

Per concludere, è opportuno ravvisare una spesa totale di oltre 120 miliardi, che sarebbe, però, ottimamente e definitivamente investita.

Per riguardo agli apporti solidi del Po, assunta la torbida totale annua misurata a Pontelagoscuro (Giandotti) di circa 15.000.000 di torni., ossia di 8/10.000.000 di mc, si può ammettere, sempre in prima analisi, che ad es. addirittura la metà di essa depositi tra Ostiglia e la foce. Questa ipotesi, che è ovviamente del tutto sovrabbondante, indica che per lo smaltimento di tale torbida depositata oc-

corre il lavoro di una draga per sei mesi, tutti gli anni. Ossia si tratta, a colmate ultimate, di lasciare uno o due battelli in servizio permanente sul fiume.

La conclusione alla quale si voleva arrivare è che qualora si intenda (come è ormai doveroso) intervenire con opere definitive per la difesa e la sistemazione del Polesine, i mezzi da impiegare, e le spese da sostenere non sono per nulla al di fuori delle possibilità di un Paese, sia pure povero come il nostro.

Aldo Borini

P R O B L E M I

La formazione dell'Ingegnere (*)

Si considerano alcuni aspetti della formazione dell'ingegnere che riguardano la scuola, la vita professionale e le associazioni tecniche.

1. - In un pomeriggio autunnale dell'anno 1846 un gruppo di ingegneri delle ferrovie stava eseguendo le prove di collaudo di una locomotiva in una località presso Bromsgrove, sulla linea Bristol-Birmingham.

Una improvvisa e violenta pioggia, non infrequente in quel clima e in quella stagione, li costrinse a riparare sotto una tettoia.

Nella sosta forzata il discorso cadde sulla risposta data dal Consiglio direttivo della « Institution of Civil Engineers » al signor Giorgio Stephenson, che aveva fatto domanda di essere ammesso fra i suoi membri.

La risposta, e ciò destava il compassato sdegno di quei tecnici, poneva quale condizione all'ammissione il superamento di un esame atto a provare la capacità del richiedente quale ingegnere (*).

Si trattava dunque di una questione di « formazione dell'ingegnere »; e la questione era posta nei riguardi del « Padre delle ferrovie », di cui si pretendeva provare la capacità dopo trenta anni di professione, e di quale professione!

La società degli ingegneri civili era stata fondata nel 1818 allo scopo di promuovere col concorso dei Soci il progresso della scienza meccanica (1) ed i suoi membri si occupavano della costruzione di ponti, di strade, di edifici, così come di macelline a vapore e di navi; vale a dire si occupavano di tutte le costruzioni che in qualche modo avessero richiesto l'impiego di meccanismi o congegni (2).

L'aggettivo « civile », là in Gran Bretagna, come dappertutto in Europa, era adottato semplicemente in opposizione a « militare », e l'uso, di cui non si vuole qui discutere la reale corrispondenza al significato, dura tuttora anche per altre professioni e circostanze.

La poco cortese risposta alla quale si è fatto cenno, burocraticamente motivata dalla mancanza di adeguati titoli di studio, fu lasciata cadere dallo Stephenson, conscio, pur nella esemplare modestia che lo distingueva, del suo non comune valore personale.

I commenti che seguirono, e ne sono

stati ricordati alcuni, così come le discussioni che in vari ambienti, specie in quelli ferroviari, si accesero sullo scottante argomento, mossero gli amici ed ammiratori del geniale costruttore a prendere una radicale decisione, a fondare cioè una nuova società, la « Institution of Mechanical Engineers », ciò che avvenne nel gennaio 1847, con lo scopo di accrescere, mediante scambi di idee fra i soci, le loro conoscenze sui progressi dei vari rami della scienza meccanica (3), dando impulso alle invenzioni da essi ritenute utili.

2. - Questo esempio storico permette di entrare nella trattazione del tema, anzi nel vivo della questione.

La formazione dell'ingegnere costituisce forse un compito della professione e della vita o piuttosto un problema scolastico, legato al conseguimento di un diploma?

Sappiamo tutti che si tratta di acquistare un'attitudine che non si fonda soltanto sul possesso di scienze, cioè di conoscenze sistematicamente organizzate, ma che richiede altresì il possesso di molteplici capacità, sia di ordine esecutivo, nel lavoro manuale, nelle misure, nel calcolo numerico, nel disegno, nella preparazione di piani di produzione; sia di ordine direttivo, nei riguardi di altri uomini che debbono a loro volta eseguire questi lavori.

Sappiamo d'altra parte che questa attitudine non si identifica nè con la scienza, né con il lavoro manuale, nè con la misura, né con il calcolo, nè col disegno, e neppure con la direzione degli uomini, poiché tutti questi mezzi, presi separatamente, sono insufficienti a conferirla, ma che essa li esige insieme, essendo un'arte, cioè una libera attività creatrice (4), un'arte al servizio dell'uomo, l'arte di costruire impiegando dei meccanismi che affinano e moltiplicano le forze dell'artefice e gli danno il modo di dominare le energie naturali. A proposito della tecnica costruttiva il citato biografo dello Stephenson osserva acutamente che non si tratta soltanto di sapere come le cose son fatte, ma di farle, ciò che è molto diverso (5).

Nel nostro tempo lo sviluppo prodigioso delle scienze, dalla matematica degli insiemi alla fisica nucleare, e la crescente complessità delle costruzioni, dall'automobile all'aeroplano, dalla turbina al radar, rendono estremamente difficile una formazione autonoma.

Non si vuol dire con ciò che il tempo dei *self-made men* come Newcomen e Stephenson sia definitivamente trascorso, perché il genio nasce in tutti i tempi. Né Edison né i fratelli Wright né Guglielmo Marconi, cito esempi illustri, avevano il diploma d'ingegnere. Ma in via ordinaria la Scuola svolge un compito essenziale; essa getta le basi su cui le qualità individuali possono perfezionarsi nel successivo esercizio della professione; ed è il risultato di questo perfezionamento nella sua concreta attuazione che noi chiamiamo l'arte dell'ingegnere.

3. - Da quando a Parigi, nel 1747, fu fondata l'« École des Ponts et Chaussées », ritenuta la più antica Scuola per ingegneri, una notevole evoluzione dell'istruzione tecnica si è compiuta.

Il Monge, nell'istituire nel 1794 la celebre « École Polytechnique », scriveva che le conoscenze dell'ingegnere dovevano fondarsi da un lato sulla « meccanica », intesa come lo studio della forma e dei movimenti dei corpi, dimostrati dal calcolo e rappresentati dal disegno; d'altro lato sulla « fisica », che studia la natura dei corpi stessi ed i loro fenomeni e che è coltivata nei laboratori sperimentali.

Questa distinzione fra meccanica e fisica non è più accettata oggi.

La differenza risiede invece fra la *ma-*

(*) Estratto da una relazione tenuta a Parigi nel luglio scorso ad una riunione internazionale di Ingegneri.

(1) « a probationary essay as proof of his capacity as an engineer ». Cfr. R. H. PARSONS, *History of the Institution of Mechanical Engineers*, London, 1947, pag. 10.

(2) « for the general advancement of mechanical science ».

(3) « ingegni » nel linguaggio medioevale.

(4) « improvements in the various branches of mechanical science ».

(5) Libertà creatrice nell'ambito di leggi, le regole proprie dell'arte. Un concetto deteriore di tecnica discende dal confonderla con una non intelligente applicazione di tali regole.

(6) « which is a very different matter ».

tematica, scienza logica della quantità astratta, e la fisica, scienza sperimentale della quantità misurabile.

Ricevuti questi insegnamenti fondamentali si passava allora, e si passa tuttora, in Scuole speciali: di Ponti e Strade, di Miniere, ecc. Questa organizzazione degli studi si è diffusa in tutto il mondo.

Le « *technischen Hochschule* » di Praga (1806), di Vienna (1815), di Karlsruhe (1825); le Scuole politecniche di Zurigo, di Torino e di Milano (1860), il « *college of technology* » di South Kensington a Londra (1876), ecc., unitamente alle facoltà tecniche di non poche Università, hanno seguito questo movimento, perfezionando col tempo i loro corsi ed i loro laboratori. In America si premette invece un biennio pratico specializzato al biennio scientifico, che è seguito da una piccola minoranza.

In Germania si è pure istituito il titolo di « *Doctor-Ingenieur* », nel senso di « *doctor rerum technicarum* ». Si tratta di un titolo che si è dimostrato opportuno per favorire lo studio scientifico di problemi tecnici elevati, là almeno dove è stato ristretto ad una piccola « élite », dotata di una preparazione di eccezione.

A questo proposito è bene osservare che non esiste una scienza pura, esatta, che serve ai dotti per le loro astruse ricerche, ed a lato di questa una scienza applicata, spesso approssimativa, che serve agli ingegneri per le loro costruzioni.

Non vi in realtà che una scienza sola, sotto molti aspetti legata al suo tempo, e dalla quale si ricava ciò che si vuole o ciò che si può ottenere secondo le diverse esigenze e possibilità, e che è del resto sempre più o meno schematica e semplificativa.

Nè si deve credere che in generale la scienza astratta preceda la tecnica costruttiva, la quale avrebbe così soltanto da sfruttarne il lavoro preparatorio, compiuto per scopi di contemplazione pura, applicandone i risultati a problemi concreti, per intenti di utilità immediata.

In molti casi è vero precisamente il contrario. Basti pensare alle macchine per sollevare pesi, alle macchine idrauliche, alle navi (⁷), costruite millenni prima che nascesse una scienza meccanica; alle macchine motrici a vapore costruite dal Newcomen un secolo prima che Sadi Carnot, uscito dall'École Polytechnique, fondasse la termodinamica, nata così direttamente dalla tecnica; a innumerevoli altre scoperte e invenzioni, in cui il « fare » ha preceduto il « conoscere » approfondito ed organizzato, proprio delle scienze. E ciò succede ancor oggi, per molti procedimenti industriali, pei quali le regole dell'arte, cioè le regole pratiche d'azione collaudate dall'esperienza, non sono che molto imperfettamente convaditate e approfondite dai mezzi attuali di calcolo.

Non si ha l'intenzione nè il tempo di analizzare i programmi dei numerosi insegnamenti speciali relativi alle varie costruzioni.

Una simile analisi non potrebbe d'altronde fornire un quadro adeguato delle scuole. I programmi, più o meno elabo-

borati, non possono riflettere fedelmente i corsi, che sono cosa viva, ed è questa vita, comunicata dai docenti ai discenti, ciò che più importa e che la lettera delle tesi non traduce.

Conviene tuttavia non omettere una osservazione sulla disposizione generale dei corsi stessi nelle grandi Scuole (⁸).

La maggior parte del tempo disponibile è data agli insegnamenti scientifici; ciò che rimane passa nel coltivare le attitudini tecniche; quasi nulla può essere dedicato al lato umano della professione.

4. - La formazione conferita dalla scuola non può considerarsi sufficiente, se non altro perché essa non può risultare completa.

Si studiava per 4 o 5 anni per conseguire il diploma d'ingegnere nel 1794; si studia oggi 4 o 5 anni per raggiungere lo stesso scopo. La scuola fa pressoché tutto ciò che può a questo riguardo, riducendo molte nozioni all'essenziale, ma essa non può compiere dei miracoli.

Il giovane diplomato ingegnere deve dunque trovare nella sua vita professionale, dopo i primi periodi di incertezza, i mezzi per perfezionarsi in vista dei compiti e delle maggiori responsabilità che lo attendono. È nell'esercizio della professione che la vocazione tecnica è messa, talvolta duramente, alla prova.

È necessario perseverarvi con fermezza facendo ogni sforzo per allargare il campo delle proprie conoscenze e attitudini; traendo occasione dall'osservazione dell'ambiente e degli uomini; approfittando dell'esempio e dell'aiuto dei colleghi più illuminati, come pure del consiglio dei dipendenti più sicuri e più seri; ricorrendo alle biblioteche aziendali o di officina; economizzando sempre il proprio tempo che è particolarmente prezioso nel periodo di apprendistato.

Chi crede che il più difficile è fatto quando ha superato gli esami della sua Scuola deve cambiare opinione, perché la professione può presentare delle difficoltà più gravi dello studio, soprattutto perché esse sono legate a responsabilità personali che implicano maggiori preoccupazioni.

D'altra parte è certo che un'accurata formazione, disciplinata dalla Scuola, è un aiuto efficacissimo a vincere le difficoltà anche pratiche della professione, il cui esercizio dovrebbe sempre essere preceduto da un tirocinio di officina o di cantiere.

5. - Le associazioni culturali come l'antica « *Institution of civil engineers* », che ho citato all'inizio di questa relazione, così come tante altre, in tutti i paesi progrediti, possono dare un contributo considerevole alla formazione dell'ingegnere.

Si può dire che ve ne sono, di queste associazioni, per tutte le specie di costruzioni, dall'edilizia all'elettricità, dalle navi alle ferrovie, dalla termomeccanica all'aeronautica. E si tratta, nei paesi industriali, di società con migliaia di membri (in America con decine di migliaia), che posseggono sedi decorose, biblioteche, sale di lettura e di riunione.

Queste Società tengono periodicamente

dei Congressi, su argomenti preventivamente fissati, nei quali i membri hanno la facoltà di presentare delle relazioni e di discuterle; pubblicano Riviste e Rendiconti delle loro sedute e collane di volumi; riuniscono Comitati di studio per chiarire e risolvere le questioni che interessano il progresso scientifico tecnico o per la redazione di norme riguardanti la costruzione, il calcolo, il disegno, la nomenclatura, o la sicurezza e la sorveglianza degli impianti; incoraggiano le ricerche e lo sviluppo di invenzioni e di nuovi procedimenti.

Abbiamo veduto negli esempi citati quale importanza avessero assunto queste libere Associazioni fin dal secolo passato.

All'epoca dell'incidente con lo Stephenson la *Institution of Civil Engineers*, che opponeva tante difficoltà all'ammissione dei suoi associati, aveva già più di 500 membri, e fra essi annoverava, in quel periodo d'oro della tecnica inglese, costruttori celebri di macchine, di ponti e gallerie, di navi quali lo Smeaton, il Trevithick, il Brunel.

Così troviamo nelle altre nazioni la « *Association des Ingénieurs Civils de France* », le « *Vereines Ingenieure* » in Germania, le « *Societies of Engineers* » in America, le « *Società* » ed i « *Collegi degli Ingegneri* » in Italia, ecc.

Più tardi queste associazioni tecniche si sono moltiplicate, attirandosi la stima generale per i loro lavori e per la loro devozione al bene comune. Esse hanno acquistato in questo modo una importanza sociale notevole, benché tale importanza sia forse ancora al di sotto dei loro meriti reali.

L'attività culturale di queste Società assume, nelle più rinomate, quasi un carattere universitario.

Oso dire che nel dominio della tecnica costruttiva esse assolvono un compito che presenta delle analogie con l'ufficio che nel campo delle scienze è assolto dalle Accademie.

Vi sono lavori di una straordinaria importanza che sono stati pubblicati sotto gli auspici di queste Associazioni.

Nel suo libro « *L'educazione dell'avvenire* » Richard Livingston afferma: « Dopo 50 anni dedicati all'educazione mi sono convinto che è ben necessario applicare agli studi la giovinezza, ma che la virilità, con la sua matura conoscenza della vita, è la più conforme a questa occupazione e la più feconda di tutte ».

I resoconti delle riunioni di numerose nostre Associazioni tecniche costituiscono una ulteriore prova della verità di questa affermazione, con la quale volentieri chiudiamo queste brevi considerazioni.

Cesare Codegone

(⁷) È nota l'ammirazione di Galileo per i Maestri d'arte dell'Arsenale di Venezia. Si vedano al riguardo i « *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* ».

(⁸) Così chiamate all'estero, per distinguere dalle molte altre le più antiche e sviluppate, che in Europa sono ordinariamente riconosciute o gestite dallo Stato.