delle correnti trifasi si annoverano il campo magnetico rotante, descritto con una elegante trattazione da Galileo Ferraris (1888) e intuito da Tesla, che consente la realizzazione dei motori asincroni, che eliminano (salvo nei primi tempi all'avviamento) l'esigenza di contatti striscianti.

I primi motori ad induzione furono costruiti da Westinghouse nel 1888. Ma i primi motori efficienti furono presentati alla esposizione di Francoforte del 1891 dalla Oerlikon di Zurigo (progettista Brown) e dalla AEG (*Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft*) di Berlino su progetto di M. von Dolivo-Dobrowolsky.

L'altro vantaggio della corrente trifase consiste nel risparmio di conduttori. Infatti nel collegamento a stella, se i carichi sono bilanciati, la corrente risultante è nulla e quindi il trasporto con una linea trifase equivale al trasporto con tre linee monofasi a due conduttori. Infine occorre ancora ricordare che a Galileo Ferraris si deve l'espressione della potenza in corrente alternata $W = VI \cos\phi$.

Il telegrafo

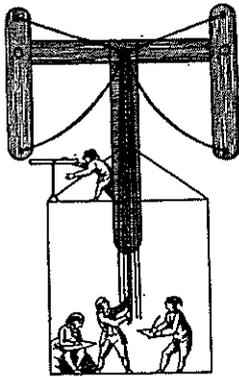
Claude Chappe e il telegrafo ottico (1793)

Claude Chappe (1763 -1805) è stato un inventore francese che ideò un sistema di comunicazione a distanza per mezzo di un segnalatore (semaforo) meccanico. Disoccupato come i suoi tre fratelli politicanti, decise di sviluppare con loro un sistema di comunicazione a distanza mediante segnalazioni semaforiche meccaniche. Il desiderio di comunicare con amici che abitavano ad una certa distanza da casa sua fece concepire al giovane fisico l'idea di trovare un sistema per parlare con loro a distanza. Egli compì parecchie ricerche e nel marzo 1791 sperimentò un sistema che funzionava e si rese subito conto che questo poteva essere adottato su vasta scala per trasmissione celere di informazioni urgenti quali, ad esempio, quelle concernenti eventi militari. Un anno dopo presentò all'Assemblea Legislativa la sua invenzione facendone omaggio allo Stato. Il fratello Ignazio Chappe (1760 - 1830), che dell'Assemblea Legislativa era membro, l'aiutò assieme al deputato Charles-Gilbert Romme a far adottare una linea di quindici stazioni fra Parigi e Lilla per una distanza di circa duecento chilometri allo scopo di trasmettere informazioni di guerra. Contemporaneamente il dispositivo inventato da Chappe che fino a quel momento era stato chiamato *tachygraphe* ("scrittore veloce") venne rinominato *télégraphe* ("scrittore a distanza"). La linea fu collaudata con esito positivo il 12 aprile 1793.

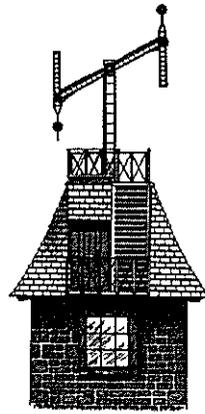
La costruzione definitiva consisteva sostanzialmente in un apparato costituito da due braccia mobili collegate da una traversa. Ogni braccio poteva assumere sette posizioni e la traversa quattro per un totale di 196 combinazioni possibili.

Le braccia erano nere, lunghe quattro metri e venivano manovrate da un sistema di contrappesi con maniglie. Il tutto veniva montato su torri (già esistenti o realizzate appositamente) su ciascuna delle quali erano piazzati due telescopi puntati in direzioni opposte, verso altrettante altre torri sulla direttrice della "linea telegrafica". La distanza fra le torri andava da 12 a 25 chilometri. I segnali ricevuti da una torre venivano interpretati e replicati dalla successiva e così via. Il sistema funzionava solo alla luce solare, poiché l'installazione di lampade montate sui bracci per le segnalazioni notturne non diede risultati soddisfacenti.

Il 3 settembre 1794 Parigi apprese tramite questo telegrafo ottico che la città di Condé-sur-l'Escaut, occupata dagli austriaci l'anno precedente, era stata liberata. Nel 1799 il numero delle stazioni telegrafiche salì a 150; quando Napoleone Bonaparte conquistò il potere favorì la costruzione di varie linee come quella da Lilla a Bruxelles e nel 1804 la rete arrivò a Milano transitando per Digione, Lione e Torino. Per inviare il segnale da una stazione all'altra erano necessari 6 secondi, quindi per attraversare le 120 stazioni disseminate sulla tratta Parigi-Tolone occorrevano 12 minuti, anche perché gli operatori conservavano il segnale per circa 30 secondi. Questo telegrafo fu molto utilizzato da Napoleone I, il quale fece co-



Il telegrafo a semaforo di Chappe



Torre del telegrafo di Chappe

struire la tratta da Lilla a Boulogne in vista di uno sbarco in Inghilterra, e nel 1812 diede l'incarico ad Abraham Chappe di realizzare un sistema semaforico mobile da utilizzare nel corso della invasione della Russia.

Il telegrafo ottico venne sostituito con quello elettrico nel 1852. A quell'epoca la rete si estendeva per 4830 km e comprendeva 556 stazioni.

Il telegrafo elettrico

Le prime idee di utilizzare l'elettricità statica, prodotta per esempio con delle bottiglie di Leida, per trasmettere messaggi, risalgono a circa la metà del '700. Agli inizi dell'800 furono invece proposti dei telegrafi elettrochimici: facendo passare la corrente prodotta da una pila di Volta in un sistema a molti fili si provocava la comparsa di bollicine di idrogeno per effetto della decomposizione dell'acqua, rilevando in tal modo il filo che era stato attivato ed il simbolo ad esso associato.

Furono comunque solo lo sviluppo delle conoscenze sull'elettromagnetismo e la messa a punto di batterie di discreta efficienza e durata, che permisero di concepire e realizzare degli apparecchi di uso pratico, come il primo telegrafo a cinque aghi di Cooke e Wheatstone, del 1837, che collegava due stazioni della linea ferroviaria Londra-Birmingham ed i telegrafi scriventi di Morse (inventore anche del famoso codice di punti e linee) e Vail, comparsi verso il 1838 ed usati, in versione perfezionata, per la prima importante linea telegrafica degli USA, fra Washington e Baltimora, nel 1844.

Nel primo telegrafo di Cooke e Wheatstone, la trasmissione di segnali avveniva con un sistema a cinque fili, con il quale si provocava il movimento di cinque aghi magnetici: la deflessione di una opportuna coppia di aghi indicava direttamente la lettera dell'alfabeto che si voleva trasmettere. Il sistema era facile da usare per gli

operatori, ma assai costoso nella stesura e manutenzione delle linee; si passò così in breve a sistemi a due aghi o un solo ago, che richiedevano un solo filo, per i quali era però necessaria una codifica dei segnali ed operatori addestrati all'uso di un codice. All'inizio furono diversi i codici proposti, ma in breve fu il codice Morse quello che si affermò come lo standard di trasmissione. Già da questa primissima applicazione le fortune del telegrafo si legarono a quelle della ferrovia. Queste due grandi invenzioni dell'800 ebbero infatti in qualche modo bisogno l'una dell'altra: la ferrovia implicava un continuo scambio di veloci messaggi per la regolazione del traffico, il telegrafo necessitava non solo di un utente privilegiato, ma anche di una rete parallela che facilitasse la posa di pali, fili, stazioni e che disponesse già di abbondante personale impiegato a tempo pieno lungo la rete.

I telegrafi in Italia

- 1805-Viene prolungata la linea Parigi-Lione sino a Torino e successivamente (1810) sino a Milano e Venezia.
- 1845-Sotto la guida di Matteucci furono installate le linee Firenze-Livorno, Empoli-Siena e Pisa-Lucca.

Il telefono del 1871

Antonio Meucci attorno al 1854 costruì il primo prototipo di telefono, allo scopo di poter mettere in comunicazione il suo ufficio con la camera da letto dove la moglie era costretta da una grave malattia. Per questo esperimento, incaricò un amico di disegnare uno schizzo che rappresentasse una delle prove principali della paternità dell'invenzione. L'invenzione del telefono prese spunto da un sistema precedente, che aveva creato quando lavorava a teatro: si trattava di un sistema di tubi che trasportava il suono da una parte all'altra del palco, in modo da poter impartire le istruzioni agli operai dalla cabina di regia. Successivamente Meucci si trovò improvvisamente in difficoltà finanziarie, pur continuando a sviluppare la sua invenzione. Costretto a vivere con l'aiuto degli amici, si trovò a non avere denaro a sufficienza per brevettare il telettelefono (come lo aveva chiamato). Nel 1871 riuscì a fondare, assieme ad altri co-finanziatori italiani, la Telettelefono Company, riuscendo però ad ottenere per la sua invenzione solo un brevetto temporaneo da rinnovare ogni anno al prezzo di 10 dollari (e che sarebbe riuscito a rinnovare solo fino al 1873).

Provò a proporre la sua invenzione ad una compagnia telegrafica di New York, ma le potenzialità dell'invenzione non furono intuite. Il 7 marzo 1876 fu invece Alexander Graham Bell a brevettare il suo telefono. Meucci gli intentò causa, ma, essendo in pieno dissesto economico, perse la causa. Secondo il giudice, che emise la sentenza nel 1887, Meucci avrebbe infatti inventato un telefono meccanico, mentre quello oggetto del brevetto di Bell era elettrico. Nel 1886 la Corte su-

prema degli Stati Uniti decretò “il telefono Bell si deve chiamare Meucci, avendo la Bell Telephone Company acquistato fraudolentemente il brevetto”.

Il telegrafo senza fili (1896)

La teoria elettromagnetica di Maxwell prevedeva che variazioni del campo elettrico producessero onde elettromagnetiche aventi le stesse caratteristiche delle onde luminose.

Si deve (1887) a Heinrich Hertz (1857-1894) la dimostrazione della esistenza delle onde elettromagnetiche e la determinazione di molte loro caratteristiche.

Molti studiosi, e tra essi anche Lord Rutherford, tentarono di utilizzare le onde elettromagnetiche per trasmettere informazioni.

Fu però Guglielmo Marconi (1874-1937) a realizzare le prime trasmissioni di segnali, inizialmente in Italia e successivamente in Gran Bretagna, ove ottenne un brevetto nel 1896. In particolare egli utilizzò onde lunghe (300-3000 metri), che si rivelarono molto più utili per la trasmissione di segnali di quelle corte studiate da Hertz.

Nel luglio 1897 Marconi fondò a Londra la *Wireless Telegraph Trading Signal Company* (successivamente rinominata Marconi Wireless Telegraph Company), che aprì il primo ufficio in Hall Street a Chelmsford, in Inghilterra, nel 1898 e impiegava circa 50 persone.

Egli effettuò la prima trasmissione senza fili sul mare da Ballycastle (Irlanda del nord) all'isola di Rathlin nel 1898. Stabilì un ponte radio tra la residenza estiva della regina Vittoria e lo yacht reale sul quale c'era il principe di Galles, il futuro Edoardo VII convalescente per una brutta ferita al ginocchio. Nel dicembre dello stesso anno, da un battello attrezzato con radio parte una richiesta di soccorso: è il primo caso di richiesta di salvataggio. Il 29 maggio i segnali attraversano il canale della Manica superando la distanza di 51 chilometri. Il 12 dicembre 1901 Marconi riuscì a trasmettere e ricevere segnali tra la Cornovaglia e l'isola di Terranova.

APPENDICE III DEFINIZIONI E NOTIZIE STORICHE

Tecnologia (Etimologia): Discorso sulle arti;

Tecnologia (Treccani): L'applicazione e l'uso di strumenti tecnici in senso lato, ossia di tutto ciò (ivi comprese le conoscenze matematiche, informatiche, scientifiche) che può essere applicato alla soluzione di problemi pratici, all'ottimizzazione di procedure, all'assunzione di decisioni, alla scelta di strategie finalizzate a determinati obiettivi.

Tecnologia (V. Gordon Childe): lo studio di quelle attività, intese a soddisfare necessità umane, che producono modificazioni del mondo materiale.

Tecnologia (altri studiosi): Descrizione della maniera di fare o costruire le cose. Nel secolo XIX acquistò il significato di Scienza applicata.

Tecnologia (secondo i Tecnologi): Si definisce tecnologia l'insieme dei processi necessari per trasformare una materia prima in un prodotto finito. In particolare la tecnologia meccanica studia i processi di fabbricazione sia di oggetti destinati all'accoppiamento, quali organi di macchine e parti di strutture, compresi i procedimenti successivi di assemblaggio, sia anche di oggetti isolati, quali barre, tubi, profilati, lamiere.

Tecnica (Treccani): insieme delle norme su cui è fondata la pratica di un'arte, di una professione o di una qualsiasi attività, non soltanto manuale, ma anche strettamente intellettuale; si contrappone a teoria o a scienza. Ad esempio: *Tecnica della pittura ad olio, Tecnica del pianoforte, Tecnica chirurgica, Tecnica commerciale, Tecnica militare.*

Ingegneria: Progettazione, organizzazione, direzione e collaudo delle costruzioni edilizie, stradali, meccaniche, navali, aeronautiche, industriali, degli impianti per l'estrazione e la trasformazione di materie prime, ecc.

La progettazione comprende:

- Aspetti funzionali
- Aspetti costruttivi
- Aspetti tecnologici
- Aspetti estetici

Scheda delle tappe fondamentali del cammino dell'uomo dalla preistoria verso la storia e successivamente verso l'attuale civiltà.

| | |
|----------------------------|--|
| 2,5 ÷ 2 milioni di anni fa | compare l' <i>homo habilis</i> . La preda viene condivisa e consumata insieme. |
| 2 milioni di anni fa | L'uomo riesce a fabbricarsi il primo utensile di lavoro utilizzato per costruire altri strumenti. |
| 1 milione di anni fa | Prima presenza umana fuori dall'Africa. |
| 900.000 anni fa | Migrazione dall'Africa all'Asia e poi all'Europa |
| 400.000 anni fa | In Cina si riesce a conservare il fuoco provocato dai fulmini e successivamente a generarlo. |
| 100.000 anni fa | Comparsa dell' <i>homo sapiens</i> in Sud Africa. |
| 40.000 ÷ 35.000 anni fa | L'uomo <i>sapiens</i> giunge in Europa. |
| 35.000 ÷ 30.000 anni fa | Venere di Willendorf. |
| 20.000 anni fa | Invenzione dell'arco (la lancia era stata inventata molto tempo prima). Migliorano le possibilità di caccia. |

10.000 anni fa

8.000 anni fa

6.000 - 5.000 a. C.

3.500 a. C.

3.000 a. C.

2.500 a. C.

800 a. C.

21 aprile del 753 a. C.

Fine dell'ultima glaciazione.

La popolazione mondiale ammonta a circa 10.000.000 di individui

Rivoluzione neolitica. Si passa da una economia *selvaggia* ad una *barbara*. Da una economia di caccia e raccolta all'agricoltura e all'allevamento del bestiame; dal nomadismo al sedimentarismo.

Inizia ad essere utilizzata la scrittura e si passa dalla preistoria alla storia.

Si sviluppano le grandi civiltà idrauliche nella valle del Nilo, in Mesopotamia (tra i fiumi Tigri ed Eufrate), nella valle dell'Indo. Iniziano a svilupparsi con l'idraulica la matematica, la geometria ed anche l'astronomia ed altre tecniche ingegneristiche.

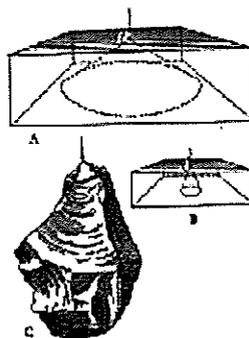
Inizia, nella valle dell'Indo, l'epoca della metallurgia. Si inizia con il rame (o il bronzo), ma forse anche con l'oro e l'argento.

Inizia l'età del ferro.

Data di fondazione di Roma.



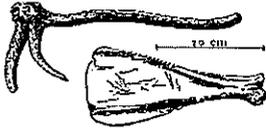
Magazzino di frumento predinastico ad El-Fayum in Egitto. Diametro 110 cm



Coni di percussione



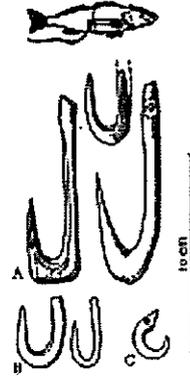
Scure a mano



Rastrello a paletta
da ossa di animali



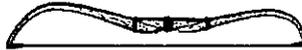
Attrezzi da miniera



Ami mesolitici



Legno di arco mesolitico
145 cm



Arco eschimese
da corna di renna

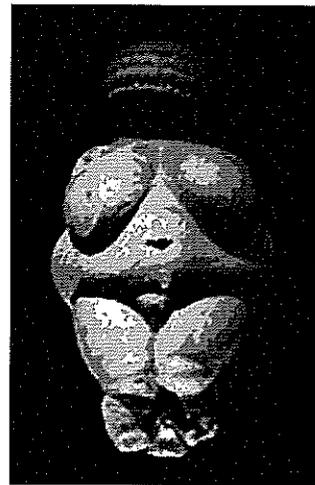


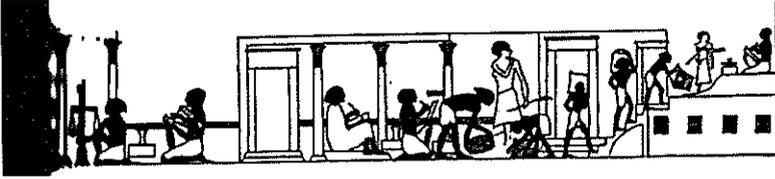
Nassa in vimini
(mesolitico)

Venere di Willendorf

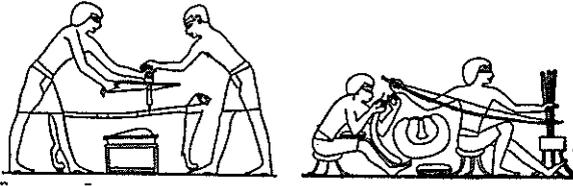
La statuetta fu rinvenuta nel 1908 dall'archeologo Josef Szombathy, in un sito archeologico risalente al paleolitico, presso Willendorf, in Austria. È scolpita in una oolite di pietra calcarea non originaria della zona, ed è dipinta con ocre rosse.

Intorno al 1990, dopo un'accurata analisi della stratigrafia del luogo, e dopo precedenti datazioni che la ponevano inizialmente al 10.000 a.C. poi fino al 32.000 a.C., fu stimato che la statuetta sia stata realizzata da 24.000 a 26.000 anni fa

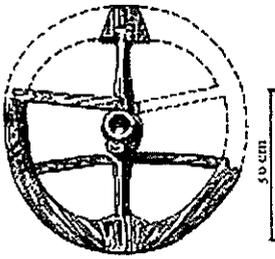




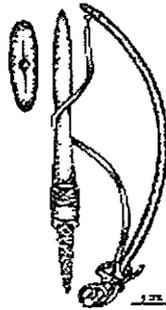
Magazzinaggio del raccolto. Da una tomba a Beni Hasan in Egitto (1900 a.C. circa)



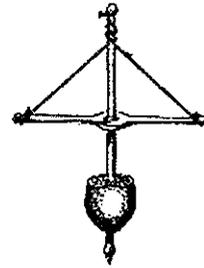
Carpentieri e fabbricanti egizi di collane. Da una tomba di Tebe (1450 a.C. circa)



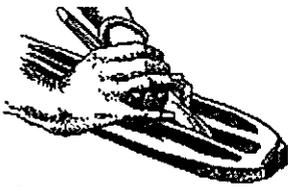
Ruota. Tarda età del bronzo



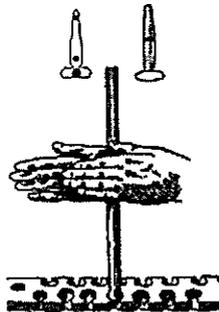
Trapano ad archetto



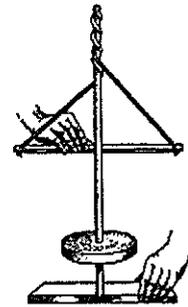
Trapano ad archetto con girello



Aratro da fuoco



Trapano da fuoco

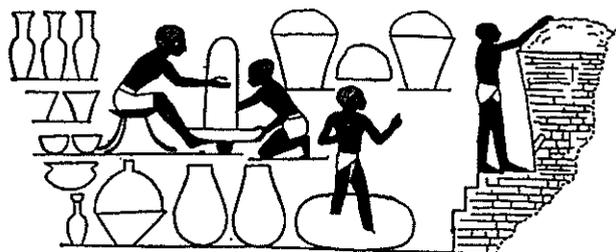


Trapano a bilanciere con volano

Le suppellettili di ceramica



Rustica ruota da vasaio



Officina di vasaio. Da una una tomba di Tebe (1450 a.C. circa)



A



B

Lucerne di terracotta.

A di tipo fenicio

B di tipo Cartaginese



A



B

Vasi neolitici che imitano i sacchi di pelle
nella forma e nella decorazione

I metalli

Rame

Alcuni minerali di rame

Cuprite

Malachite

Azzurrite

Calcosite

Calcopirite

Le prime fusioni

Temperatura di fusione del rame

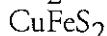
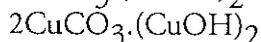
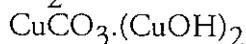
T Trattamenti dei minerali per ottenere il rame: Arrostitimento seguito da tre fusioni (purezza 95%); L'incrudimento e la ricottura.

Fucinatura

Dopo tempera negativa:

Se incrudito:

Lingotti a forma di pelle di bue



3500 a.C.

1084,6 °C

tra 650 e 850°C

$k_T = 200 \text{ Mpa}$ A = 50 %

$k_T = 450 \text{ Mpa}$ A = 1,5 %

(peso 70 kg)

Stagno

Temperatura di fusione dello stagno 282 °C

Bronzo

Caratteristiche dipendenti dalla percentuale di stagno. Probabile iniziale fusione insieme dei due minerali. Le qualità del bronzo (fusibilità, durezza, resistenza)

| | |
|--------------------------------|------------------------------|
| Bronzi al 4 ÷ 7 % di stagno | Monete |
| Bronzi al 8 ÷ 11,5 % di stagno | Fonderia, Organi di macchine |
| Bronzi al 12 ÷ 20 % di stagno | Bronzine |
| Bronzi al 20 ÷ 24 % di stagno | Campane |
| Bronzi al 20 ÷ 36 % di stagno | Specchi |



Mucchio di oggetti di metallo
età del bronzo



Colata di una porta in bronzo (Tebe 1500 a.C)

Ferro

L'età del ferro (1900 ÷ 1400 a.C.).

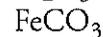
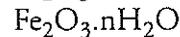
Minerali di ferro

Magnetite

Ematite

Limonite

Siderite



Classificazione delle leghe Fe-C

Ferro contenente dallo 0,01 al 0,32 % di C

Acciaio contenente dallo 0,32 al 1,70 % di C

Ghise contenente dal 2,50 al 5 ÷ 6 % di C

Caratteristiche delle leghe ferro - carbonio

| | |
|---------|--|
| Ferro | malleabile, saldabile, non fusibile, non temperabile |
| Acciaio | malleabile (meno del ferro), saldabile, fusibile (meno della ghisa), temperabile |
| Ghisa | non malleabile, non saldabile, fusibile, non temperabile |

Effetti della tempra

- Aumento della durezza (2,5 ÷ 3 volte)
- Aumento del carico di rottura (50 ÷ 100 %)
- Aumento del carico limite di elasticità, circa doppio di quello di partenza
- Diminuzione dell'allungamento percentuale
- Aumento della fragilità

Altri trattamenti

- Rinvenimento al giallo (210°÷245°), al rosso (260°÷275°), all'azzurro (300°).
- Ricottura
- Cementazione

Valutazione della temperatura del ferro attraverso le colorazioni assunte

| | |
|-----------------------------|---------|
| • Azzurro | 300 °C |
| • Rosso nascente | 500 °C |
| • Rosso scuro | 600 °C |
| • Rosso ciliegia scuro | 700 °C |
| • Rosso ciliegia chiaro | 800 °C |
| • Arancio scuro | 900 °C |
| • Arancio chiaro | 1000 °C |
| • Giallo nascente | 1100 °C |
| • Giallo chiaro | 1200 °C |
| • Bianco | 1300 °C |
| • Bianco sudante o saldante | 1400 °C |
| • Bianco fondente | 1500 °C |

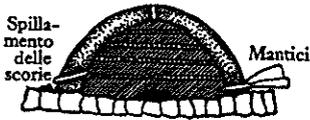
Notizie storiche

Sembra che inizialmente solo gli ittiti conoscessero i processi di produzione e per lungo tempo ne detennero il monopolio.

- La caduta dell'impero ittita provocò lo sparpagliamento dei fonditori lungo la costa orientale del Mediterraneo e successivamente nell'Italia meridionale.
- Dall'Italia meridionale la tecnica fu trasmessa agli umbri e successivamente agli abitanti delle Alpi orientali (Noricum), zona ricca di siderite (carbonato

di ferro) minerale esente da impurità quali zolfo e fosforo e quindi ottimo per la fabbricazione di ottimi acciai.

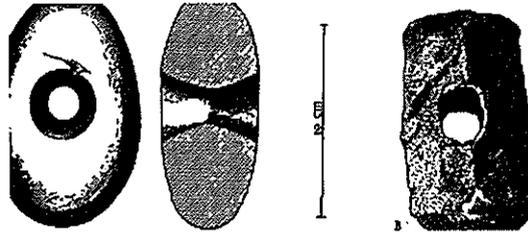
- I romani e i Celti utilizzarono largamente tali miniere.
- Lentamente queste tecniche si perfezionarono, mentre si sviluppava l'*invenzione* di nuovi attrezzi, quali *tenaglie* e *martelli*.
- Sembra che gli egizi a partire dal 1200 a.C. iniziarono a carburare il ferro e solo tra il 900 e il 700 a.C. scoprirono la tempra; il rinvenimento fu una scoperta dei romani.
- Si crede che la vera età del ferro inizi in Egitto non prima del 600 a.C.



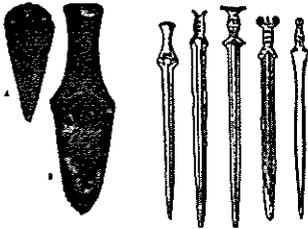
Schema di forno primitivo per la produzione di ferro dolce. Esso contiene strati alterni di carbone e di minerale, ammassati su una piattaforma circolare di pietra e ricoperti di argilla. Dei mantici inseriti nella cupola di argilla immertono aria forzata per molte ore. Il ferro si concentra in forma di massa spugnosa sul fondo.



A - sega di selce proveniente dalla Svezia
B - sega egizia di bronzo



Martello neolitico (Redgrave)



Daga in rame
e spade di bronzo



Daga di ferro proveniente dalla tomba di Tutankhamen.
Manico di cristallo di rocca e di avorio ornato con oro.
1500 a.C. circa

Il problema dell'energia

Gli animali da soma

L'influenza degli schiavi nelle economie egiziana, greca e poi romana fu minima ed in pratica trascurabile. Per contro gli animali (cavalli, muli e asini) furono utilizzati per secoli in modo errato. In sostanza a tali animali furono adattati gli stessi

finimenti dei buoi, animali lenti, con caratteristiche diverse, adatti a lavori che richiedono grandi forze, non certamente per il trasporto, per il quale si richiede maggiore velocità.

Un cavallo è in grado di trasportare sulla soma un carico quattro volte maggiore dell'uomo, mentre nel tiro questo carico sale a quindici volte. Con i finimenti impiegati sino al medioevo però i cavalli erano in grado di tirare un carico non maggiore di quattro volte quello di un uomo.

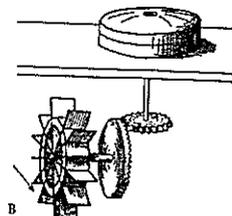
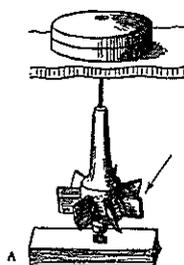
Un cavallo però mangia quanto quattro uomini; in conseguenza l'impiego del cavallo diviene conveniente soli in periodi di scarsità di manodopera.

Solo tra il decimo e il dodicesimo secolo, in seguito alle invasioni delle tribù della steppa, gli europei conobbero e adottarono finimenti più idonei, in grado di consentire agli animali di esplicare tutta la loro potenza.

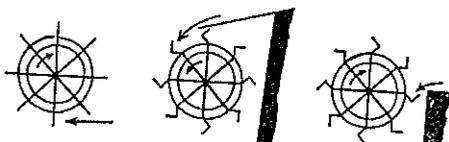
GI mulini ad acqua e i mulini a vento



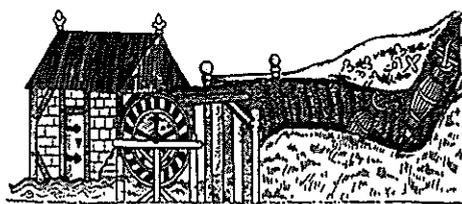
Mulino idraulico tipo scandinavo



A – mulino idraulico orizzontale
B – mulino idraulico verticale



Ruote da mulino a palette

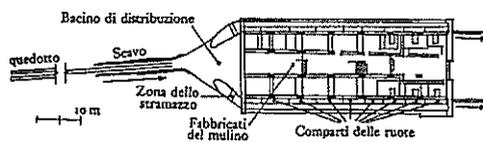


Il canale è arginato con nasse in modo da formare una chiusa che innalza l'acqua a un livello di carico sufficiente perché essa, per caduta possa spingere la ruota per di sopra.

Salterio di Luttrell, 1338 circa



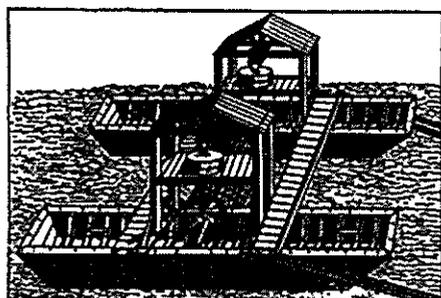
Ricostruzione mulini di Barbegal



Vista in pianta dei mulini di Barbegal

Caratteristiche tecniche dei mulini di Barbegal

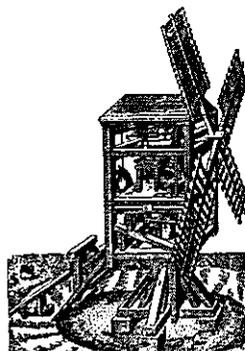
- Canale profondo 5,60 m e largo 2,0 m
- Dislivello 18,60 m; pendenza 30°
- Macina inferiore: spes. 45 cm; D= 90 cm
- Produzione oraria: 15 ÷ 20 kg, pari a 240 ÷ 320 kg/h e a 2,8 tonnellate in una giornata di dieci ore



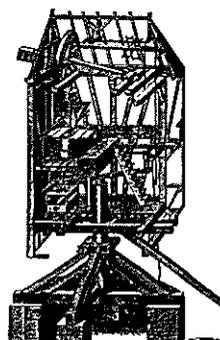
Mulino galleggiante. Ciascuna delle due barche collegate fra loro e situate dove la corrente era più rapida era dotata di macine; tra le barche era sistemata la ruota idraulica che azionava i mulini. 1595



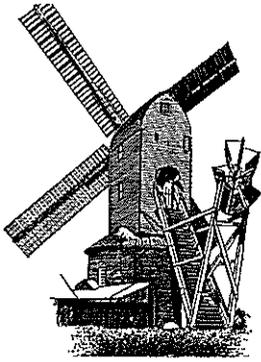
Forgia con maglio idraulico



Mulino a pilastro per macinare il grano



Mulino a pilastro



Evoluzione del mulino a pilastro



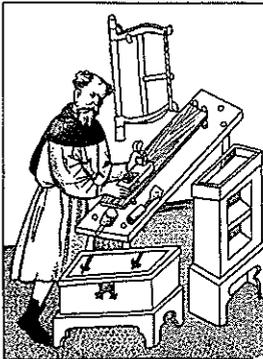
Evoluzione del mulino a pilastro

Secondo i greci le macchine si dividevano in macchine semplici: leva, cuneo, vite, puleggia e verricello, cui si aggiunse in seguito il piano inclinato, e macchine complesse che erano una combinazione delle precedenti.

Nel medioevo si scopre il sistema biella-manovella che consente la trasformazione del moto circolare in alternativo e viceversa.

Compaiono inoltre le carriere e vengono utilizzati elementi elastici per il moto di ritorno nei movimenti alternativi.

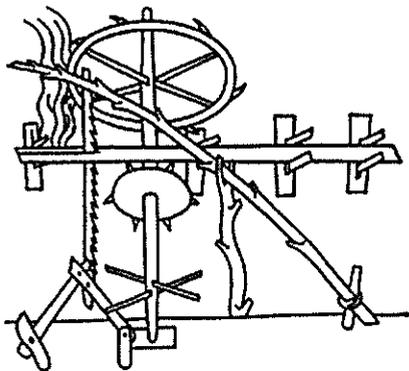
Viene riscoperta la pialla nei lavori in legno.



Falegname che usa una pialla (1404)



Lavori edili



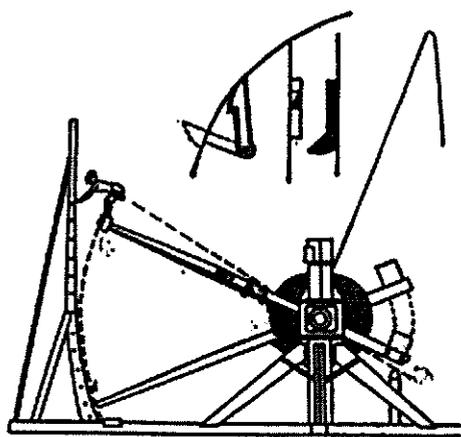
Schizzo di Villard de Honnecourt rappresentante una sega ad azionamento idraulico, 1250 circa.



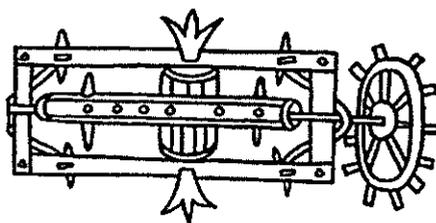
Tornitura di una coppa di legno su tornio a balestra. Da un manoscritto francese del 14° secolo

La maggiore attività in questo periodo si ha in Italia e nella bassa Germania. L'Inghilterra e la Francia, infatti, erano impegnate nella guerra dei cento anni (1338 - 1453). Inoltre tra il 1348 e il 1350 imperversò la morte nera.

Si costruiscono argani con braccia anche di dieci metri e martinetti a vite

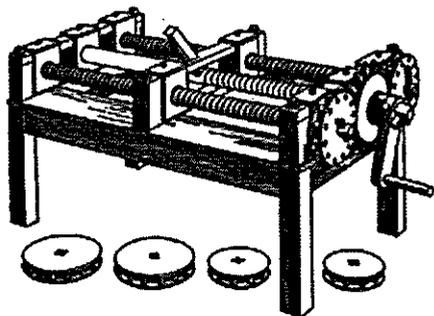


Ricostruzione di un argano medievale per sollevare pesi rilevanti mediante leva oscillante a pioli

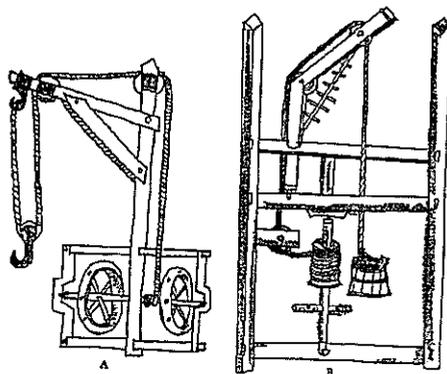


Macchine per forare tronchi d'albero da usare come tubazioni per l'acqua; probabilmente la ruota indicata sull'albero che porta l'attrezzo di taglio dovrebbe essere una ruota idraulica. Il pezzo a forma di barile è presumibilmente destinato a spingere avanti il tronco nella misura che il lavoro procede.

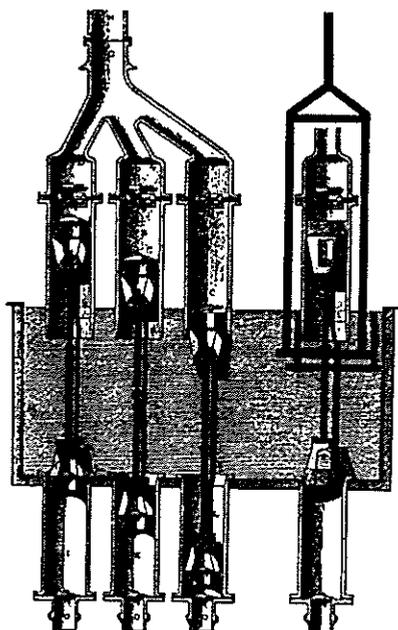
Da un manoscritto del 1430 circa.



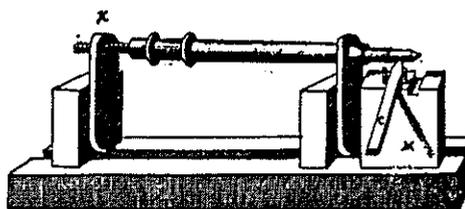
Macchina di Leonardo per la filettatura delle viti. Il tondino viene montato al centro e fatto girare dalla manovella. Un carrello che porta l'utensile (al centro) è fatto avanzare da due viti laterali azionate da ingranaggi collegati alla stessa manovella. Variando i rapporti fra il numero di denti degli ingranaggi si varia il passo della vite filettata sul tondino. Da un modello esistente allo Science Museum di South Kensington.



Schema di gru (1400)



Macchina per pompare acqua dalla Senna (Parigi, 1670)



Taglio della vite sul mandrino per mezzo dell'utensile c, il quale è fissato al blocco m. Una vite di guida saldata alla fine del mandrino si avvita in una madrevite nel supporto k; così la precisione della vite sul mandrino stesso dipende dalla precisione della vite di guida.

Notizie storiche

La più grande ruota idraulica fu costruita da Luigi XIV nel 1682 per alimentare le fontane di Versailles. Si suppone che avesse una potenza di 75 HP. Il suo rendimento però decadde rapidamente per incuria e mancanza di manutenzione.

Alla fine del XVIII e nel XIX il rendimento delle ruote migliorò notevolmente. Smeaton, infatti, ne aveva studiato il comportamento, dimostrando che una ruota alimentata per di sopra ha teoricamente un rendimento del 63 %, mentre in una ruota alimentata per di sotto il rendimento è solo del 23 %.

Una ruota Smeaton alimentata per di sotto aveva un diametro di 9,75 metri ed una larghezza di 4,60 metri.

Nei secoli XVI e XVII continua la separatezza tra scienza e tecnologia. Gli scienziati, anzi i filosofi naturali, si assegnano il compito di interpretare e spiegare i fenomeni naturali; gli artigiani si occupano di applicazioni per risolvere problemi pratici.

Specie nel seicento però comincia a farsi strada l'idea che scienza e applicazioni debbano collaborare e che uno scambio tra i due settori sia giovevole per entrambi.

A tale orientamento contribuirono filosofi e scienziati come Francesco Bacone, Galileo Galilei e Renato Cartesio.

Nel 1660 viene fondata la *Royal Society*. Robert Hooke dichiara che gli scopi della Società dovevano essere sia il miglioramento della conoscenza della natura, delle arti e della produzione mediante gli esperimenti, sia la rivalutazione delle arti e delle invenzioni.

Anche Boyle sostiene che tra scienza e tecnica vi debba essere uno stretto contatto.

Tuttavia in tale periodo solo la tecnica della navigazione fu decisamente influenzata, e non poteva essere diversamente, dalla scienza. Bisognerà attendere l'inizio del 900 perché diventi sempre più decisivo il rapporto tra scienza e tecnologia.

In quel periodo vengono pubblicati (1556) il *De re metallica* di Giorgio Agricola (1494-1555) ed il *Pirotechnia* (Venezia 1540) di Vannoccio Biringuccio.

Furono introdotte nuove sostanze e nuovi cibi dalle America e dall'oriente: chinino, coca, canapa indiana, oppio, patate, mais, semi oleosi, canna da zucchero, tabacco, tè, caffè, cacao; si diffonde la cultura del riso e l'allevamento dei tacchini.

La patata viene coltivata in Spagna a partire dal 1570.

La prima nave carica di tè giunse in Europa nel 1649. Entro il 1750 divenne in Gran Bretagna una bevanda popolare e a basso costo. In Francia, Italia e Germania si preferì il caffè.

Numerosi gli studiosi in questo periodo. Tra essi va ricordato Boyle in Gran Bretagna, Glauber in Francia e Kunckel in Germania e poi in Svezia.

Già da tempo erano migliorate le tecniche di distillazione che venivano impiegate per la produzione di liquori quali la grappa in Olanda ed il gin in Inghilterra.

Quest'ultima produzione assunse un carattere preoccupante per la diffusione di gin di bassa qualità e a basso prezzo. "Ubriaco per un penny ubriaco fradicio per due" diventò la spia di un profondo malessere sociale.

Nel periodo (sec. XVII) la Toscana aveva il primato per la produzione di smalti, l'Arabia per la lavorazione di gioielli, l'Italia per l'oreficeria, la Francia per il vetro e la Spagna per la chimica. Successivamente la Germania acquisì un primato nella metallurgia e nella coltivazione delle miniere.

Venezia difendeva la supremazia acquisita nella produzione di vetri di Murano. Il Consiglio dei dieci aveva il potere di condannare a morte l'artigiano che ne avesse rivelato i segreti. La Francia tuttavia riuscì a inserirsi con i suoi cristalli e con il blu di cobalto.

In questo periodo si sviluppò in Italia (a Faenza, Siena, Gubbio, Ferrara) l'industria della ceramica e della maiolica.

Alcuni contributi della chimica.

Dal legno si produce: carbone vegetale, catrame, pece, resina, potassa, trementina, nerofumo, inchiostro da stampa.

Nell'antichità non si hanno notizie dell'impiego del carbon fossile. D'altronde nel bacino del Mediterraneo e nelle zone di sviluppo delle tre civiltà fluviali non vi sono affioramenti superficiali di miniere di carbone. Si ha qualche notizia dell'impiego del carbon fossile in Gran Bretagna durante l'occupazione romana, ma tale uso non fu determinante nell'economia locale e in ogni caso cessò dopo le invasioni barbariche. Per contro risulta un intenso sfruttamento delle miniere cinesi soprattutto per alimentare le fucine di lavorazione del ferro.

In Europa il carbone si comincia ad utilizzare nel tredicesimo secolo, soprattutto nella zone di Liegi. Le miniere sopra la città erano ricche di carbon fossile e fu possibile scavare dei canali di scolo, che utilizzavano l'acqua delle gallerie della miniera per alimentare la città.

Anche in Gran Bretagna a partire dalla fine del 600 e poi nel corso del 700 inizia una intensa utilizzazione delle miniere di carbone.

Il carbone è utilizzato non solo per usi domestici, e in particolare nei caminetti per il riscaldamento, ma anche da raffinatori di zucchero, tintori, cappellai ed anche alcuni fornai cercavano carbone. Londra ormai dipendeva dai rifornimenti di carbone.

Il passaggio da un'economia fondata sull'impiego della legna a quella che utilizzava il carbon fossile imponeva però soluzioni di tre ordini di problemi:

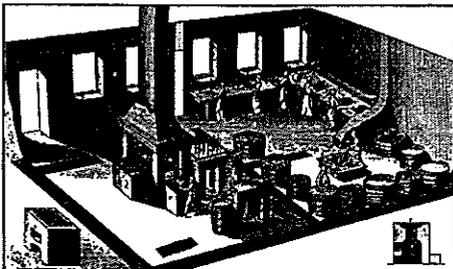
- Possibilità di utilizzare il carbone da parte delle industrie;
- Soluzione di problemi inerenti alla coltivazione delle miniere;
- Trasporto del carbone dalle miniere ai luoghi di utilizzazione.



Processi per bruciare il carbone vegetale



Distillazione a vapore



Produzione della lamiera stagnata. Le lamiere, rozzamente pulite su una mola, vengono immerse per la durata di 24 ore in una soluzione di segala fermentata per eliminare le scaglie (c). Sono pulite da donne in (g) e collocate in tinozze di acqua. In (f) le lamiere vengono immerse in stagno fuso (coperte con sego per prevenire l'ossidazione), dapprima tutte insieme e poi una per una. Vengono poi messe ad asciugare su una rastrelliera (n).



Fornace ad alveare



Vista generale di una fabbrica di sapone. Sul fondo i bollitori con i recipienti per l'olio e la lisciva. (A sinistra) Si stanno pesando e portando via le forme di sapone; sono visibili le tavole sulle quali il sapone caldo si raffredda e si solidifica; (A destra) si sta tagliando il legno, preparando e bollendo la lisciva; (Centro) imballaggio del sapone.



Fornace per produzione di vetro

Il legno, o il carbone di legna, era utilizzato per la fabbricazione dei materiali ferrosi e di molte altre leghe, per la costruzione delle navi e, attraverso le ceneri, per ricavare soda e potassa da utilizzare nella fabbricazione del vetro, dei saponi e in altri procedimenti chimici. Alla distruzione dei boschi si opponevano fortemente le popolazioni locali.

Impossibilità di utilizzare il carbon fossile nella siderurgia. Soluzione del problema nel caso dell'essiccazione del malto della birra e del vetro. Alla mancata soluzione nel caso della produzione di prodotti ferrosi contribuì forse anche il basso costo del carbone di legna, visto che era conveniente spostare i forni in vicinanza delle foreste e trasportare il minerale di ferro.

Devono passare circa cinquanta anni prima che si trovi una soluzione per il ferro.

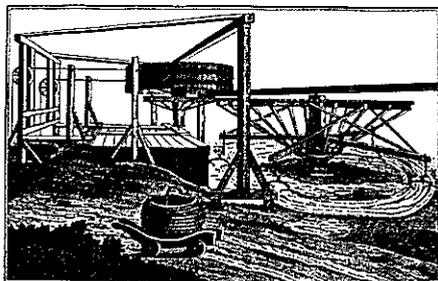
Il problema del drenaggio delle miniere si era presentato già nelle miniere del centro Europa. Verso la fine del 500 gli inglesi applicarono le soluzioni continentali alle loro miniere. Non era risolto però il problema dell'energia, considerato il notevole aumento della richiesta di carbone. Si utilizzava prevalentemente l'energia dei muli, visto che i fiumi non si potevano spostare.

Per il trasporto sin dove possibile si utilizzavano rotaie di legno e vagoncini che in discesa collegavano le miniere con i fiumi navigabili. A riportare in alto i vagoni pensavano i cavalli.

In sostanza in Gran Bretagna l'impiego del carbone pose problemi che solo la rivoluzione industriale avrebbe potuto risolvere

Verso la fine del regno di Elisabetta I (1533-1603) l'Inghilterra cominciò ad utilizzare il carbon fossile, ma solo alla fine di quel secolo il consumo aumentò progressivamente consentendo per molti anni un grande sviluppo.

Anche altri paesi europei, e in particolare la Francia, ed anche gli Stati Uniti, che in realtà non avevano ancora raggiunto l'indipendenza, imitarono la Gran Bretagna.



Macchina trainata da cavalli (Newcastle 1773)



"Tram a cavallo" (Newcastle 1773)

CONTRIBUTO DI BRUNO DI MAIO

L'EPOCA DEI TUBI A VUOTO. INTRODUZIONE. LE QUATTRO "C" .

Il termine "informazione" viene introdotto nella letteratura scientifica da Gregory Bateson (1904 - 1980), antropologo, cibernetico e pioniere dell'ecologia, in questo modo:

"Information is a difference which makes a difference".

Forse, in italiano, riesce più efficace tradurre "Difference" con "Novità". Non ogni cosa o comunicazione nuova costituisce di per sé un'informazione, ma solo quella che mette in moto altre novità. Per fare degli esempi non connessi con l'Ingegneria, basti pensare, in negativo, alla quantità di prodotti editoriali oggi in circolazione, spesso presentati, enfaticamente, come "novità" ed, in positivo, al concetto di "microcredito", per il quale Muhammad Yunus ha vinto il premio Nobel per la pace nel 2006. La natura astratta della definizione di informazione non preclude il suo trattamento scientifico e quantitativo. Infatti Claude E. Shannon (1916-2001), ed altri, posero i fondamenti della "teoria dell'informazione" ("Information theory"), che considera l'informazione come *quantità* associata ad un messaggio e quindi soggetta a misurazione e rappresentazione. In tal modo ci si può rendere conto come *l'Informazione* sia divenuta uno degli oggetti dell'Ingegneria, intesa come la scienza che analizza e progetta sistemi (statici e dinamici) attraverso modelli matematici, in diversi campi di applicazione.

Il termine: "Informazione" viene usato oggi in una varietà di significati e contesti, attinenti in prevalenza a comunicazione, controllo, forma, istruzione, dati, conoscenza, percezione, rappresentazione. Si parla, in particolare, di "Società dell'informazione" (*Information Society o Knowledge - Based Society*) intendendo l'informazione e la conoscenza come risorse immateriali, a partire dalle quali è possibile sviluppare l'economia, analogamente a quanto avviene per l'energia o le materie prime.

In brevi cenni storici, lo sviluppo dell'Ingegneria dell'Informazione, sotto il profilo industriale ha avuto origine essenzialmente nel mondo statunitense, come specializzazione dell'Ingegneria Elettronica, a partire dalla prima decade del secolo scorso. L'Ingegneria Elettronica, a sua volta, si distaccò dall'Ingegneria elettrotecnica, che tratta principalmente la generazione, trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica, con lo sviluppo su vasta scala dei sistemi di telecomunicazione senza fili, grazie all'invenzione dei "tubi elettronici a vuoto". Il suo nome fa riferimento al moto degli elettroni (scoperti da Lorentz e Thompson nel 1897) in mezzi non metallici, come il vuoto, i gas rarefatti e, più tardi, i semiconduttori. Nel 1912, contestualmente al diffondersi dei primi sistemi di radiocomunica-

zione, venne fondato l'IRE (*Institute of Radio Engineers*) che nel 1963 si fuse con l'AIEE (*American Institute of Electrical Engineers*), dando vita alla prestigiosa associazione IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*). Contemporaneamente avveniva una graduale differenziazione delle attività industriali connesse con l'impiego dei tubi a vuoto, secondo lo schema detto "delle quattro C": Comunicazioni, Componenti, Controlli, Calcolatori.

L'INSERIMENTO CULTURALE DELL'INFORMAZIONE NELL'INGEGNERIA IN ITALIA.

Si è già ricordato che nel 1989, l'ordinamento italiano degli studi d'ingegneria è stato riformato, aggiungendo in particolare i Corsi di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni, in Ingegneria Informatica ed in Ingegneria dell'Automazione, e raggruppando i Corsi laurea di antica e nuova istituzione in quattro settori, cioè *Ingegneria edile*, *Ingegneria civile*, *Ingegneria industriale*, *Ingegneria dell'Informazione*. In virtù del provvedimento del 1999, interessante un riassetto didattico dell'intera università, il "settore" corrisponde alla "Classe di laurea", ciascuna della quali ora accorpa "vasti ambiti culturali e professionali".

Il settore dell'Informazione del vigente riordinamento degli studi di Ingegneria è stato costituito appunto nella prospettiva della "Società dell'Informazione", più sopra introdotta, sulla falsariga delle quattro "C". Esso comprende infatti i Corsi di laurea in Ingegneria Elettronica, Ingegneria Informatica, Ingegneria delle Telecomunicazioni ed Ingegneria dell'Automazione.

Considerato il diverso sviluppo storico, è opportuno istituire un confronto orientativo tra i termini italiani e quelli anglosassoni oggi in uso, come segue:

SISTEMA ANGLOSASSONE

Electrical (and) Electronic engineering
Computer Science
Information Technology

Information Engineering

SISTEMA ITALIANO

Ingegneria dell'informazione
Ingegneria Informatica
parte di Ingegneria delle telecomunicazioni
parte di Ingegneria Informatica (Ingegneria del software)

L'origine industriale delle quattro "C" rende conto della perdurante unitarietà della specificazione professionale: "Electronic Engineering" nel mondo anglosassone. D'altro canto, essa spiega perché, in contesti culturali più caratterizzati in senso accademico, come quello italiano, ciascuna delle "C" abbia, nel tempo, dato origine ad un corso di studi autonomo.

La prima "C": Comunicazioni.

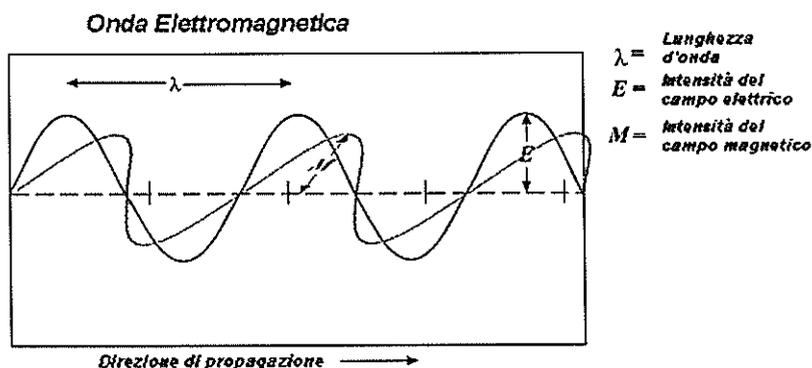
I fondamenti teorici delle Comunicazioni elettriche si ritrovano principalmente nell'elettromagnetismo, formulato in modo completo da James C. Maxwell nel 1865.

1837 SAMUEL MORSE inventa il telegrafo che trasforma (codifica) l'informazione in segnale elettrico trasmissibile via filo.

1871 ALEXANDER G. BELL brevetta il telefono che trasforma la voce in una variazione di corrente elettrica e ne trasmette la trasmissione via filo. Solo nel 2002 il Congresso USA riconosce il merito dell'invenzione all'italiano ANTONIO MEUCCI.

1888 HEINRICH HERTZ realizza le onde elettromagnetiche di Maxwell.

1896 GUGLIELMO MARCONI realizza la trasmissione telegrafica senza fili attraverso onde elettromagnetiche.



Elementi essenziali di un'onda elettromagnetica

La figura descrive l'onda elettromagnetica come una coppia di sinusoidi che si muovono solidalmente nello spazio (vuoto) alla velocità della luce. Pertanto, in un dato istante, la configurazione dei campi elettrico e magnetico nello spazio corrisponde all'andamento sinusoidale sopra riportato graficamente, mentre, in un dato punto dello spazio, grazie allo spostamento dell'onda lungo la direzione di propagazione, il campo elettrico ed il campo magnetico variano nel tempo ancora in modo sinusoidale.

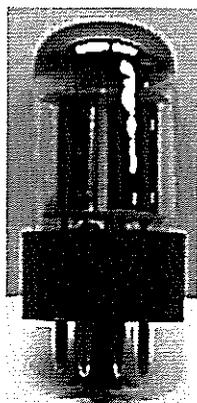
I fisici dell'epoca erano scettici sulle possibilità delle radiocomunicazioni a grande distanza, perchè, secondo Maxwell, le onde elettromagnetiche si propagano in linea retta e quindi non avrebbero potuto superare ostacoli come i rilievi montuosi. Marconi si convinse che la situazione reale poteva essere più favorevole e ne ebbe la conferma nel suo esperimento fondamentale. La ragione dell'apparente

contrasto stava nella presenza della riflessione ionosferica, dimostrata poco dopo da A.E. Kennelly e da O. Heaviside. Marconi effettuò la prima trasmissione senza fili sul mare da Ballycastle all'isola di Rathlin nel 1898. Nel dicembre dello stesso anno, per la prima volta da un battello attrezzato con radio parte una richiesta di soccorso. Nel 1901, Marconi effettua la prima trasmissione transoceanica dalla Cornovaglia all'Isola di Terranova. Nel 1912 si sperimenta il grande impatto mondiale delle radiocomunicazioni: il *Titanic* lancia l' SOS prima di affondare, il *Carpathia* riceve il messaggio e soccorre il grande transatlantico in difficoltà.

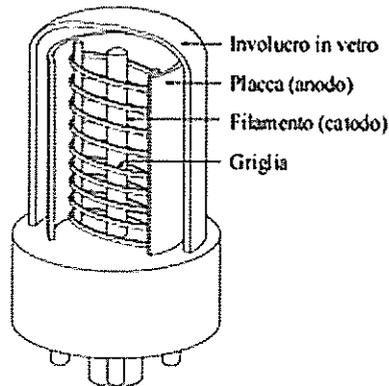
La seconda "C": Componenti

1902 AMBROSE FLEMING inventa il diodo a vuoto. Il diodo funziona come raddrizzatore, cioè consente il passaggio di corrente nello spazio vuoto tra l'anodo ed il catodo solo quando la tensione applicata fra tali elettrodi è positiva.

1906 LEE DE FOREST inventa il triodo con il quale realizza i primi oscillatori ed amplificatori. L'inserimento del terzo elettrodo (griglia) fra l'anodo ed il catodo, del diodo di Fleming, consente, applicando una piccola tensione fra la griglia e il catodo, di variare di molto la corrente che attraversa il tubo, (effetto di amplificazione).



Diodo a vuoto



Triodo

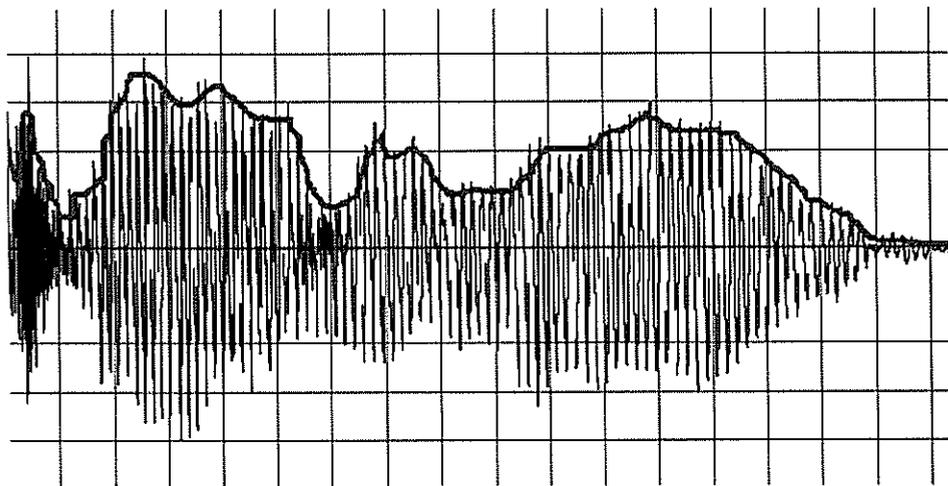


Grafico di una sinusoide modulata in ampiezza. Sinusoide "portante"
e Profilo del segnale corrispondente ad un messaggio.

La figura mostra la configurazione essenziale degli elementi di una trasmissione radio relativa ai primi tempi del suo sviluppo: una sinusoide (prodotta da un oscillatore) la cui ampiezza è variata (modulata) secondo un andamento che può contenere un messaggio (segnale). La comunicazione a distanza di tale messaggio avviene mediante una o più antenne in grado di generare onde hertziane:

L'onda trasmessa conserva l'informazione corrispondente alla modulazione, che può essere estratta da un ricevitore equipaggiato con un sistema raddrizzatore.

Tale descrizione, del tutto qualitativa, rende conto della funzione essenziale dei tubi a vuoto sopra richiamati: il diodo nel ricevitore ed il triodo (e sue varianti) nel trasmettitore.

Pertanto i tubi a vuoto saranno gli unici componenti impiegati nell'elettronica fino al 1948, ossia fino all'avvento dei dispositivi a semiconduttore.

LO SVILUPPO DELLE COMUNICAZIONI NELLA SECONDA GUERRA MONDIALE

La straordinaria fecondità del campo delle radiocomunicazioni, coltivato in laboratorio agli inizi del 900 e successivamente nell'industria, doveva trovare uno straordinario moltiplicatore in un evento purtroppo tragico: la seconda guerra mondiale. Sotto la spinta delle necessità belliche, la fatale competizione tra l'industria tedesca e quella anglosassone fece dell'Elettronica (allora essenzialmente dedicata alle comunicazioni radio) un settore strategico almeno quanto l'indu-

stria pesante. Nel 1906, E. Bellini e A. Tosi dimostrarono che il segnale ricevuto da una certa sorgente poteva servire a localizzarla. Negli stessi anni, C. Huelsmeyer ideò un sistema ad onde elettromagnetiche che utilizzava l'eco prodotto dalla loro riflessione da parte di scafi metallici per evitare collisioni nei porti nebbiosi. Nei primi decenni del 900, tutti i principali Stati tentarono lo sviluppo della radiolocalizzazione a scopo militare, intuendone l'importanza decisiva.

La corsa ad un sistema affidabile a tale scopo, detto RADAR (Radio Detection and Ranging) fu vinta dal Radiation Laboratory del MIT (Massachusetts Institute of Technology), costituito dopo la caduta della Francia nel 1940, con la collaborazione inglese. In estrema sintesi, il RADAR invia un'onda elettromagnetica nello spazio circostante e risale alla posizione dell'oggetto metallico "illuminato" attraverso l'esame dell'onda riflessa da quest'ultimo.

Il RADAR utilizza trasmettitori e ricevitori capaci di generare e rivelare onde a frequenze altissime ed ha comportato pertanto l'invenzione e lo sviluppo di tubi a vuoto speciali (Magnetron e klystron)

La flotta italiana subì la grave sconfitta di Capo Matapan perché il gruppo di ricercatori guidato da Alan Turing (uno dei pionieri dell'informatica) riuscì a decrittare il sistema di codificazione ENIGMA, usato dall'Asse per le comunicazioni segrete; in tal modo i movimenti della flotta italiana furono conosciuti in anticipo, quindi individuati fisicamente dai radar di bordo della flotta inglese che aprì il fuoco da oltre l'orizzonte, prima di essere visibile dagli avversari.

La terza "C": Controlli



Schema di principio di un sistema controllato

I Controlli studiano il comportamento di un sistema nel dominio del tempo, utilizzando un apparato di retroazione allo scopo di modificare l'uscita del sistema per raggiungere obiettivi prefissati (riferimento). Lo sviluppo cronologico dei fondamentali della teoria dei controlli può indicarsi nel modo seguente.

1877 a E. ROUTH E A. HURWITZ enunciano il teorema generale sulla stabilità dei sistemi lineari

1878 ALEKSANDER M. LJAPUNOV elabora le basi della teoria della stabilità

1930 HARRY NYQUIST elabora il criterio generale che permette di studiare la stabilità di un sistema.

Durante la seconda Guerra mondiale ha luogo un'estesa applicazione dei controlli ai sistemi di puntamento dell'artiglieria ed ai sistemi di guida di navi ed aeromobili, con l'impiego di apparecchiature a tubi elettronici (oscillatori, amplificatori, rivelatori).

La quarta "C": Calcolatori

I primi passi sono quelli ora elencati

1833 riprendendo studi risalenti al 1600, CHARLES BABBAGE progetta la "macchina analitica" meccanica, a schede perforate, *programmabile*, concettualmente simile ai moderni calcolatori.

1939 ALAN TURING formula il modello generale della macchina da calcolo. Dirige il gruppo che decrittò il sistema tedesco di codificazione segreta ENIGMA.

1943 Negli U.S.A inizia la costruzione di ENIAC (Electronic Numeric Integrator and Automatic Calculator), per elaborare traiettorie balistiche per scopi militari. Conteneva 18.000 tubi elettronici ed occupava un ambiente di 130 m².

Gli sviluppi dell'Elettronica hanno reso manifesta l'importanza pratica di una grandezza fisica che prima del 1900 sembrava limitata al campo dell'ottica e della generazione di energia per scopi industriali (50 o 60 Hz), cioè la frequenza di un'onda sinusoidale. Occorre quindi fare delle brevi considerazioni sul *dominio della frequenza* (spettro). Lo sviluppo delle radiocomunicazioni e delle apparecchiature di trasmissione, irradiazione e ricezione ha fatto studiare in modo siste-

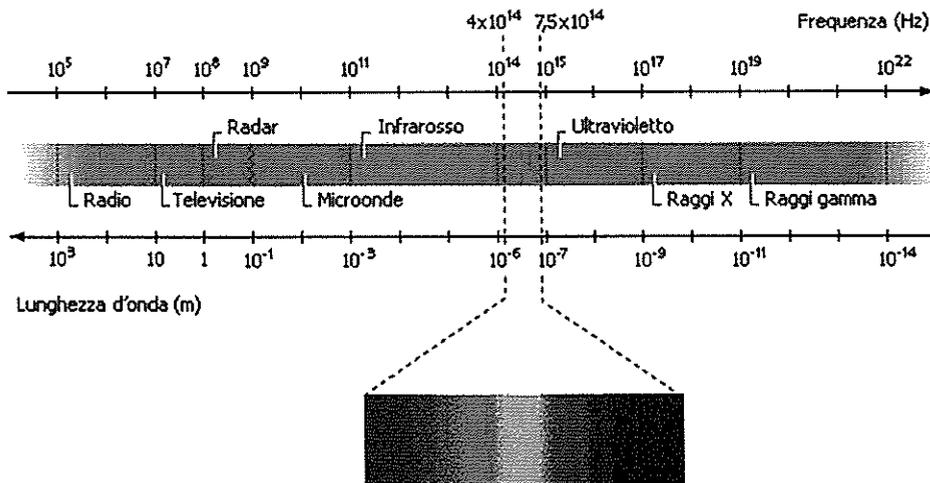


Illustrazione logaritmica dello spettro con indicazione delle principali bande di frequenza

matico le proprietà relative ai segnali di forma sinusoidale tenendo specificamente conto della relativa frequenza. Il grafico e la tabella illustrano da due punti di vista tale situazione, accennando anche ad applicazioni non trattate nel testo per brevità.

| FREQUENZA | APPLICAZIONE | DISPOSITIVO O SISTEMA |
|---|---|--|
| Audio (0-20 KHz) | Registrazione/Riproduzione voce e dati | 1912 Amplificatore con triodi e successivamente con pentodi |
| | Calcolo elettronico | 1917 Multivibratore di Eccles- Jordan |
| | Comando e Controllo | 1927 Amplificatore con reazione negativa |
| | Registrazione/Riproduzione d'immagini | 1922 Cinescopio a raggi catodici 1923 Iconoscopio di Zworykin |
| Onde medie/corte (500 KHz - 100 MHz) piezza | Trasmissione e ricezione via radio di voce e dati | 1912 Oscillatore 1917 Traslatore di frequenza (Eterodina) |
| | Alta fedeltà | 1920 Modulatore/Demodulatore di am- |
| | | |
| Onde ultracorte (500 MHz - 1 GHz) | Trasmissione e ricezione di immagini | 1930 Modulatore/Demodulatore di fre- |
| Microonde (1 - 10 GHz) | RADAR distanziometrici e tachimetrici | 1935 Trasmettitori e ricevitori a Magnetron ed a Klystron |

L'EPOCA DELLO STATO SOLIDO. L'AVVENTO DEI SEMICONDUTTORI.

I cenni storici principali indicano le tre date principali seguenti.

Nel 1906, ALBERT EINSTEIN poté dimostrare che la luce possedeva natura particellare.

Nel 1924, LOUIS DE BROGLIE formulò l'ipotesi della natura ondulatoria della materia.

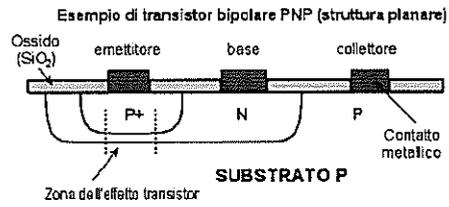
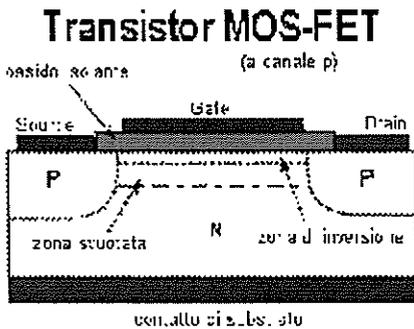
Nel 1927, Erwin Schroedinger diede fondamento teorico a tale ipotesi, che Davisson e Germer dimostrarono sperimentalmente negli stessi anni. In tal modo poté essere spiegato il comportamento degli elettroni in un cristallo (teoria delle bande di energia) che condusse all'avvento dell'elettronica a stato solido su scala industriale.

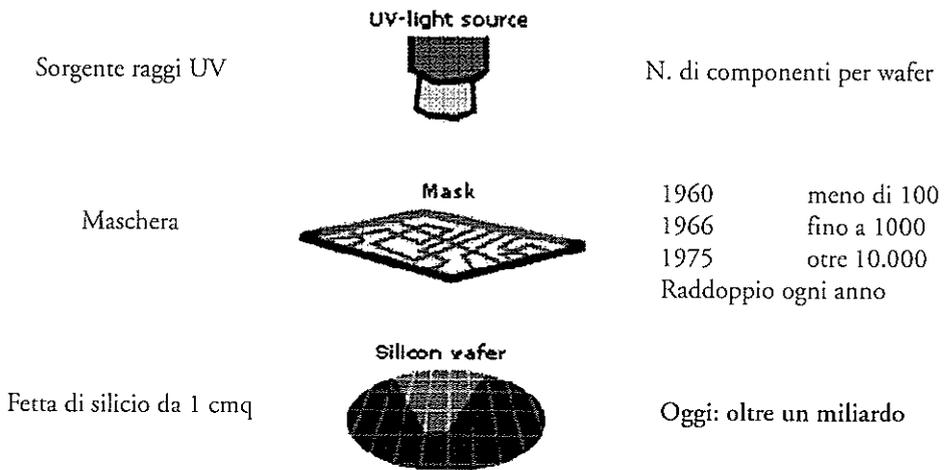
Fin dal 1920, la fisica dei semiconduttori, la conducibilità dei quali si può variare attraverso il campo elettrico applicato, aveva prodotto tentativi, pure brevettati, di ottenere da barrette di Germanio e Silicio, anche con l'ausilio di trattamenti chimico-fisici noti come "drogaggio", prestazioni analoghe a quelle dei

tubi a vuoto, ormai inaffidabili per l'industria di massa perché fragili, costosi, ingombranti e bisognosi di riscaldamento. Nel 1945 M. Kelly, dei Laboratori Bell, costituì un gruppo di ricerca dedicato a tale obiettivo, guidato da W. Shockley, con W. Brattain e J. Bardeen. Nel 1948 essi scoprirono l'effetto transistorico, che valse loro il premio Nobel per la Fisica nel 1956.

Il transistor è un dispositivo che presenta un funzionamento analogo a quello del triodo, nel senso che, grazie alla variazione di conducibilità, consente di ottenere all'elettrodo di uscita (collettore) una tensione maggiore di quella applicata alla porta di ingresso (base), con un effetto di amplificazione. Ha dimensioni molto minori del triodo e non necessita di riscaldamento. Può funzionare fino ad una temperatura di 200 gradi. Dopo un'evoluzione tecnologica durata solo tre anni, poté essere prodotto in grandissima quantità, nella versione "a giunzione di lega" a partire dal silicio, materiale a basso costo, disponibile in quantità praticamente illimitata.

La tecnologia di tipo "metallurgico" impiegata per i primi transistori condusse presto all'idea di realizzare circuiti "integrati", ossia comprendenti più transistori interconnessi fra loro su di un solo supporto cristallino (Kilby e Noyce, 1959). Le prospettive così individuate trovarono un'estesa applicazione pratica dall'introduzione della tecnologia planare, nella quale le regioni attive (base ed emettitore) erano "diffuse" nel collettore, e soprattutto del transistor ad effetto di campo (FET, 1962) nella struttura MOS (Metal - Oxide Semiconductor), MOS-FET



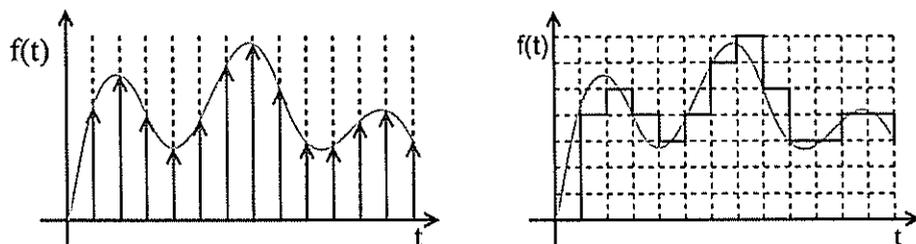


Produzione di circuiti integrati con tecnica fotomeccanica

LE BASI DELL'ELETTRONICA DIGITALE

L'algebra di George Boole (1815-1964) permette di eseguire le operazioni logiche AND OR e NOT (intersezione, unione, complementazione) su numeri binari, ossia espressi come sequenze ordinate di 0 ed 1. Pertanto, se esistono dispositivi in grado di esprimere le grandezze elettriche analogiche (essenzialmente la tensione) come sequenze temporali di segnali elettrici formati da successioni di livelli "uno" (gradino) e "zero" (assenza di gradino), è possibile elaborarle (trasmetterle, immagazzinarle, leggerle, compiere operazioni aritmetiche) come se fossero numeri binari. L'aspetto di sostanziale novità di tale procedimento, chiamato "Conversione analogico - digitale" o anche "Quantizzazione", consiste nel fatto che l'apparecchiatura base dell'elettronica digitale (il calcolatore elettronico, oggi detto sbrigativamente "computer") riceve da un lato i dati sui quali operare e dall'altro i comandi e li tratta, secondo le istruzioni predisposte nella sua struttura, come se fossero grandezze omogenee. Ciò è radicalmente innovativo rispetto ai sistemi di calcolo precedenti, basati sul comportamento umano, che opera secondo lo schema di "carta e penna", compiendo operazioni sui numeri attraverso procedimenti di logica formale che (apparentemente) non hanno nulla a che fare con essi.

Nella figura, l'informazione disponibile sotto forma di segnale variabile nel tempo, viene campionata con cadenza prefissata ed i singoli valori "catturati" vengono trasformati in numeri binari, cosicché, ad ogni "freccia" corrisponde una



Esempio di conversione analogico/digitale

“pila” di mattoni, esprimibile, a sua volta come sequenza di stati “zero” ed “uno”.

La forma analogica presenta il vantaggio della continuità e quindi della fedeltà. Richiede però apparecchiature funzionanti su un vasto campo di frequenza e pertanto costose e affette dal rumore di fondo, proporzionale alla banda, il che limita la sensibilità ottenibile.

La forma digitale è discreta e discontinua, soggetta anche ad errori dipendenti dalla frequenza di campionamento, ma facilmente realizzabile, trasmissibile, archiviabile ed accessibile. Lo sviluppo della miniaturizzazione aumenta la velocità operativa che raggiunge oggi miliardi di “bit” (stati elementari) per secondo.

I CIRCUITI INTEGRALI DIGITALI

Il transistor, qualunque ne sia la configurazione, è in grado di generare sequenze ordinate di stati “uno” e “zero”, attraverso le condizioni fisiche di “acceso” e “spento”. In conseguenza si è sviluppata “a valanga” la tecnica consistente nel realizzare in forma integrata circuiti a transistori capaci di:

1) realizzare le principali funzioni logiche booleane: *l'applicazione elettiva è nell'industria dei computer*

2) quantizzare le grandezze analogiche: *l'applicazione elettiva è nelle comunicazioni e nei controlli automatici (quasi sempre con l'ausilio del computer)*

Circuiti digitali misti. Attualmente la distinzione tra circuiti analogici e digitali tende ad essere superata, perché è possibile realizzare circuiti “misti”. Anzi, vista l'enorme quantità di transistori disponibili su un circuito integrato si realizzano all'interno dei chip strutture complesse, dal *sensore integrato*, all'*elettronica analogica di elaborazione*, alla *conversione analogico - digitale*, alla sua *elaborazione digitale* ed, eventualmente, alla *ricomposizione digitale - analogica* per il comando di utenze esterne.

LO SVILUPPO DELLE COMUNICAZIONI DEI CONTROLLI E DEI CALCOLATORI

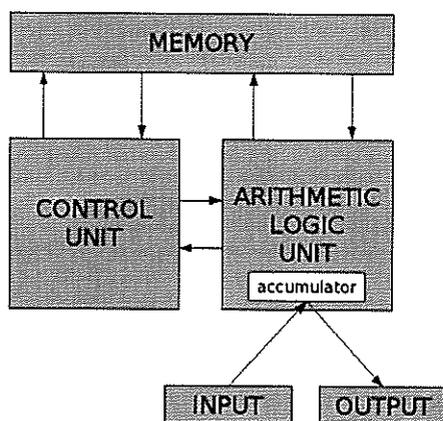
L'industria delle *comunicazioni* è cambiata drasticamente a causa della microelettronica che ha permesso l'adozione diffusa della trasmissione PCM (Pulse Code Modulation). I sistemi telefonici impiegano circuiti integrati digitali per la commutazione e la memoria. Circuiti integrati analogici sono impiegati nei sistemi a voce e nella selezione multifrequenza. La microelettronica ha infine reso possibile ed economicamente competitiva la trasmissione via satellite e la telefonia cellulare.

Analogamente, l'industria dei controlli ha ricevuto impulso sostanziale dalla microelettronica, sia nel campo tradizionale dei controlli di velocità dei motori, sia nel controllo numerico via computer delle macchine utensili, sia nello sviluppo della "fabbrica automatica". L'introduzione dei microprocessori ha portato agli strumenti "intelligenti", che si configurano automaticamente in relazione alle misure da compiere, ed all'incorporazione dei computer nei sistemi di controllo.

La conseguenza più sensazionale della crescita della microelettronica è stata la nascita di un'industria completamente nuova: i computer. Si è verificata una reciproca fertilizzazione: la crescita dell'industria dei calcolatori dette impulso a nuovi circuiti integrati, che a loro volta portarono a nuove strutture digitali, come: Memorie ad accesso casuale (RAM); Memorie a sola lettura (ROM); programmabili (PROM); programmabili e cancellabili (EPROM); Memorie flash, aggiornabili più volte (le familiari "penne" o "chiavette").

L'insieme dei due blocchi centrali è detto Central Processing Unit (CPU).

Nel microprocessore la CPU è integrata su unico chip. La maggior parte delle Arithmetic Logic Unit (ALU) sono in grado di eseguire:



Struttura generale "alla Von Neumann" di un calcolatore.

Operazioni aritmetiche su numeri interi;

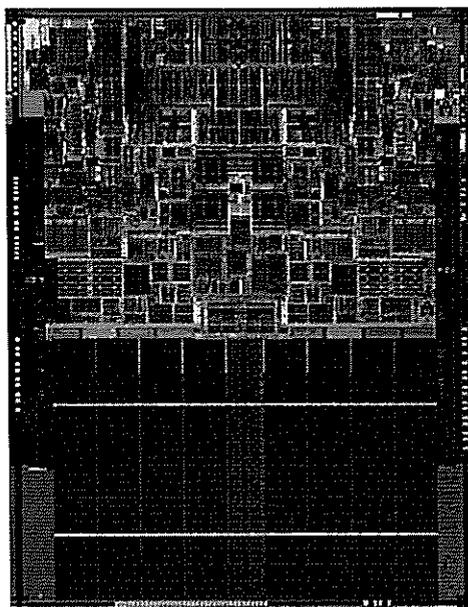
Operazioni logiche (AND, OR, XOR);

Operazioni di trasferimento di numeri binari fra una struttura all'altra (scorrimento).

L'Unità di Controllo (*Control Unit*), che si potrebbe definire come il "motore" del calcolatore, comanda le operazioni dell'apparecchiatura, parte incluse nella struttura stessa, parte introdotte dall'esterno sotto forma di programmi (sequenze di istruzioni binarie). Essa provvede anche ad immagazzinare le informazioni elaborate ed a renderle disponibili su apparati di lettura (*display, monitor*).

Ma, al di là dei pur impressionanti aspetti tecnici connessi con la miniaturizzazione, dei quali si ha un esempio nella figura che segue, l'enorme e sempre crescente capacità di calcolo dei moderni computer da un lato (hardware) e la sempre più sofisticata applicazione e sviluppo della programmabilità (software) hanno fatto sì che oggi sia possibile "istruire" i computer, non solo a rispondere a domande precise, troppo complicate dal punto di vista computazionale per poter essere affrontate con altri mezzi di calcolo, ma anche a comportarsi in modo imprevedibile e capace di adattarsi alle situazioni esterne.

Questo campo di indagine e di applicazione, concisamente definito come "Intelligenza artificiale" ha aperto prospettive teoriche e pratiche tuttora in tumultuoso sviluppo.

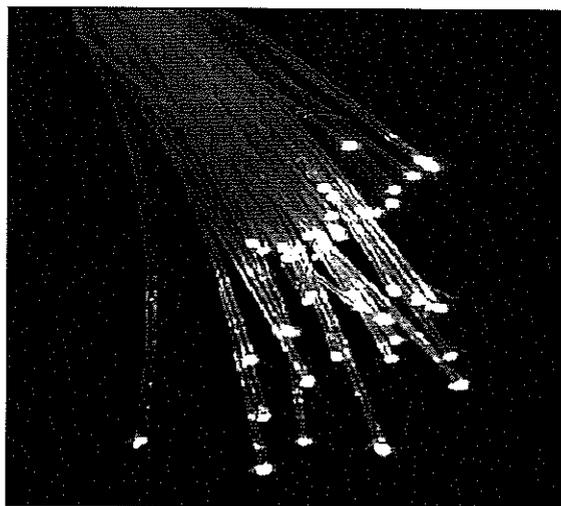


Struttura tipica di un microprocessore. Dimensioni indicative cm 2x4

Cenni sulla fotonica. Il ruolo degli elettroni nell'elaborazione e nella trasmissione dell'informazione può, a certe condizioni, essere svolto dai fotoni, che sono i costituenti particellari della luce, studiati da Planck ed Einstein agli inizi del '900.

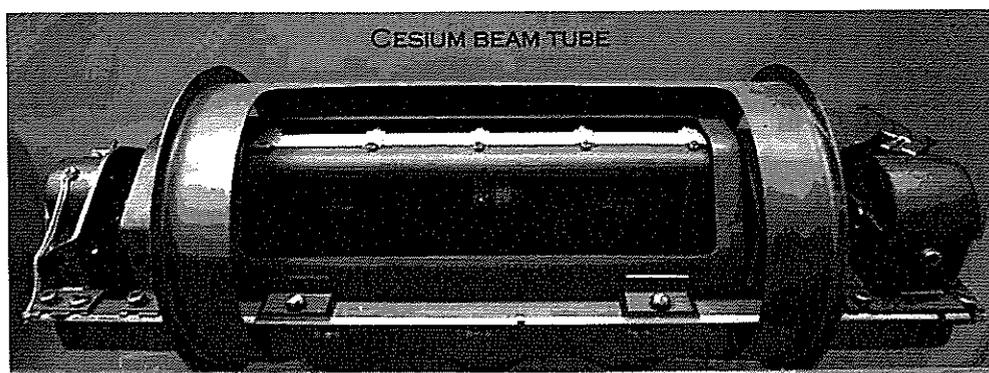
Poiché il costo complessivo di una trasmissione è funzione crescente del rapporto fra la banda dell'informazione e la frequenza di trasmissione, ne consegue che la banda trasmissibile per dato costo (il numero dei canali) è tanto maggiore quanto maggiore è la frequenza portante. Da qui la convenienza delle trasmissioni alle altissime frequenze ottiche. È evidente l'enorme convenienza assicurata dalla velocità della trasmissione per via ottica e quindi l'interesse delle tecnologie relative. L'invenzione del LASER (1960) e la tecnologia delle fibre ottiche hanno permesso lo sviluppo della *fotonica* anche sul piano industriale. Nei sistemi di comunicazione ottica, il segnale contenente l'informazione modula la luce prodotta da un laser, che viene istradata su cavi a fibra ottica fino al ricevitore, dove l'informazione viene estratta ed utilizzata.

LASER indica un dispositivo in grado di emettere un fascio di luce concentrata in un raggio rettilineo estremamente collimato (coerente) e monocromatico. la cui *brillanza* è elevatissima a paragone di quella delle sorgenti luminose tradizionali. Queste proprietà sono alla base del vasto ventaglio di applicazioni dal taglio, incisione e saldatura di metalli; alla misura di distanze e spostamenti dell'ordine del millesimo di millimetro; inoltre la monocromaticità rende la luce laser adatta a trasportare informazioni nelle fibre ottiche e per distanze grandissime.



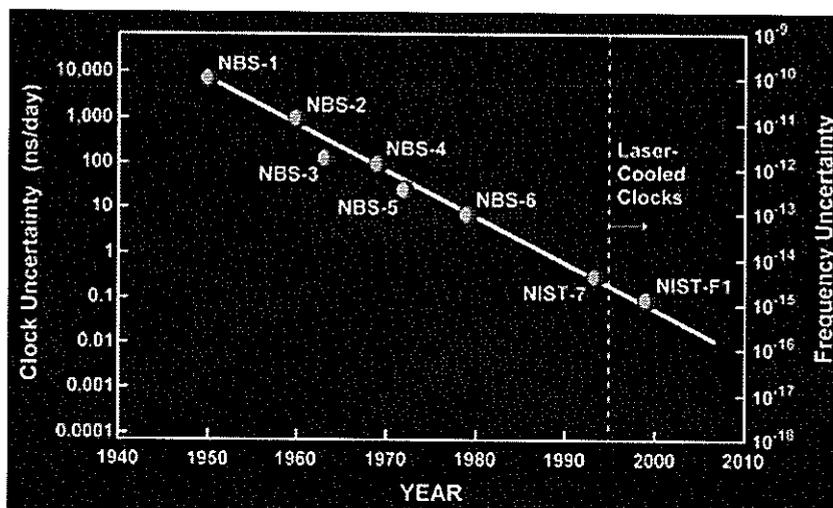
Esempio di un fascio di fibre ottiche

I campioni di tempo. Storicamente, i campioni di tempo furono basati sul periodo di rotazione della Terra, supposto costante. Tuttavia, l'analisi delle registrazioni storiche delle eclissi mostrarono nell'800 che la velocità di rotazione della Terra diminuisce. Intorno al 1935, misure eseguite con *orologi al quarzo*, estremamente stabili per breve tempo, rivelarono variazioni casuali del moto della Terra. Contemporaneamente, le ricerche sulla spettroscopia, risalenti ai primi anni del secolo XX, dimostrarono la presenza di stati quantici, detti "iperfini" nella struttura atomica di alcuni elementi, come il Cesio 133, separabili dagli stati ordinari solo in presenza di campo magnetico debole. Su tali basi, si sviluppò la tecnologia degli *orologi atomici*, che nel 1965 sostituirono i campioni astronomici nella determinazione internazionale dell'unità di tempo.



Il vapore di Cesio, ottenuto in una cella ad alto vuoto, passa attraverso una coppia di magneti che separano il gas in due "nuvole", con diverso stato quantico iperfino. Nella cavità viene iniettata energia a microonde della frequenza adatta alla transizione ad uno solo dei due stati, che viene rivelata elettronicamente. Grazie alla breve distanza energetica tra i due livelli suscitati dal campo magnetico ed alla acutissima sensibilità del sistema alla frequenza, il tubo al Cesio si comporta come un risonatore ad alto Q centrato su una frequenza compresa nel campo delle microonde e risulta pertanto molto adatto a pilotare un orologio al quarzo conferendogli altissima stabilità nel tempo.

La figura sintetizza i progressi compiuti dalla tecnologia nella realizzazione di campioni di frequenza con stabilità via via crescente e rende conto dei risultati attesi dalle ricerche attuali. È opportuno sottolineare che la disponibilità di "orologi" sempre più stabili (una stabilità di 10^{-16} equivale ad un errore di circa un secondo ogni dieci milioni di anni) è richiesta non certo da esigenze di misura del tempo di tipo civile od industriale, ma da esigenze della ricerca spaziale e dell'astrofisica.



Progresso dei campioni di frequenza negli anni recenti

QUALCHE CONSIDERAZIONE CONCLUSIVA

Il connubio tra comunicazioni su larga scala e calcolatori a basso costo ha pervaso la società moderna. Si prenda, ad esempio la diffusione dell'informazione tramite la rete Internet, perfetta sinergia tra i sistemi elettronici, le reti di calcolatori e le tecnologie di comunicazione. L'automazione d'ufficio (sistemi di elaborazione dei testi, posta elettronica etc) ha trasformato il nostro modo di lavorare ed anche i luoghi in cui operiamo. La gestione dell'energia, il controllo degli apparecchi, i sistemi di sicurezza, la TV via cavo ed il PC sono già nelle nostre reti domestiche. I sistemi di controllo computerizzato di treni e metropolitane, i sistemi di sicurezza e di navigazione delle automobili e degli aerei, caratterizzano il trasporto di persone e cose. L'Elettronica è dovunque e con essa l'informazione.

Un'altra circostanza che caratterizza l'evoluzione della tecnologia elettronica e le applicazioni connesse sta nel fatto che la distanza temporale tra l'idea e la sua realizzazione si è fortemente ridotta. Lo ricordano i seguenti esempi:

La teoria dell'elettromagnetismo è del 1865; la prima trasmissione senza fili del 1889.

L'invenzione del transistor è del 1947; i Primi circuiti integrati sono del 1960.

Nel 1984 il Premio Nobel per la Fisica è stato conferito ex aequo a Carlo Rubbia (Fisico) e a Simon Van Der Meer (Ingegnere), il progettista dell'apparecchiatura elettronica che sta proprio alla base dell'esperimento di C. Rubbia sulla "forza elettrodebole".

In questa accelerazione delle conoscenze e in tale essenzialità della integrazione fra la speculazione scientifica e la strumentazione tecnica di supporto, è spontaneo chiedersi, al termine di questo Corso, che cosa ci attende nel prossimo futuro, e non è ardua una risposta in termini concettuali.

La Società dell'Informazione continuerà ad essere caratterizzata dalle quattro "C" che s'integreranno sempre maggiormente, con le ricerche sui nuovi materiali, in particolare i semiconduttori composti, ed i supercalcolatori quantistici.

Ma lo sviluppo più significativo verrà dalle molteplici applicazioni a dimensione micro e nanoscopica, dalle apparecchiature biomediche a quelle per la realizzazione di automi, orientati sempre di più ad emulare il comportamento umano, grazie agli sviluppi dell'intelligenza artificiale.

In conclusione, si può così affermare che la creatività degli ingegneri e scienziati del presente ha ancora davanti un immenso spazio aperto per contribuire in modo decisivo non solo allo sviluppo della tecnologia dei beni materiali ed immateriali, ma anche, auspicabilmente, al progresso medesimo della civiltà, se l'umanità saprà servirsi del sapere e degli strumenti tecnologici in una prospettiva di pace.

CENNI BIBLIOGRAFICI ESSENZIALI

- “La Storia della Ingegneria e degli studi di Ingegneria a Palermo e in Italia”, a cura di V. Cardone e F.P. La Mantia; Quaderni della Conferenza dei Presidi delle Facoltà di Ingegneria, *Ed. Cues, Salerno, 2007*
- Contributi di Guglielmo Benfratello, Antonio Cottone, Raffaele Quignones, Giuseppe Silvestri, Nicola Alberti, Bruno Di Maio, per una “Storia della Facoltà di Ingegneria di Palermo”, *Ed. fotograf, Palermo, 2006*
- G. Benfratello: “Nel venticinquennale della istituzione della Ingegneria chimica a Palermo”, *edito dal Dip. di Ing. Chimica, Palermo, nell'anno acc, 1994-95*
- “Storia dell'ingegneria”, Atti del 1° Convegno Nazionale, Napoli 8-9 Marzo 2006, tomo primo e tomo secondo, a cura di A. Buccaro, G. Fabricatore, L. M. Papa; *Cuzzolin Editore, Napoli, 2006*
 - Giovanni Calabresi: Geotecnica ed Ingegneria Civile
 - Andrea Silvestri: La nascita delle Facoltà di ingegneria e di Architettura in Italia
 - A. Cottone: L'insegnamento dell'Architettura nella Facoltà di Ingegneria di Palermo
 - C. Mele: Origini e formazione del Politecnico di Torino
 - P. Ferrari: L'evoluzione della Ingegneria stradale
 - M. G. Pezzone: Ingegneria idraulica in età borbonica
 - C. Montuori : L'Ingegneria Idraulica e modelli: excursus storico
- J. Millman, A. Grabel, P. Terreni: L'Elettronica di Millman, Mc Graw - Hill, N.Y. 2008
- F. Seitz, G. Einspruch: La storia del Silicio, Bollati Boringhieri, 1998
- M. Negrotti (a cura di): Uomini e calcolatori, Città Nuova Editrice, 1979

APPENDICE IV

I QUIZ DELLE DUE SESSIONI DI ESAMI

In ciò che segue sono riportate in fac-simile le schede, con i quiz posti su entrambe le facciate, consegnate al candidato in ciascuna delle due sessioni di esame, l'estiva e l'autunnale, con le annesse seguenti istruzioni.

ISTRUZIONI PER I PARTECIPANTI

- 1) Il candidato dovrà scrivere sulle due facciate del questionario i dati personali richiesti per l'identificazione, e firmarle
- 2) La durata della prova è di NOVANTA minuti
- 3) È ammessa una sola risposta per ciascuno dei quesiti, espressa apponendo una crocetta nel relativo quadratino. Il candidato potrà correggere eventuali errori con un circoletto
- 4) Nell'ambito di ciascun quesito possono trovarsi più risposte valide, ma diversamente valutabili fino ad un massimo di TRE punti per ciascun quesito
- 5) È consentita la consultazione di appunti e di testi. Non sarà invece possibile avanzare richieste di chiarimenti
- 6) Il risultato della prova, con la indicazione nominativa di "IDONEO" o "NON IDONEO" sarà pubblicato nell'albo della Presidenza della Facoltà
- 7) Nella sessione autunnale si terrà una ulteriore prova di idoneità dello stesso tipo.

STUDENTE..... Matricola Corso di laurea

FIRMA..... DATA.....

Sessione estiva dell'anno accademico 2008-2009

QUIZ A RISPOSTA MULTIPLA SUL PROFILO STORICO DELL'INGEGNERIA,
IN PARTICOLARE CIVILE (A), INDUSTRIALE (B), DELL'INFORMAZIONE (C)

- Ad1) Perché nel 1794 Monge non poté affermare la sua innovativa École Polytechnique di Parigi?
- Ar1) 1 Per le mutate concezioni della rivoluzione
- Ar1) 2 Per la prevista autosufficienza della Scuola e la polivalenza del titolo che avrebbe rilasciato
- Ar1) 3 Per il prevalere della concezione teorico-culturale dell'influente matematico Laplace
- Ar1) 4 Per l'opposizione dei 'Corps (le Scuole militari, delle miniere, dei ponti e delle strade....), che in parte sarebbero state soppresse
- Ar1) 5 Per il confronto con la didattica dell'Inghilterra e della Germania
- Ad2) Prima della Scuola di applicazione istituita da Garibaldi, a Palermo chi rilasciava il titolo di 'Architetto?; e dopo, quando vi fu istituita la Facoltà di Architettura?
- Ar2) 1 La facoltà filosofica; *in conseguenza della riforma Gentile*
- Ar2) 2 Il Magistero delle Arti; *nel secondo dopoguerra per azione della Facoltà di Ingegneria*
- Ar2) 3 Il Collegio di Belle Arti; *per il DPR 546 del 1961*
- Ar2) 4 La Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali; *con la legge Cuppini*
- Ar2) 5 Le Università siciliane a seguito delle modifiche dei suoi regolamenti; *con l'introduzione del Corso di laurea 'edile'*
- Ad3) Nell'Università di Palermo, quale 'antica' istituzione è più simile a quelle che saranno poi chiamate 'Scuole dirette a fini speciali'?
- Ar3) 1 La Scuola dei Capofontanieri
- Ar3) 2 La nuova Scuola delle miniere di Caltanissetta
- Ar3) 3 La Sezione di Ingegneria Industriale chimica - agraria
- Ar3) 4 Il Corso di fisica Nucleare applicata
- Ar3) 5 I corsi liberi di architettura e di urbanistica del secondo dopoguerra
- Bd1) Quali di questi materiali furono usati dagli uomini primitivi per la fabbricazione di utensili?
- Br1) 1 Calcare
- Br1) 2 Granito
- Br1) 3 Selce
- Br1) 4 Ossidiana

Bd2) Alla scadenza del brevetto (1800) Watt aveva costruito circa 500 macchine a vapore. Tra quali limiti era compresa la potenza media di tali macchine?

Br2) 1 2 - 10 Cav

Br2) 2 10 - 20 Cav

Br2) 3 20 - 50 Cav

Br2) 4 50 - 100 Cav

Bd3) Quale delle seguenti scoperte contribuì maggiormente allo sviluppo dell'ingegneria elettrica?

Br3) 1 La pila di Volta

Br3) 2 La scoperta di Oersted

Br3) 3 La scoperta dell'induzione elettromagnetica di Faraday

Br3) 4 La scoperta di Ampère dell'interazione fra campi elettromagnetici e magneti permanenti

Bd4) Da quale dei seguenti scienziati fu proposta l'attuale simbologia chimica?

Br4) 1 Lavoisier Br4)

Br4) 2 Dalton Br4)

Br4) 3 Berzelius Br4)

Br4) 4 Gay Lussac

Cd1) Che cosa hanno in comune il triodo e il transistor?

Cr1) 1 Sono entrambi semiconduttori

Cr1) 2 Trasformano tensione in corrente

Cr1) 3 Sono entrambi amplificatori

Cr1) 4 Non hanno bisogno di riscaldamento

Cd2) Nella seconda metà del '900, il ruolo reciproco delle quattro "C" nell'Ingegneria dell'Informazione ha subito una variazione rispetto al periodo precedente. Quale?

Cr2) 1 Divengono traenti le qualità tecniche dei Componenti

Cr2) 2 Divengono traenti le qualità tecniche dei Calcolatori

Cr2) 3 Divengono traenti le qualità tecniche dei Controlli

Cr2) 4 Divengono traenti le qualità tecniche delle Comunicazioni

Cd3) Perché i Controlli sono considerati parte del patrimonio culturale dell'Ingegneria dell'Informazione?

Cr3) 1 Hanno un ruolo importante nella sicurezza dei trasporti

Cr3) 2 Permettono l'automazione dei processi produttivi

Cr3) 3 Tengono conto della risposta del sistema sul quale intervengono

Cr3) 4 Sono applicabili sia ai sistemi materiali sia a quelli non materiali

STUDENTE..... Matricola Corso di laurea

FIRMA..... DATA.....

STUDENTE.....Matricola.....Corso di laurea

FIRMA..... DATA.....

Sessione autunnale dell'anno accademico 2008-2009

QUIZ A RISPOSTA MULTIPLA SUL PROFILO STORICO DELL'INGEGNERIA,
IN PARTICOLARE CIVILE (A), INDUSTRIALE (B), DELL'INFORMAZIONE (C)

- Ad1) Perché nel 1794, a Parigi, Monge preferì chiamare Ecole Polytechnique la sua proposta innovativa di formazione degli ingegneri?
- Ar1) 1 Per imitare le: *Ecoles de Mezière, des Mines, de Pont et Chaussées*
- Ar1) 2 Per la abolizione della *Académie des Sciences*
- Ar1) 3 Per indicare una concezione didattica equilibrata fra tecnica e pratica
- Ar1) 4 Per unificare gli studi degli ingegneri civili a quelli degli ingegneri militari e metterli a servizio dello sviluppo industriale
- Ad2) Perché il disegno già dal passato è uno strumento sostanziale negli studi di ingegneria?
- Ar2) 1 Quale applicazione della geometria descrittiva volta a rappresentare gli oggetti
- Ar2) 2 Per il sostegno che il progettista ne riceve già nel formarsi le idee e poi nel trasmetterle
- Ar2) 3 Perché ha consentito i calcoli grafici quando quelli matematici erano proibitivi
- Ar2) 4 Per la necessità di tradurre i progetti di opere in documenti pronti alla loro esecuzione
- Ad3) Perché oggi si sono ridotte le conflittualità fra naturalisti ed ingegneri?
- Ar3) 1 Perché si è attutita la posizione oltranzista di una natura sempre benigna e sempre maltrattata dal tecnico che interviene nel territorio
- Ar3) 2 Per il contributo dato dalle prove in laboratorio su modelli fisici di opere a piccola scala e dai risultati delle simulazioni matematiche
- Ar3) 3 Perché i più importanti progetti sono ormai affrontati con approccio interdisciplinare e gli ingegneri vanno acquisendo competenze multiprofessionali
- Ar3) 4 Per le informazioni ottenute dalle tecniche di telerilevamento
- Bd1) Quale, tra le motivazioni elencate in seguito, sconsigliò i Romani dal costruire mulini ad acqua?
- Br1) 1 La mancanza di manodopera specializzata
- Br1) 2 L'assenza di corsi d'acqua utilizzabili
- Br1) 3 Il pericolo di disoccupazione
- Br1) 4 La disponibilità di schiavi

- Bd2) Quale dei seguenti strumenti di misura fu utilizzato da Lavoisier per i suoi esperimenti?
Br2) 1 Il metro
Br2) 2 L'orologio
Br2) 3 Il termometro
Br2) 4 La bilancia

- Bd3) Quale fu il primo metallo prodotto per via elettrochimica?
Br3) 1 Il calcio.
Br3) 2 Il sodio
Br3) 3 Il tungsteno .
Br3) 4 Il magnesio

- Bd4) Quale industria caratterizzò la fase iniziale della rivoluzione industriale
Br4) 1 L'industria del vetro
Br4) 2 L'industria della lana
Br4) 3 L'industria del cotone
Br4) 4 La siderurgia

- Cd1) Che significa "Informazione" nell'ambito dell'ingegneria?
Cr1) 1 Conoscenza dei processi della microelettronica
Cr1) 2 Istruzione nell'uso delle apparecchiature elettroniche ed informatiche
Cr1) 3 Contenuto concettuale capace di stimolare lo sviluppo di ulteriore capacità progettuale od applicativa
Cr1) 4 Scienza delle comunicazioni per onde elettromagnetiche

- Cd2) Quale è stato il ruolo del triodo nello sviluppo dell'ingegneria dell'informazione?
Cr2) 1 Ha reso più facile la funzione del diodo
Cr2) 2 Ha permesso la realizzazione degli amplificatori elettronici
Cr2) 3 Ha costituito il componente base per la realizzazione dei radiotrasmettitori
Cr2) 4 Ha anticipato l'invenzione del transistor

- Cd3) Perché i calcolatori hanno cambiato la tecnica elettronica nella seconda metà del'900?
Cr3) 1 Perché hanno reso possibili un enorme numero di calcoli in brevissimo tempo
Cr3) 2 Perché hanno permesso lo sviluppo delle comunicazioni via satellite
Cr3) 3 Perché hanno suscitato enorme sviluppo nei campi delle Comunicazioni e dei Controlli.
Cr3) 4 Perché hanno permesso la nascita della rete Internet

STUDENTE..... Matricola Corso di laurea

FIRMA..... DATA.....



Stampato in digitale
FOTOGRAF snc / Palermo
Ottobre 2010



Leonardo da Vinci, edificio monumentale in riva al fiume.
Raccolta reale di Windsor