



L'INGEGNERIA CIVILE

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori ed Editori

SULLA TRASMISSIONE ELETTRICA DELL'ENERGIA.

Discorso del Prof. GALILEO FERRARIS

*nell'Adunanza solenne della R. Accademia dei Lincei
del 3 giugno 1894*

onorata dalla presenza delle LL. MM. il Re e la Regina

La scienza ha ideali più alti di quello dell'utile materiale diretto; tuttavia essa non può non compiacersi dell'atto di riconoscenza che la Società innalza a lei per i trovati che di continuo essa mette a disposizione delle industrie; essa non può nemmeno non ricambiare la gratitudine colla gratitudine e non ripensare che se molte grandiose applicazioni tecniche son frutto dell'opera sua disinteressata, essa in ricambio va attingendo nelle applicazioni stimolo, mezzi ed idee.

Io penso che, affidando a me l'onorifico compito di parlare in questa adunanza solenne, il nostro Presidente è stato mosso appunto da questo pensiero, e mi ha voluto dire: Tu che, pur vivendo per la scienza, sei per i tuoi studi istessi messo di frequente a contatto colle applicazioni, tu in questo giorno di riposo e di festa metterai davanti agli occhi dell'Accademia qualcuna delle grandi applicazioni moderne; e parlerai di due cose: del suo stato presente, e dei benefici che in ricambio la scienza ha avuto da essa. Ed io scelgo un'applicazione, che, mentre è una fra molte, è nel tempo stesso, considerata dall'alto, la sintesi di molte: la trasmissione a distanza e la distribuzione elettrica dell'energia.

Le applicazioni alle quali, secondo l'uso attuale della parola, si allude quando si parla di trasmissione e di distribuzione elettrica dell'energia, incominciarono ad essere possibili dopo il 1872 o '73, quando si costrussero le prime macchine dinamo-elettriche con forme e con proporzioni di macchine industriali. Ma allora una macchina si diceva grande quando aveva la potenza di sei o sette cavalli; e ancora nel 1877 una macchina destinata alla illuminazione soleva alimentare una lampada sola; pareva un grande risultato poter sostituire un apparecchio meccanico a quell'ingombrante, costoso ed uggioso arnese che era una batteria di cinquante elementi di pila Bunsen. La prima esperienza di trasmissione, nella quale l'energia sia stata raccolta alla stazione di arrivo come energia meccanica, era stata fatta fin dal 1873 nella Esposizione universale di Vienna, ma era stata fatta involontariamente, per uno sbaglio (1); e il risultato della fortuita esperienza non veniva utilizzato, per parecchi anni, se non in modesti tentativi per muovere qualche pompa o qualche aratro. E ancora nel 1881 a molti sembravano paradossali le idee che Marcel Deprez esprimeva nel Congresso elettrico di Parigi intorno alla possibilità di trasmettere il lavoro meccanico economicamente alla distanza di qualche chilometro. Quelli erano i tempi antichi, leggendari dell'Elettrotecnica; la storia della trasmissione elettrica dell'energia, intesa come tale, comincia solo da quei tempi.

Ed ora? Ora noi vediamo città intiere, dove per la illuminazione, per la locomozione, per il lavoro nelle officine e

quasi per ogni cosa, l'energia viene distribuita mediante una rete di conduttori che si diramano da gigantesche stazioni centrali; città dove si vive come in mezzo ad una grande macchina, che tutto abbraccia e tutto muove. Noi vediamo opifici, o gruppi di opifici, o città intiere, che per l'illuminazione, o per il lavoro delle macchine, ricevono l'energia da motori idraulici distanti decine di chilometri; e dopo di avere assistito nel 1891 ad un esperimento, nel quale da Lauffen sul Neckar a Francoforte sul Meno, alla distanza di 170 chilometri si è trasportato il lavoro di quasi 200 cavalli (1), noi assistiamo in questi giorni alla esecuzione di una prima parte di impianto col quale 50.000 cavalli dinamici, tolti alle cataratte del Niagara, saranno fra poco distribuiti elettricamente, per le industrie e per la illuminazione, dentro un raggio di centinaia di chilometri (2).

Dai modesti primordi, che ho ricordato, alla attuale grandezza, le applicazioni della trasmissione e della distribuzione elettrica dell'energia camminarono a grandi passi.

Precedette ogni altra l'applicazione alla illuminazione, sul rapido cammino della quale noi troviamo come pietre miliari: l'attuazione dei grandi sistemi di distribuzione in parallelo di Edison, l'allargamento di questi per mezzo dell'impiego, ideato da Hopkinson, dei tre conduttori, e, principissima fra tutte, la distribuzione indiretta coi trasformatori a correnti alternative. Quest'ultima, sulla quale Luciano Gaulard, abbattendo molti pregiudizi, con entusiasmo di apostolo, aveva saputo richiamare l'attenzione dei tecnici, in breve, per la razionale applicazione che ne fecero Zipernowsky, Déri e Bláthy, prese forma di un sistema completo ed armonico, ed è ora la base sulla quale si appoggiano, anche per le altre applicazioni, anche per la distribuzione del lavoro meccanico, i più importanti studi e le maggiori speranze (3).

(1) Il resoconto ufficiale delle esperienze di Lauffen-Francoforte, redatto dal prof. H. F. Weber del Politecnico di Zurigo, è stato recentemente pubblicato nel secondo volume della relazione ufficiale sulla Esposizione di elettricità di Francoforte sul Meno, 1891 (Frankfurt am Main, J. D. Sauerländer, 1894).

(2) L'impianto attualmente in costruzione a Niagara Falls, che è la metà di quello definitivo progettato, è destinato a ricavare dalle cascate del Niagara circa 100.000 cavalli dinamici, dei quali una metà si utilizzerà sul posto e l'altra metà verrà trasmessa a distanza con correnti elettriche. La zona, entro la quale è progettata la distribuzione, comprende fin d'ora la città di Buffalo, che è a circa 35 chilometri dalle cascate, ma potrà estendersi a distanze molto maggiori. Infatti la Società delle Cataratte ha già fin d'ora fatto proposte concrete per somministrare l'energia per la navigazione sul canale dell'Erie fino ad Albany (a circa 500 chilometri). Attualmente si stanno collocando le turbine. Per la trasmissione elettrica fu prescelto il sistema bifase con piccole frequenze. Le macchine dinamo-elettriche ed i motori elettrici saranno costruiti nelle officine della compagnia Westinghouse.

(3) Le esperienze del Gaulard, le quali richiamarono l'attenzione dei tecnici sui trasformatori a correnti alternative, e distrussero la credenza che tali apparecchi non potessero avere rendimenti accettabili, nè potessero servire a pratiche applicazioni, furono eseguite a Torino nella sezione internazionale di elettricità della Esposizione generale del 1884. Gaulard non fu il primo ad immaginare i trasformatori, nè seppe applicarli nel modo più conveniente, ma ebbe il grande merito di avere avuto la fede nel successo e di averla saputa infondere negli altri. Gli ingegneri Zipernowsky, Déri e Bláthy della fabbrica Ganz e C^a di Budapest, hanno il merito di avere costruito fin dal 1885 trasformatori a circuito magnetico chiuso e di averli adoperati in un sistema di distribuzione ove non solo le

(1) Nella Esposizione internazionale di elettricità di Vienna nel 1883 un operaio, incaricato di mettere in circuito una dinamo di Gramme, sbagliò gli attacchi ed inserì la macchina su reofori attivi. Questa si pose tosto in movimento funzionando come motore. L'osservazione fu fatta e pubblicata dal sig. Hippolyte Fontaine.

Le applicazioni, nelle quali l'energia trasmessa serve a lavori meccanici, seguirono, naturalmente, progressi paralleli. Dopo che le pubblicazioni di Kapp e di Hopkinson ebbero resi popolari i concetti direttivi per lo studio delle macchine dinamo-elettriche, la costruzione de' motori elettrici a corrente continua, la loro regolazione e l'impiego di essi per la trasmissione fra due stazioni, o per la distribuzione del lavoro alle numerose macchine di un vasto opificio, o a vari utenti collegati con una rete di conduttori servente nel tempo stesso alla illuminazione, divennero problemi comuni di ordinaria ingegneria.

A speciale importanza crebbe in pochi anni la trazione elettrica. Nata in Europa per opera di Siemens, questa trovò un immenso campo di applicazione sul vergine suolo degli Stati Uniti d'America, dove, colle disposizioni introdotte dallo Sprague, da Thomson ed Houston e dai Westinghouse, le carrozze elettriche corrono attualmente su più di diecimila chilometri di binari ed i fili conduttori coprono, in parecchie città, a guisa di pergolati, tutte quante le strade. Ove si ammettano tali pergolati, la preferenza data alla trazione elettrica per l'interno delle città si spiega facilmente, pensando alla docilità de' veicoli, all'assenza di locomotive producenti fumo, e, date opportune condizioni di traffico, anche alla economia. Ma l'assenza del fumo potrà essere ragione sufficiente a consigliare questo modo di trazione anche in altri casi, segnatamente nella traversata di grandi gallerie. E la possibilità di ridurre il peso morto, la possibilità di utilizzare per l'aderenza tutto il peso del treno, o buona parte di esso, la facilità di superare le curve più strette e le più forti pendenze, e soprattutto la possibilità di adoperare l'energia de' corsi d'acqua solcanti, parallelamente alla strada, il thalweg delle vallate, potranno consigliare la trazione elettrica anche su alcune strade ferrate destinate al grande traffico. Col nuovo sistema potrà accadere che la trazione diventi la più economica appunto ove ora è la più costosa. Il problema tecnico è uno di quelli che fin d'ora si possono studiare e risolvere senza bisogno di nuove invenzioni. Le difficoltà attuali stanno tutte nell'inerzia; non nella inerzia delle persone, ma in quella dovuta alla grande massa del materiale e del servizio che bisogna muovere o disturbare anche solo per fare un semplice esperimento. Erberto Spencer nel suo *Study of Sociology* (1), volendo dimostrare che una organizzazione molto progredita è spesso un impedimento insuperabile a perfezionamenti ulteriori, si serve appunto dell'esempio delle strade ferrate. Qualunque proposta di un esperimento, il quale richieda una modificazione nel materiale fisso o mobile, od una alterazione qualsiasi nel servizio, incontra necessariamente obiezioni gravissime. L'importanza del disturbo o della spesa è infatti commisurata alla importanza del traffico ed alla corrispondente grandezza del materiale. E appunto in questi giorni noi assistiamo ad un fatto che conferma questa asserzione. Un ingegnere di bella fama, il sig. Heilmann di Mühlhausen, desideroso di sperimentare la trazione elettrica sulle grandi strade ferrate, e convinto della impossibilità di indurre una amministrazione a modificare la strada ed il materiale come occorrerebbe per trasmettere ai motori viaggianti la corrente prodotta in una stazione fissa,

pensò di far viaggiare su treno anche la stazione; ideò, cioè, di collocare su di un carro la macchina a vapore e la dinamo generatrice, che avrebbe dovuto somministrare la corrente elettrica a motori distribuiti lungo il treno. Egli pensava che pur rinunciando, con questo ripiego, a buona parte dei pregi della trazione elettrica, tuttavia si sarebbero avuti risultati tali da incoraggiare ad esperimenti più completi. Ma neppure questo progetto non risultò attuabile, e l'ingegnere Heilmann si decise a riunire ogni cosa, la caldaia, la dinamo, i motori, tutti su di un unico carro costituente una locomotiva, nella quale gli apparecchi elettrici non fanno altro che sostituire gli organi meccanici che nelle macchine ordinarie collegano gli stantuffi colle ruote motrici. La mostruosa locomotiva è in questi giorni l'oggetto di esperienze, dalle quali certamente non si hanno ad attendere risultati ottimi. Ma appunto perchè il congegno rappresenta un ripiego transitorio, lo scopo dell'esperimento sarà raggiunto anche quando i risultati sieno semplicemente mediocri (1).

Ma come per la illuminazione elettrica, così per il trasporto elettrico dell'energia meccanica, l'ultimo passo è stato segnato dall'impiego delle correnti alternative. E tale passo, benchè non sia ancora completo, è non pertanto sicuro ed accenna ad assumere una importanza straordinaria. Infatti fin d'ora, mentre ancora durano le questioni e i dubbi intorno ai sistemi definitivi, o preferibili, dei motori e delle reti di distribuzione, già si è fatta generale la convinzione che per mezzo delle correnti alternative il trasporto dell'energia si possa fare praticamente, e nel miglior modo, a grandissime distanze e su vastissima scala. E ciò che è più notevole e che interessa non soltanto questa applicazione speciale, ma tutta la elettrotecnica, è che non appena fu posto il problema della trasmissione con correnti alternative, d'un tratto le idee dei tecnici intorno ai limiti dei potenziali praticamente adoperabili nella trasmissione ed alle distanze raggiungibili con questa si allargarono prodigiosamente. Fu un'onda di fiducia che d'un subito invase il campo dell'elettrotecnica. Quando si cominciarono ad adoperare i trasformatori negli impianti per la illuminazione elettrica, si adottavano sulla rete primaria differenze di potenziali di 2500 o di 3000 volt, e pareva molto; nella trasmissione da Tivoli a Roma, destinata ancora essenzialmente alla illuminazione, si arrivava a 5000 volt e pareva di aver raggiunto il limite imposto dalla più elementare prudenza; attualmente si parla come di cosa affatto naturale e comune di differenze di potenziali di 10000, di 15000 e perfino di 20000 e di 30000 volt, e si intraprendono effettivamente impianti basati su questi valori. Ai potenziali adottati corrispondono le distanze raggiungibili; ed effettivamente i pratici vanno rapidamente famigliarizzandosi coll'idea di trasmissioni a distanze prima inaudite.

Questo repentino allargamento di idee, al quale corrisponde un indirizzo nuovo nella intera elettrotecnica, ebbe principio nel 1891, al tempo della Esposizione elettrica di Francoforte, in grazia dell'esperimento di trasporto di energia da Lauffen, al quale ho ora accennato. Quell'ardito esperimento, che in progetto era giudicato temerario ed ora già pare cosa antica ed, a fronte de' nuovi progetti, piccina, ha avuto queste conseguenze:

Esso ha dissipato i timori sull'impiego degli alti potenziali ed ha così dato una base alle larghe idee alle quali ho accennato (2);

Esso ha distrutto la credenza, alla quale i tecnici parevano rassegnati, che per l'uso delle correnti alternative non si avesse a sperare di trovare motori praticamente convenienti. Quella credenza era dovuta principalmente alla esagerata importanza che si soleva attribuire all'inconveniente

lampade nei circuiti secondarii, ma anche i trasformatori sulla rete primaria sono inseriti *in parallelo*. Questo è il solo modo pratico per ottenere l'indipendenza non solo delle stazioni secondarie, ma di tutti gli apparecchi utilizzatori (*).

(1) HERBERT SPENCER, *The study of Sociology* (Library edition, being the ninth, Williams and Norgate, London, 1880, pag. 65).

(*) Le esperienze a cui qui si allude, che furono le prime ricerche di carattere scientifico che si siano fatte sui trasformatori, furono eseguite dal professore Galileo Ferraris e pubblicate dal medesimo nelle Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino (Serie II, tom. XXXVII) sotto il titolo: *Ricerche teoriche e sperimentali sul generatore secondario Gaulard e Gibbs*. Lo stesso scienziato continuò tali esperienze estendendole ad un trasformatore di Zipernowsky, Déry, Bláthy, e dimostrando i vantaggi del circuito magnetico chiuso (*Résultats de quelques expériences sur le transformateur Zipernowsky, Déry, Bláthy*. — La Lumière Electrique, anno 1885). Lo studio dei trasformatori fu poi completato dall'illustre professore con una serie di ricerche sugli effetti delle correnti di Foucault e dell'isteresi, i risultati delle quali furono raccolti nella classica Memoria: *Sulle differenze di fase delle correnti, sul ritardo dell'induzione e sulla dissipazione di energia nei trasformatori*, pubblicata nei volumi della Reale Accademia delle Scienze di Torino (Serie II, tom. XXXVIII).

(Nota della Direzione).

(1) Le esperienze colla locomotiva Heilmann si stanno facendo dalla Società delle strade ferrate dell'ovest in Francia, sulla linea Havre-Parigi.

(2) Benchè durante le esperienze ufficiali della *Prüfungscommission*, le quali ebbero luogo dall'11 al 15, dal 18 al 22 e dal 25 al 27 ottobre 1891, i potenziali adoperati non si sieno elevati oltre a 8500 volt, tuttavia nel tempo, molto più lungo, per cui l'impianto funzionò, si raggiunsero talvolta potenziali più che doppi di questo.

de' motori sincroni di non potersi avviare da sè; e si dileguò quel giorno che si vide funzionare, come parte di un impianto notevole, un grande motore asincrono polifase (1);

Esso ha dato impulso a nuove ricerche, le quali condussero a sperimentare nuove forme di motori, che pur derivando dal principio del campo magnetico rotante, sono atti a funzionare con una semplice corrente alternativa e possono perciò venire adoperati sulle attuali reti di distribuzione serventi alla illuminazione (2). E richiamando l'attenzione su tutta la materia delle correnti alternative, ha ricondotto il pensiero dei tecnici sui motori sincroni, consistenti in semplici dinamo alternatrici funzionanti a rovescio, il difetto de' quali, come ho detto, era stato stranamente esagerato. Ed anche questo fatto è importante, perchè anche ai motori sincroni è certamente serbato un grande avvenire. Quando si tratti di grandi motori, di centinaia di chilowatt, destinati a funzionare in una, od in poche grandi stazioni, ove il lavoro proceda continuo, senza interruzioni, l'inettitudine all'autoavviamento non può costituire un serio inconveniente, oggi soprattutto che si sa ricorrere, per l'avviamento, al sussidio de' campi rotanti. E intanto il sincronismo costituisce, nel caso considerato, un pregio meccanico d'impareggiabile valore. In grazia di esso la velocità di tutti i motori delle stazioni secondarie è perfettamente governata da un unico regolatore, dal regolatore della turbine della stazione centrale generatrice.

Finalmente l'esperimento di Lauffen ha fatto entrare nel campo pratico i sistemi di distribuzione con correnti polifasi, i quali, se, fortunatamente, non sono sempre necessari, offrono pur sempre alla elettrotecnica un nuovo mezzo per la soluzione dei suoi problemi, che ogni giorno più vanno diventando larghi e multiformi. I pregi delle distribuzioni con correnti polifasi appariscono, in questi giorni, anche maggiori dopo che una ingegnosa proposta dell'ingegnere Scott (3) della Società Westinghouse ha messo in chiaro la possibilità di combinare, per mezzo di ordinari trasformatori, il sistema trifase col bifase, e di passare dall'uno all'altro a piacimento. L'artificio dello Scott si può facilmente generalizzare: date due correnti di fasi diverse, si possono ottenere, per mezzo di ordinari trasformatori, quante si vogliano correnti presentanti tutte quelle differenze di fase che si possono desiderare (4). Coi trasformatori sapevamo già trasformare i valori efficaci de' potenziali e delle correnti; ora sappiamo anche modificare comunque il numero e le fasi di queste. Nessun altro sistema di distribuzione di energia può presentare una plasticità paragonabile a quella delle odierne distribuzioni elettriche.

Ma vi ha un'altra specie di plasticità anche più notevole: quella colla quale le correnti elettriche si adattano a somministrare l'energia sotto forme diverse.

È legittimo prevedere grandiose applicazioni dei lavori chimici delle correnti nella metallurgia ed in altre industrie. L'energia del campo elettromagnetico è il prodotto di fattori

vettoriali nettamente orientati; le azioni elettrolitiche, anche esse orientate, si presentano adunque in prima linea fra quelle a produrre le quali la corrente elettrica è specialmente acconcia. Ad esse è serbato l'avvenire.

Per ora le applicazioni più progredite, oltre a quelle nelle quali l'energia è raccolta come lavoro meccanico, sono quelle ove questa è data, direttamente, come calore. In tali applicazioni si trae specialmente partito della proprietà per la quale colla corrente elettrica si può localizzare il calore, accumulandolo in piccoli spazi ed in piccole masse di materia presentanti piccole superficie irradianti, e produrre così elevatissime temperature. Ciò è quanto si fa nei fornelli elettrici ad alluminio; ciò è quanto si fa nelle attuali lampade elettriche. E in ciò sta il segreto della economia della illuminazione elettrica. Luce è calore, ma del calore totale irradiato da un corpo caldo ha la lunghezza d'onda conveniente per impressionare il nostro occhio, come luce, una frazione tanto più grande quanto più è alta la temperatura del corpo. La superiorità di un faro elettrico in confronto di un faro ad olio, come quella di questo sui fari primitivi a legna, sta nella piccolezza dello spazio ove si accumula il calore ed in quella delle superfici dalle quali il calore è irradiato.

Al lume della scienza moderna questo fatto della possibilità di ottenere alte temperature, si presenta col carattere di una importanza più grande di quella che risulta dall'utile che se ne è fin d'ora ricavato in una applicazione speciale. Della energia non hassi a considerare solamente la quantità, ma anche la qualità; essa non ha soltanto un valore matematico, ossia una grandezza, ma ha anche un valore d'uso, che può variare, a quantità costante: è come una merce che, a parità di quantità, può avere pregi e valori commerciali diversi. L'energia infatti non è tutta ugualmente atta a trasformarsi; e ciò vuol dire che non tutta si può ugualmente utilizzare per la produzione di speciali fenomeni. Il principio di Carnot dice che il lavoro ottenibile con una data quantità di calore è tanto maggiore quanto più è elevata la temperatura alla quale questa quantità di calore è data. Quindi a proposito osserva il Tait, che il calore ad alta temperatura è energia di qualità superiore, e quello a bassa temperatura è energia di qualità inferiore. La corrente elettrica ci dà calore ad alta temperatura, essa adunque ci dà l'energia termica della migliore specie.

Una lampada elettrica ad arco, colla quale la luce di una candela normale si può ottenere con una spesa di energia minore di un mezzo watt, paragonata con una lampada a gas, colla quale ad una candela corrisponde una quantità di calore equivalente a più di novanta watt, rappresenta un progresso cospicuo. Ma certamente non è ancora l'ideale; della energia irradiata dalla lampada elettrica la luce rappresenta meno della decima parte. Perciò alcuni si compiacciono fin d'ora della speranza di poter fare molto di più; e pensano che un giorno si abbia a riuscire a produrre, per mezzo di regolari oscillazioni elettriche, direttamente la luce, senza passare per l'intermediario di quella forma disordinata di energia, che si dice calore. Se, come ora si ammette, le vibrazioni luminose sono oscillazioni elettriche, se sono correnti di spostamento alternanti di grande frequenza, o che non si potranno esse produrre direttamente per utilizzarle, senz'altro intermediario, nella illuminazione? La difficoltà sta in questo, che la proprietà dell'energia elettromagnetica, di lasciarsi guidare con quelle rotaie che sono i fili metallici, non sussiste se non per frequenze molto minori di quelle della luce. La luce si può guidare come sappiamo: con specchi e con lenti, non con fili. E se pensiamo a distribuire correnti elettriche con le frequenze usuali per trasformarle poi sul luogo d'impiego in oscillazioni elettriche rapidissime, sorge un problema troppo nuovo, sul quale non è ancora possibile fare previsioni. La frequenza poi delle oscillazioni elettriche di Tesla e di Elihu Thomson, deve ancora essere moltiplicata per circa un milione per diventare paragonabile con quella delle oscillazioni luminose. Se tale moltiplicazione si possa fare con un rendimento pratico tollerabile, è questione alla quale per ora non si può rispondere. E di un problema tecnico come questo non è qui il luogo di trattare. La scienza si compiace dell'utile che la società sa ritrarre dall'applicazione dei trovati

(1) Il motore era trifase. — Era stato costruito dalla *Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft* di Berlino su disegni dell'ing. Dolivo Dobrowolsky (*).

(2) I motori a campo alternativo, come quelli di Tomson-Brown, ai quali qui si allude, si possono considerare come motori a campo rotante doppi, differenziali. Essi non possono mettersi in moto da sè, ma quando sono lanciati con una velocità angolare sufficiente, assumono andamento e proprietà analoghe a quelle dei motori a campo magnetico rotante (Vedi: G. FERRARIS, *Un metodo per la trattazione dei vettori rotanti od alternativi*, ecc. Mem. Acc. Torino, vol. XLIV, 3 dicembre 1892).

(3) CHAS. F. SCOTT, *Poliphase transmission*, Lettura fatta davanti alla « National Electric Light Association ». Washington, D. C., 1° marzo 1894 (Vedi anche: *The electrical World*, 24 marzo 1894, pag. 393).

(4) Vedi a questo proposito: CH. PROTEUS STEINMETZ, *Transformation of alternating currents* (*The Electr. World*, april 7th 1884, vol. XXIII, n. 14, pag. 464).

(*) Il principio del campo magnetico rotante, su cui riposano tutti i motori asincroni polifasi, fu scoperto nell'anno 1885 dal professore Galileo Ferraris. (Vedi a questo proposito la Nota dell'ing. RICCARDO ARNO: *Cenni sui motori elettrici a campo magnetico rotante*, pubblicata nel volume XVIII di questo Periodico).

(Nota della Direzione).

che ogni giorno essa mette a disposizione delle industrie, ma non lavora alla ricerca di quelle applicazioni, e non ha bisogno di esse per stimolare la propria opera, nè la speranza di essa è stimolo necessario alla sua attività. Essa anzi sa che la preoccupazione per l'utile immediato offuscherebbe il faro verso cui s'affatica e guasterebbe il frutto del suo lavoro, che deve consistere nella ricerca disinteressata del vero.

Ma, ho detto, vi ha un secondo aspetto sotto il quale è doveroso considerare le applicazioni tecniche: esse ripagano la scienza dandole impulso, idee e mezzi.

Io quando mi trovo nella stazione centrale di un grande impianto elettrico, all'officina dei Cerchi, a Tivoli, a Deptford, od in una delle ciclopiche officine elettriche americane della « General Company » o di Westinghouse, ed ho davanti a me una di quelle poderose macchine dinamo elettriche che vi lavorano, e la contemplo, ed osservo la immane armatura, o la pesante corona dei magneti induttori girare nello spazio, libera, portata da un albero di acciaio su cui si affatica una macchina a vapore od una turbina di centinaia, e talora di migliaia di cavalli dinamici, e non vedo organi meccanici che ricevano e trasmettano il lavoro ad altre macchine, nè, in mancanza di tali organi, vedo alcun freno che trasformi sul posto quel lavoro in calore, ma per rintracciare quel lavoro debbo ricorrere col pensiero a ciò che ho veduto fuori dell'officina, a chilometri di distanza, e ripensare ai filamenti di carbone incandescenti in migliaia di lampade, ed agli archi voltaici brillanti fra le punte di carbone che vanno struggendosi per l'elevata temperatura, ed alle armature di motori, le quali girano da sè senza nulla di visibile che le sospinga, e girando comandano macchine, io quando vedo e penso a queste cose, sento irresistibilmente che prima che al pensiero della utilità pratica del meraviglioso meccanismo la mente si rivolge alla contemplazione del fenomeno. Prima dell'importanza industriale io sento l'importanza scientifica, prima dell'utile materiale l'utile intellettuale.

E notiamo: non è già che io prima non conoscessi l'esistenza e le leggi dei fenomeni che sto contemplando; mille volte nelle scuole e nei laboratori, e nei libri ognuno di noi ha veduto e studiato quei fenomeni. Ma la conoscenza di essi non attenua, anzi ingigantisce l'impressione. Così è: la grandezza, e non solo la natura intrinseca della cosa che si osserva, concorre a determinare l'impressione che la cosa fa sulla mente ed a dare una direzione ai pensieri che nasceranno dall'osservazione. Un ruscelletto, l'acqua del quale cada a perpendicolo dall'altezza di alcuni metri, e la cascata delle Marmore, o le Cataratte del Niagara, sono, oggettivamente, cose della medesima specie; ma non fanno sull'animo una medesima impressione, nè guidano la mente ad una medesima serie di pensieri. La corrente alternativa prodotta con un telefono e quella prodotta da un alternatore di 300 cavalli, come quelli di Tivoli, sono nella sostanza una medesima cosa; e l'esperimento che si fa quando per mezzo delle vibrazioni della lastrina di ferro del telefono trasmettitore si mette in vibrazione la lastrina di ferro di un telefono ricevitore è, obiettivamente, identico a quello che si fa quando con l'alternatore di Tivoli si mette in movimento un motore elettrico lontano; ma le idee che i due esperimenti fanno nascere nella mente dello studioso, e le nuove ricerche che essi suggeriscono possono essere, e furono nel fatto, completamente diverse. Gli impianti elettrotecnici industriali costituiscono molte volte veri e grandi laboratori scientifici, e se fosse necessario dimostrare ciò che la scienza vi ha attinto, basterebbe considerare la completa trasformazione che per ampiezza, per idee, per metodo, per linguaggio si verificò in pochi anni appunto in quei rami della elettrotecnica, che hanno colle applicazioni pratiche la più stretta relazione. Ma qui io voglio fermare l'attenzione specialmente su questo fatto: che l'estendersi delle applicazioni industriali della trasmissione elettrica dell'energia ha avuto una parte molto importante nell'introdurre, nel delineare e nel diffondere il concetto scientifico stesso dal quale deriva il loro nome: il concetto nuovo nella scienza, di *trasmissione dell'energia*.

Il principio della conservazione dell'energia, che come teorema di pura meccanica è antico come Newton, è da circa

mezzo secolo ritenuto nel mondo scientifico come una verità universale abbracciante tutti i fenomeni della natura. Esso è attualmente un articolo di fede scientifica; ormai, per il lungo uso e per le innumerevoli verificazioni, la convinzione, colla quale si crede in esso, è limitata soltanto dal pensiero che le leggi della meccanica e della fisica, o le stesse proprietà dello spazio, possano nel mondo a noi inaccessibile essere diverse da quelle che valgono nel mondo accessibile. Ma fino a questi ultimi anni, in tutti gli enunciati ed in tutte le applicazioni del principio, sempre si era considerata una cosa sola: la quantità totale, od integrale, della energia, la quale si conserva e non può variare. Nulla si soleva dire intorno al suo movimento, nemmeno quando la natura stessa dei fenomeni studiati dava luogo a considerazioni di spazio e portava a paragonare quantità di energie esistenti in luoghi diversi, e nemmeno quando si conosceva per esperienza l'esistenza ed il valore di una velocità di propagazione finita e determinata. Si affermava, per esempio, che la massima parte dell'energia disponibile su questa terra ci viene mandata dal sole; che è il calor del sole quello che, innalzando dal mare i vapori, rifornisce di continuo i ghiacciai, le sorgenti, i torrenti e i fiumi, dà moto alle nostre macchine idrauliche e somministra l'energia a quella macchina immane per la quale incessantemente si modifica la crosta terrestre; che al calore del sole sono dovute le correnti atmosferiche e le marine; che è l'energia della radiazione solare quella che si accumula nei tessuti vegetali quando in essi si fissa il carbonio tolto alla anidride carbonica dell'atmosfera o dell'acqua, quella, per conseguenza, che gli animali trovano negli alimenti, e quella accumulata nel litantrace col quale noi andiamo alimentando i focolari delle nostre caldaie a vapore e le storte dei nostri gasometri. Ma con queste proposizioni si affermava unicamente l'equivalenza tra l'energia ricevuta qui sulla terra ed una parte di quella irradiata dal sole; si considerava l'energia non ancora partita dal sole e la si riconsiderava arrivata sulla terra; non la si considerava durante il viaggio. Durante il viaggio si consideravano le oscillazioni termiche e luminose e si studiavano le leggi della loro propagazione; la energia dovuta alle oscillazioni si considerava solamente nei corpi irradianti ed in quelli ricevitori la irradiazione. Nello studio della grande macchina trasmittitrice si faceva, in sostanza, quello che ordinariamente si fa nello studio delle macchine industriali, ove si considera l'energia spesa ad una estremità sul primo mobile e quella restituita all'altra estremità dall'ultimo mobile, mentre per gli organi intermedi si studiano le forze e i moti senza bisogno di pensare al modo nel quale in grazia di essi ed attraverso ad essi, da un capo all'altro della macchina, fluisce l'energia.

Lo stesso si faceva, inevitabilmente, nel considerare l'energia dovuta alle forze tra i corpi elettrizzati ed a quelle tra i magneti; nè si sarebbe potuto fare altrimenti finchè si trattarono tali forze come forze newtoniane agenti a distanza senza l'intervento di alcun mezzo fra i loro punti d'applicazione. Ed era anche naturale che la stessa cosa si facesse nella considerazione dei fenomeni delle correnti elettriche quando le applicazioni di queste non erano ancora uscite dai laboratori scientifici, oppure si limitavano alla produzione a distanza di piccoli movimenti destinati a generare suoni od a servire altrimenti come segnali. La quantità d'energia che si presentava in quelle applicazioni era piccolissima e perciò non attraeva su di sè l'attenzione, o non era oggetto principale di studio; lo studio si aggirava su altri concetti, il fenomeno si considerava sotto altri aspetti. Nessuno fra quanti lavorarono, praticamente, o colle teorie, attorno ai telegrafi elettrici, od ai telefoni, ebbe mai occasione di considerare una trasmissione telegrafica o telefonica come una trasmissione di energia; ad una trasmissione di energia nessuno pensava nemmeno quando per festeggiare la posa del primo canapo telegrafico sottomarino si sparava un cannone su di una sponda della Manica con una corrente mandata dall'altra sponda, non più di quanto ad essa potesse pensare ai suoi tempi Beniamino Franklin quando con una scarica elettrica trasmessa lungo un filo attraverso al fiume Schuylkill, che allora era lontano alcune miglia da Filadelfia, immolava un gallinaccio, con un'altra scarica elettrica, trasmessa nel medesimo modo, accendeva

il fuoco per arrostarlo, e coronava la festa bevendo alla salute degli elettricisti europei in coppe elettrizzate fra le scariche dei mortaletti accesi anch'essi colla batteria elettrica.

Ma non appena si cominciarono a trasmettere correnti di grande intensità, prodotte per mezzo di macchine d'induzione colla spesa di lavoro meccanico, e con quelle si cominciarono ad attivare lampade elettriche, a fondere metalli, a comandare motori, l'attenzione dovette rivolgersi naturalmente, come alla cosa più importante, alla considerazione del lavoro. E siccome con una medesima corrente in un unico circuito, od in una rete di circuiti, si poteva produrre a piacimento lavoro meccanico, o lavoro chimico, o calore, o luce, nelle condizioni più svariate ed in regioni comunque lontane dal luogo dove il lavoro era speso, così il fatto non solamente costituì la più evidente riprova del grande principio della conservazione dell'energia, ma naturalmente dovette forzare nel pensiero il concetto dell'energia che passa da luogo a luogo, che si muove, che si trasmette. Col concetto nacque la corrispondente locuzione: *trasmissione dell'energia*; concetto e locuzione si assodarono e divennero popolari nella tecnologia, prima che su di essi si fermasse di proposito la speculazione scientifica.

Ora è a notarsi l'importanza di questa affermazione. Le idee larghe mandano spesso i loro semi e danno frutti anche fuori del campo nel quale sono nate. Il fatto, frequente nella storia delle scienze, che una medesima nozione fa in varie discipline, con forme diverse confacenti a ciascuna di queste, simultaneamente, la sua apparizione, non è, in generale, fortuito. Esso si verifica il più delle volte perchè una qualche nozione, sorta, non importa in quale ramo speciale di ricerche o di applicazioni, si è, per così dire, diffusa nell'aria, ed ha penetrato inavvertita le menti degli studiosi, i quali inconsciamente la ritrovano e la ripresentano nelle forme corrispondenti ai diversi caratteri delle loro ricerche. Quindi io non penso che abbia da attribuirsi ad un caso fortuito questo fatto, che proprio nei giorni in cui più ferveva il lavoro per le prime grandi esperienze sulla trasmissione elettrica dell'energia meccanica, proprio nel 1884 quando Marcel Deprez, incoraggiato ed agguerrito dalle sue prime esperienze del 1882 a Monaco di Baviera, e da quelle del 1883 alla stazione del Nord di Parigi ed a Grenoble, stava preparando, fra l'attesa e le speranze di tutto il mondo, il suo non felice, ma coraggioso e pur sempre grande tentativo di Creil, proprio allora mentre le menti di tutti erano rivolte al nuovo ideale della trasmissione elettrica, un lavoratore del campo della scienza pura ed astratta, il prof. J. H. Poynting (1) del Mason College di Birmingham, abbia messo alla luce, scavandolo dalla miniera delle formole del Maxwell, dove era racchiuso completo, ma allo stato latente, il suo teorema sul flusso della energia nel campo elettro-magnetico; un teorema, che quantunque presentato soltanto nel caso speciale della energia elettromagnetica, ha avuto per effetto di mettere in evidenza un concetto molto più largo, il concetto della continuità della energia.

Questo concetto non è una conseguenza necessaria di quello della conservazione dell'energia, è un allargamento, è il complemento di questo; e perciò è importante. Col semplice principio della conservazione non si attribuiva all'energia nessuna individualità; si diceva: una quantità di energia, data in una determinata forma, può scomparire, a condizione che una quantità uguale di quella medesima forma, o di un'altra, comparisca simultaneamente in qualche luogo, dovunque sia. Col principio della continuità, invece, si cerca di seguire nel suo movimento e ne' suoi mutamenti ciascuna parte, ciascun singolo pezzo, si direbbe, della energia, come si seguirebbe un pezzo di materia, sul quale si fosse fatto un segno per identificarlo in altri luoghi e sotto altre condizioni. Secondo il nuovo modo di considerare le cose, diceva Oliver Lodge nel 1885, compreso d'entu-

siamo in una nota (1) a lui ispirata dalla pubblicazione della memoria di Poynting, secondo il nuovo modo di considerare le cose noi possiamo ragionare intorno alla via percorsa dall'energia ed avere sulla continuità della esistenza della medesima la stessa certezza che avremmo quando stesso ragionando intorno alla via per cui ci arriva un bagaglio da qualche stazione lontana, comunque questo possa giungere a noi manomesso o trasformato.

La nozione della continuità dell'energia era, come ho detto, già contenuta, intiera e con tutto ciò che occorreva per svolgerla ed analizzarla, nelle teorie del Maxwell. Clerk Maxwell, dando forma matematica precisa ai concetti divinati da Faraday, aveva espresso l'energia elettrica, quella magnetica e quella elettromagnetica non più per mezzo di integrali estesi alle superfici ed ai volumi occupati dai supposti fluidi elettrico e magnetico agenti a distanza con forze newtoniane, od a quelli occupati dai conduttori attraverso ai quali, col linguaggio ancora in uso, si suol dire che si trasmettono correnti elettriche, ma per mezzo di integrali estesi anche a tutto lo spazio frapposto fra i corpi elettrizzati, o fra i magneti, o fra i conduttori delle correnti. L'idea che l'energia avesse la sua sede in tale spazio era perciò legittima. Legittima, per conseguenza, era anche l'idea che le forze elettriche e le magnetiche dipendessero da una modificazione di un mezzo riempiente tale spazio. Il dover ammettere la presenza in ogni dove di un mezzo avente alcune proprietà analoghe a quelle di un solido elasticissimo non poteva più costituire una difficoltà, poichè la medesima necessità era già altrimenti imposta per la interpretazione dei fenomeni della luce; e neppure infirmava la legittimità dell'idea l'impossibilità di spiegare le forze maxwelliane per mezzo delle sole proprietà dei solidi elastici (2).

Maxwell aveva fatto di più. Con quella trovata geniale che fu il suo concetto dello spostamento elettrico egli era riuscito a presentare ed a trattare le variazioni, rispetto al tempo, delle suaccennate modificazioni del mezzo come un fenomeno della stessa natura di quello a cui si dà il nome di corrente elettrica, ed allora, attribuendo, con una ipotesi ormai naturale, a questa corrente, alla corrente di spostamento, le note proprietà delle correnti di conduzione, egli poté scrivere equazioni differenziali tra le forze elettriche e le magnetiche esistenti in un campo elettromagnetico, le quali dimostrano che una modificazione di queste forze si deve trasmettere come si trasmettono nell'etere le vibrazioni luminose. Dalla sua teoria risultò che la velocità di propagazione nell'etere libero doveva essere uguale al rapporto tra le unità elettromagnetica ed elettrostatica di elettricità, e siccome già W. Weber e Kohlrausch, poi egli stesso, poi W. Thomson ed altri avevano trovato sperimentalmente che il rapporto delle unità era uguale alla velocità della luce, così si presentò come molto probabile la seducente ipotesi che il mezzo ove si propagano le forze elettriche e magnetiche e l'etere luminifero fossero una medesima cosa. Prima ancora che la teoria elettromagnetica della luce ricevesse una più diretta conferma sperimentale era adunque naturale cercare nel mezzo dielettrico, o nell'etere, la sede, come delle forze, così dell'energia; ed anzi, poichè Maxwell aveva dato l'espressione dell'energia contenuta in una superficie chiusa comunque tracciata nello spazio, così era dal Maxwell stesso implicitamente dato tutto quanto occorreva per studiare col sussidio della pura matematica il modo di trasmettersi di essa.

Ma, come ho detto, il concetto era rimasto inavvertito, era allo stato latente; e fu il Poynting, solo nel 1884, appunto quando, come ho notato, la nozione della trasmissione dell'energia, già diffusa e famigliare, riempiva le menti dei

(1) OLIVER LODGE, *On the identity of energy: in connection with Mr. Poynting's paper on the transfer of energy in an electromagnetic field; and on the two fundamental forms of energy*. Philosoph. Magaz. London, vol. XIX, serie 5ª, maggio 1885, pag. 482.

(2) L'impossibilità di spiegare le forze maxwelliane per mezzo delle ordinarie proprietà di un mezzo isotropo fu posta in chiaro da Beltrami. — Vedi E. BELTRAMI, *Sull'interpretazione meccanica delle formole di Maxwell*. Nuovo Cimento, 3ª serie, tomo XX, 1885, pagine 5 e 97.

(1) J. H. POYNTING, *On the transfer of Energy in the electromagnetic field*. Philosophical transaction of the Royal Society of London, 1884, vol. 175, part. 2ª, pag. 343. — Idem, *On the connexion between electric current and magnetic induction in the surrounding field*. Id., 1885, vol. 176, part. 2ª, pag. 277.

tecnici lavoratori alla ricerca delle applicazioni industriali, fu il Poynting che lo vide chiaramente, e che, estraendolo dal suo ripostiglio, lo portò alla luce del giorno. A tal uopo gli bastò scrivere per mezzo delle formole di Maxwell l'espressione dell'energia elettrica e magnetica contenuta entro una superficie chiusa comunque tracciata nello spazio, e differenziarla rispetto al tempo. Trasformando il risultato per mezzo delle equazioni di Maxwell, egli trovò che le variazioni della quantità totale di energia contenuta nella superficie sono uguali a quelle che si avrebbero se l'energia fluisse nello spazio in direzione perpendicolare al piano delle forze elettrica e magnetica, e propriamente nella direzione nella quale si avanzerebbe una vite destrorsa girante dalla prima di queste forze verso la seconda, e se in una unità di tempo, in un secondo, passasse attraverso ad ogni unità di superficie, ad un centimetro quadrato preso su tale piano una quantità di energia proporzionale all'area del parallelogrammo fatto sulle due forze medesime prese come lati.

Ora ecco la conseguenza a cui conduce questo teorema. In un filo percorso da una corrente elettrica la forza elettrica è longitudinale mentre quella magnetica è perpendicolare al piano passante per l'asse, e tangenziale; il flusso d'energia è adunque radiale e diretto verso l'interno. L'energia non fluisce nel filo longitudinalmente, ma entra dall'esterno normalmente alla superficie, ed entrata si trasforma in calore. Fuori del filo, a breve distanza da esso, la forza elettrica è radiale, colla forza magnetica, che è tangenziale, essa determina un piano approssimativamente normale al filo; il flusso di energia è longitudinale; l'energia fluisce all'esterno del filo; fluirebbe tutta all'esterno, senza che alcuna parte di essa penetrasse nel metallo se questo potesse avere una resistenza elettrica nulla; penetra in parte nel metallo e vi si perde trasformandosi in calore se vi ha una resistenza diversa da zero. Il filo non è un canale dentro al quale l'energia fluisca; è una rotaia lungo la quale l'energia scorre esternamente e nella quale una parte di questa si dissipa come calore. Il metallo del filo non è il materiale attivo del meccanismo trasmettente; è invece un materiale passivo, che nel funzionamento di tale meccanismo interviene colla sua cedevolezza. In mezzo al dielettrico circostante, che è il corpo ove le forze hanno sede e si trasmettono, il filo non fa altro che stabilire una linea di debolezza, la quale fa sì che la propagazione dell'energia avvenga in una direzione determinata; il filo non è la sede del fenomeno principale, ma semplicemente determina pel fenomeno un asse. Se il circuito elettrico è formato da due fili paralleli, l'energia scorre frammezzo a questi come fra due guide. Se si ha un canapo concentrico, l'energia fluisce nello spazio isolante fra l'anima di rame ed il conduttore tubolare esterno. In tutti i casi essa si trasmette attraverso allo spazio non occupato dal metallo.

Vecchie abitudini, derivate in parte da un vecchio linguaggio, il quale ci rende propensi a paragonare una corrente elettrica in un conduttore ad una vena liquida scorrente in un tubo, possono fare sì che le esposte conclusioni ci si presentino a prima giunta come inattese, ed anche come strane. Ma tali non sono. Anzi io voglio notare che forse esse ci si presenterebbero come affatto naturali, quasi come intuitive, se dopo di avere accettato il concetto di Faraday, che sta a base della teoria maxwelliana, il concetto cioè che non vi abbiano forze a distanza, noi provassimo a spogliarci di ogni altro preconcepito e ci mettessimo a considerare un impianto di trasmissione elettrica coll'occhio del pratico, che, avendo maggiore familiarità colle macchine che colle astrazioni scientifiche, suole cercare di ciò che osserva le spiegazioni più semplici e più dirette.

Consideriamo infatti un impianto di trasmissione costituito da una dinamo generatrice e da un motore elettrico collegato in circuito con questa per mezzo di due fili metallici. Se le due macchine sono di quelle ove i fili partono da spazzole appoggiate alle parti metalliche mobili, vi ha tra i due alberi rotanti continuità così del metallo come del dielettrico, e perciò si può fare tanto l'ipotesi che la energia si trasmetta nell'interno dei fili quanto quella che essa si trasmetta all'esterno.

La difficoltà di capire il meccanismo della trasmissione è

la stessa nelle due ipotesi, perchè come fuori dei fili, così dentro di essi nessun movimento è visibile. Ma possiamo considerare casi nei quali sussiste la continuità soltanto del dielettrico, o soltanto del metallo e da questi possiamo dedurre criteri sicuri per la scelta fra le due ipotesi. Si ha la continuità del solo dielettrico, e non quella del metallo nel caso di una trasmissione da una dinamo alternatrice ad armatura fissa, come quelle di Tivoli, o de' Cerchi, ad un motore a corrente alternante del medesimo tipo. In questo caso infatti la continuità metallica può esistere solo tra le parti fisse delle due macchine, le quali consistono, come si sa, in due corone di spirali; la continuità non esiste tra queste parti fisse e le mobili, le quali sono, come si sa, due stelle di magneti portate da alberi e giranti dentro alle due corone; queste due stelle girano nelle due corone di spirali senza toccarle, girano nell'aria. Ebbene, quantunque manchi la continuità metallica, tuttavia le due stelle si trasmettono dall'una all'altra il movimento, esattamente come farebbero due ruote dentate imboccanti l'una nell'altra. Dunque alla trasmissione non è necessaria la continuità del metallo; lo strato di isolante che avvolge tutta la parte mobile della dinamo e quello che avvolge tutta la parte mobile del motore non impediscono la trasmissione; il dielettrico si lascia attraversare dall'energia elettromagnetica. La cosa risulta anche più evidente se, invece che ad una trasmissione diretta, pensiamo ad una trasmissione indiretta con trasformatori. Allora infatti non esiste continuità metallica nemmeno tra le parti fisse delle due macchine. Ma consideriamo ora un caso nel quale sia interrotta la continuità dell'isolante; immaginiamo che la camera dove è la dinamo, o quella dove è il motore, od entrambe, sieno tappezzate con un grosso strato di metallo che non lasci scoperta nè sulle pareti laterali, nè sul pavimento, nè sul soffitto, alcuna parte isolante. In questo caso non è più possibile nessuna trasmissione; noi non possiamo, in questo caso, far uscire anche solo un briciolo di energia elettromagnetica dalla camera ove è la dinamo, nè possiamo farne entrare un briciolo in quella dove è il motore. La parete metallica non lascia passare l'energia elettromagnetica; questa non esce o non entra nella stanza se non alla condizione che vi sia una finestrina ove essa possa passare; e questa finestrina è aperta all'energia se è chiusa solo da materia isolante, come le finestre delle nostre abitazioni sono aperte alla luce quando sono chiuse solamente con vetri. La energia può penetrare, in parte, nel metallo della parete, ma quivi rimane trasformata in calore, e soltanto in questo stato potrà poi parzialmente passare dall'altra parte. Se il metallo costituente la parete potesse essere un perfetto conduttore, se non avesse una resistenza specifica, nemmeno questo fatto avverrebbe, l'energia elettromagnetica non penetrerebbe nemmeno nell'interno di esso; un perfetto conduttore sarebbe per l'energia elettromagnetica un perfetto ostruttore. Se fosse completamente vero il fatto che le notevoli ricerche di Dewar e Fleming (1) fanno prevedere, che cioè alla temperatura dello zero assoluto la resistenza specifica dei metalli si annulla, si potrebbe dire che una parete metallica allo zero assoluto non solo costituirebbe uno schermo perfetto per l'energia elettromagnetica, ma non si lascierebbe nemmeno penetrare da essa, per effetto diretto di essa non potrebbe essere riscaldata, e rimarrebbe invariabilmente allo zero assoluto. È adunque forza concludere che delle due ipotesi, che l'energia elettromagnetica viaggi nel metallo o che viaggi fuori del metallo, nel dielettrico, solamente la seconda è accettabile. Lo scaldarsi che fanno i fili metallici congiungenti la stazione generatrice colla riceptrice non infirma questa ipotesi: anche nei congegni della ordinaria meccanica non sono già gli organi trasmettitori quelli che si scaldano, ma sono i perni, i cuscinetti, le guide, le rotaie.

Tanto queste idee, alle quali conduce intuitivamente la contemplazione diretta dei fatti, quanto quelle più precise,

(1) J. DEWAR e J. A. FLEMING, *The electrical resistance of metals and alloys at temperatures approaching the absolute zero*. Philosophical Magazine, settembre 1893; The electrician, 15 settembre 1893, pag. 529.

alle quali conduce la trattazione matematica di Poynting, riposano intieramente sul concetto fondamentale di Faraday e di Maxwell, che le forze elettriche e le magnetiche abbiano la loro sede in un mezzo riempiente lo spazio dielettrico. Ora questa ipotesi, che Maxwell aveva dimostrato matematicamente conciliabile coi fatti sperimentali, e che la coincidenza del valore del rapporto delle unità elettriche con quello della velocità della luce già rendeva immensamente probabile, riposa attualmente sopra una base sperimentale positiva. Le scoperte che formarono tale base hanno avuto un'importanza così straordinaria, e di esse è così piena in questi giorni la mente di quanti si interessano del mondo fisico, che io non ho quasi bisogno di nominarle. Enrico Hertz nel 1888 (1) riuscì a produrre, per mezzo di una serie di scariche oscillanti, regolari e rapidissime variazioni periodiche della forza elettrica, rapide oscillazioni elettriche, come si suole dire; e per mezzo di un conduttore aperto funzionante come risonatore riuscì a scoprire quelle oscillazioni nello spazio ed a seguirle; seppe produrre con quelle fenomeni d'interferenza e per mezzo di questi poté dimostrare che le oscillazioni si propagano attraverso allo spazio con una velocità determinata. Riuscì anzi a fare una approssimativa misura della velocità di propagazione, e la trovò uguale a quella della luce.

Ora se le forze elettriche impiegano un tempo a propagarsi, esse rimangono un certo tempo nello spazio e con esse rimane nello spazio la corrispondente energia. Il concetto di un mezzo, sede delle forze e dell'energia elettromagnetica è adunque obbligatorio; e siccome la velocità di propagazione delle forze elettriche è uguale a quella della luce, così l'ipotesi più semplice e più legittima è che il corpo, nel quale ha sede e si propaga l'energia elettromagnetica, sia quel medesimo etere attraverso al quale si propaga la luce. Ormai è indubitabile: il mezzo che trasmette l'energia dall'albero di una ruota idraulica a quello di un motore elettrico lontano, o dal focolare di una motrice a vapore alle punte dei carboni fra le quali brilla l'arco voltaico od ai fili di carbone splendenti nei palloncini delle lampade ad incandescenza, è quel medesimo, attraverso al quale e per opera del quale viene dal sole a noi pressochè tutta l'energia di cui disponiamo su questa terra. Mi è occorso di dire come in alcuni paesi industriali si viva ormai in mezzo ad una grande macchina che abbraccia e muove ogni cosa; ora quella grande macchina ci si presenta come una minima parte di una macchina ancora più grande. E se, come già divinava Lamé (2), verrà un giorno nel quale si dovranno spiegare per mezzo dell'etere anche le forze nei corpi elastici, che sono quelle che si utilizzano negli organi delle macchine ordinarie, quel giorno si dovrà dire che dappertutto e sempre, nella grande macchina dell'universo come nelle parti di essa da noi modificate e disposte pei bisogni delle nostre industrie, il mezzo nel quale l'energia si trasmette è uno solo, l'etere.

Intorno alla legge quantitativa della trasmissione, il teorema di Poynting non dice ancora tutto. Il teorema ci assicura che la variazione della quantità totale di energia nell'interno di una superficie chiusa è quella che si avrebbe se il flusso di energia fosse in ogni punto uguale al vettore prodotto della forza elettrica per la magnetica; non dice che effettivamente esso abbia tale valore. Noi potremmo sommare col flusso calcolato colla legge di Poynting, arbitrariamente, un altro flusso qualunque a distribuzione solenoidale senza punto modificare il flusso totale entrante nella superficie chiusa; il che vuol dire che la distribuzione del flusso indicata da Poynting non è che una fra infinite altre tutte conciliabili colle equazioni di Maxwell. Che fra le infinite possibili essa possa non essere sempre la distribuzione effettiva, risulta anche dalla considerazione di certe circolazioni di energia, che con essa si avrebbero in sistemi apparentemente statici; tantochè

Hertz ebbe ripugnanza a servirsi del teorema. Ma che l'energia si trasmetta attraverso all'etere, non può ormai più essere posto in dubbio; e credere con Hertz che il principio della continuità dell'energia, quale fu nettamente delineato da Poynting, non trovi ancora nella scienza attuale un terreno preparato è certamente un'esagerazione (1).

Intorno poi al meccanismo della trasmissione nell'etere si è cercato e si va cercando di diffondere alcune delle idee fondamentali per mezzo di finzioni o di modelli meccanici, alcuni dei quali, segnatamente quelli di Fitzgerald (2) e di Lodge (3), hanno indubbiamente contribuito in larghissima misura a popolarizzare le nuove teorie. Ma questi sono artifici utili soltanto per aiutare ne' primi passi gli studiosi meno addestrati alle astrazioni matematiche. Meno imperfettamente ed in un campo più elevato, giovano a delineare le idee sulle proprietà dell'etere e sul meccanismo della trasmissione le ricerche teoriche, colle quali, in forma matematica, si confrontano le proprietà del mezzo elettromagnetico con quelle dei corpi elastici (4), o si cercano le proprietà meccaniche che si dovrebbero attribuire ad un corpo acciocchè i suoi movimenti potessero soddisfare alle equazioni di Maxwell o di Hertz (5). Tali ricerche possono anche avere una importanza grande per sè, perchè la dimostrazione di una analogia, o di una differenza, è per se stessa un trovato scientifico. Ma se si considerano come teorie elettromagnetiche, anche queste hanno puramente il carattere di modelli provvisori, l'ufficio dei quali è somigliante a quello dei ponti di servizio che si adoperano nei lavori architettonici: necessari durante la costruzione, questi ponti debbono essere demoliti ad opera finita; lasciati in posto, impedirebbero la vista dell'edifizio. Le equazioni di Maxwell o quelle di Hertz compendiano quella parte delle nostre nozioni intorno al mezzo elettromagnetico, la quale è fin d'ora nello stato attuale della scienza, riducibile a forma precisa; esse compendiano quanto effettivamente si sa per esperienza intorno alle proprietà meccaniche del mezzo. Conoscendo quelle equazioni, noi siamo autorizzati a dire che conosciamo l'etere, col medesimo diritto col quale diciamo di conoscere le proprietà dei corpi elastici, perchè conosciamo le equazioni che reggono l'equilibrio ed il moto di essi. Una teoria meccanica dell'etere può essere legittima se si accorda con quelle equazioni, ma non può aggiungere nulla a ciò che esse dicono, o, se aggiunge, aggiunge troppo. Le equazioni di Maxwell e di Hertz costituiscono da sè una teoria meccanica, una teoria meccanica larga, senza una precisa specificazione del meccanismo; una così detta interpretazione meccanica di essa non fa che specificare il meccanismo, ed ha maggiore probabilità di allontanarla dal vero, che non di avvicinarla ad esso. Una teoria è tanto più probabile quanto più è astratta. Se essa si traduce in equazioni rispondenti ai fatti direttamente dati dall'esperienza, essa è quanto oggi si può desiderare. Il progresso starà nel fare che le equazioni abbraccino domani un più largo numero di fatti sperimentali.

(1) H. HERTZ, *Ueber die Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper*. Göttinger Nachr., vol. XIX, marzo 1890; Wied. Ann. XL, p. 577; *Untersuchungen über die Ausbreitung der Elektrischen Kraft*, Leipzig, 1892, pag. 208. — I dubbi sulla interpretazione del teorema di Poynting sono espressi a pagina 234 del volume ultimo citato. Nella nota 31 alla fine del volume, pag. 293, Hertz dà ragione de' suoi dubbi servendosi dell'esempio dell'energia trasmessa da una motrice a vapore ad una dinamo per mezzo di una cinghia e dalla dinamo ad una lampada elettrica per mezzo di due fili. Ma a noi pare evidente che se la trasmissione dell'energia lungo la cinghia non si suole considerare, ciò dipende più dal non avere ancora sentito il bisogno di farlo che dalla oscurità o dalle difficoltà intrinseche del problema.

(2) FITZGERALD, Proc. R. Dub. Soc. Gennaio 1885. — Vedi anche: FITZGERALD, *Of the structure of Mechanical Models illustrating some properties of Aether*. Phil. Mag. 1885, pag. 438.

(3) OLIVER LODGE, *Modern views of electricity*, London, 1892,

(4) E. BELTRAMI, Memoria citata.

(5) Notevoli a questo riguardo i lavori seguenti: ERNESTO PADOVA, *Una nuova interpretazione dei fenomeni elettrici, magnetici, e luminosi*. Nuovo Cimento, 1891, 3ª serie, tom. XXIX pag. 225. — HERMANN EBERT, *Zur Theorie der magnetischen und elektrischen Erscheinungen*. Ann. der Physik und Chemie, Neue Folg. Bd. 51, 1894, pag. 268.

(1) H. HERTZ, *Ueber die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektrodynamischen Wirkungen*. Sitzungsberichte d. Berliner Akad. d. Wissenschaften, 2 febr. 1888; Wiedem. Ann. 34, pag. 551. — Idem, *Ueber elektrodynamische Wellen im Luftraum und deren Reflexion*. Wiedem. Annalen, 34, 610; 1888.

(2) G. LAMÉ, *Leçon sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides*. Deuxième édition, Paris, 1866, pag. 335.

Ho cominciato a parlare di impianti industriali, ed ho finito col dire che quegli impianti sono parti di una macchina più grande, nella quale gli organi principali, gli organi che propriamente trasmettono le forze ed i lavori, non sono quelli visibili di metallo, ma sono invisibili nello spazio, il quale è tutto pieno di essi, anche là dove abbiamo l'abitudine di dire che lo spazio è vuoto. Ed ho detto ancora che la migliore conoscenza di quegli organi e del material- con cui sono fatti si deve cercare nelle teorie astratte; ho detto in sostanza, che invece di materializzare le equazioni matematiche vestendole, per così dire, con finti meccanismi, dobbiamo guardare il tessuto geometrico, che forma come lo scheletro dei fenomeni, in sé e per sé, come la espressione più semplice e più genuina di essi. Sono partito dalle applicazioni industriali della parte più tecnica della fisica, e, senz'accorgermi, stavo quasi per entrare nelle regioni più astratte alle quali la fisica sia mai arrivata. Ebbene io debbo notare che in ciò non vi fu sforzo né intenzione. La stessa cosa fanno spesso, senza accorgersi, anche gli uomini della pratica. Egli è che realmente non è sempre possibile segnare un confine fra la scienza pura e le sue applicazioni; egli è che queste non avanzano se quella non interviene di continuo; egli è che queste non si muovono se quella non si muove, come una ruota dentata non gira se non gira con essa anche la ruota compagna.

Il popolo più tecnico del mondo, il nordamericano, dopo di avere coperto di opifici il suo grande paese, incominciò coll'impiantarvi scuole industriali, ma attualmente è intento ad allestire, con uno slancio e con una larghezza di idee per noi inaudita, istituti e laboratori per la scienza alta e pura. Noi, che per necessità storica procediamo in ordine inverso, noi, mentre intendiamo all'incremento delle nostre industrie e dei nostri commerci, serberemo nel tempo stesso agli studi l'antico culto. Ed oggi vedendo questa nostra serena e severa casa della scienza onorata dai Sovrani e da sì eletta adunanza di cittadini, sentiamo pieni i nostri cuori non solo di gratitudine, ma anche del conforto che ci arreca ogni nuova evidenza della saggezza che veglia su di noi e di quella che ci circonda.

COSTRUZIONI METALLICHE

CONCORSO PER LA COSTRUZIONE DI DUE PONTI SUL DANUBIO IN BUDAPEST

(Veggasi la Tavola VIII)

Fin dal luglio dell'anno 1893 veniva aperto un concorso dal Ministero del Commercio ungherese per la costruzione di due ponti sul Danubio nella capitale del Regno; l'importanza dei manufatti, il premio destinato ai vincitori, e il fatto che il concorso era internazionale, ci inducono a dirne qualche cosa ai lettori dell'*Ingegneria*. Certo che pochi altri concorsi possono gareggiare con questo di Budapest, il quale fra le molte difficoltà offriva anche quella della vicinanza del celebre ponte sospeso di Adam Clark, divenuto ormai classico, e il cui aspetto sommamente gradevole richiedeva che anche i nuovi ponti nelle loro linee architettoniche non fossero da meno.

Condizioni del concorso. — Il programma pubblicato dal Ministero del Commercio dava indicazioni precise sullo scopo dei due ponti e sul carattere che si desiderava avessero i medesimi, e ciò senza limitare troppo strettamente la cerchia dentro la quale potevano muoversi i concorrenti, anzi lasciava un largo campo alla fantasia dei singoli autori.

Il concorso era limitato ai due ponti con cavalcavia alle estremità dell'uno sopra le strade lungo il Danubio, e lasciava liberi i concorrenti di presentare i due progetti od anche quello di un sol ponte, a piacer loro. L'uno, quello di Esküter, veniva a trovarsi quasi nel centro della città e più vicino al ponte sospeso esistente (V. planimetria, fig. 55); l'altro, quello di Fövämtér, più a valle. Il primo, dovendo

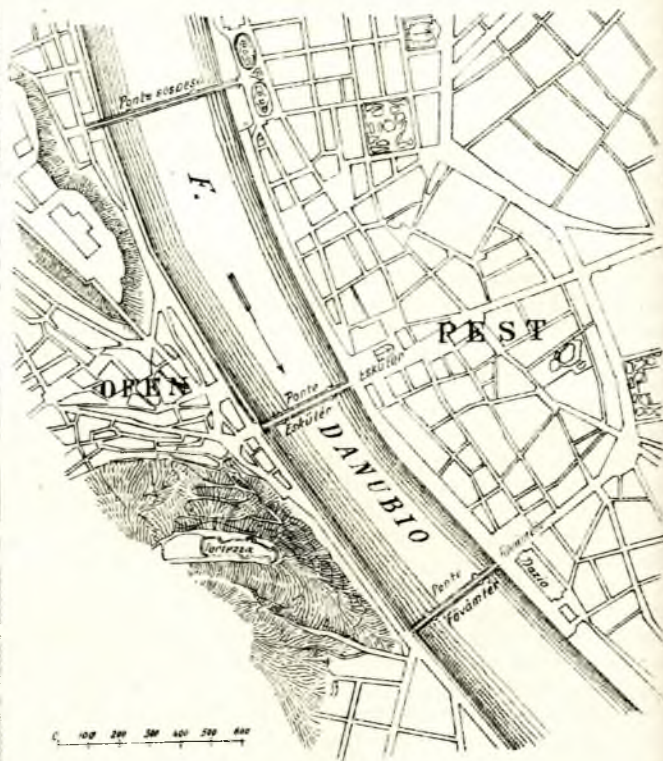


Fig. 55.

servire principalmente alla circolazione cittadina, pedestre e in carrozza, l'altro invece al traffico ed al commercio, si richiedeva che nel loro aspetto esterno corrispondessero a questa diversa destinazione, sicchè l'uno più leggiero, più grazioso, e con proporzioni estetiche corrette dal punto di vista architettonico, si voleva che venisse a costituire un'opera d'arte delle più notevoli nella capitale magiara; l'altro, non da meno nel suo insieme, ma più robusto, con decorazione più semplice e però sempre gradevole all'occhio.

Per non recare disturbo alla navigazione sul Danubio, si prescriveva di procurare che la montatura della parte metallica si facesse senza armature o castelli nel letto del fiume.

Senza farne una condizione assoluta, il programma raccomandava inoltre che la spesa di costruzione dei due ponti non oltrepassasse i dieci milioni e seicentomila lire.

Per ciascuno dei due ponti si preferiva una luce unica di m. 312,8 per quello di Esküter e di m. 331,40 per l'altro; tuttavia se questa circostanza avesse dovuto offrire troppe difficoltà in ragione delle altre condizioni imposte e richiedesse una spesa assai superiore ai 5.300.000 lire, si acconsentiva che fossero progettati a 3 luci, e primamente quello di Fövämtér, e in seconda linea il ponte di Esküter, escludendo però in modo assoluto qualsiasi soluzione a due luci.

Tenuti presenti i bisogni della navigazione, nel caso di tre campate, si fissavano i limiti di quella centrale fra m. 170 e 175 pel ponte di Esküter, e di m. 175 e 180 per l'altro. Le campate di sponda dovevano essere simmetriche ed uguali. Ai cavalcavia all'estremità del primo ponte si assegnavano m. 20 di luce come limite inferiore, e si permetteva pure di sopprimerli scavalcando colle campate di sponda anche le strade laterali al Danubio.

Queste condizioni, come vedesi, offrivano già per se stesse difficoltà non lievi e atte a lusingare l'amor proprio di distintissimi ingegneri.

Sorvoliamo sugli altri particolari del programma, che non possono avere importanza per i lettori dell'*Ingegneria*, ora che il concorso è ultimato. L'altezza libera sotto la parte metallica veniva fissata nel mezzo a m. 14,929 nell'uno, e rispettivamente m. 15,125 nell'altro, e a m. 14,50 in due punti siti a m. 50 dall'uno e dall'altro lato dell'asse del fiume; l'al-

tezza disponibile, ossia quella compresa fra il piano stradale e la tavola inferiore del ponte, non doveva superare i m. 1,60 in questa tratta di 100 metri; evidentemente per non ingombrare la vista attraverso e lungo il fiume da qualsiasi punto.

La larghezza del ponte di Eskütér veniva stabilita in m. 10 per la strada e in m. 3 per ciascuno dei passeggiatoi laterali. Pel ponte di Fövámter m. 11 e rispettivamente m. 2,90. Si prevedeva anche la possibilità di un impianto di ferrovia elettrica e nel programma se ne indicavano le condizioni.

La parte che può offrire un maggior interesse pei nostri lettori è quella relativa agli elementi di calcolo, e che perciò riassumiamo il più brevemente possibile. Trattandosi di ponti destinati a scopo diverso, anche i dati suddetti non potevano essere i medesimi; però per tutti e due si chiedeva che a base del calcolo si assumesse un carico uniformemente ripartito su tutto il tavolato, di chg. 450 per mq., o, se doveva risultarne una cimentazione maggiore, un carico prodotto da due carri a due sale, circolanti sullo stesso fronte l'uno accanto all'altro nella posizione più sfavorevole ed aventi rispettivamente per il ponte di:

	Eskütér	Fövámter
una distanza da sala a sala di m.	3,00	4,00
una larghezza fra le ruote di m.	1,50	1,60
un carico per ogni sala di tonn.	4,00	6,00
una larghezza utile pel carico di m.	2,50	2,50

Per l'azione del vento si prescrisse una pressione massima di chg. 250 per metro quadrato di superficie laterale del ponte non caricato.

Per ambedue i ponti lo sforzo interno massimo ammesso era fissato come segue:

	nel ferro	nell'acciaio dolce
Per le travi principali	9 Chg.	10 Chg.
Pei lungaroni trasversali ed altre parti del tavolato	7 »	7,5 »
Per le saette orizzontali, contravventi, ecc.	9 »	10 »
Pei chiodi cementati in una direzione	7 »	7,5 »
Pei chiodi cementati in varie direzioni o esposti agli urti	6 »	6,5 »

Per la ghisà, ammissibile solamente negli appoggi, si stabiliva uno sforzo di chg. 8 nei pezzi compressi, e di chg. 2,5 in quelli tesi.

La pressione laterale esercitata dai chiodi sulla proiezione del proprio foro non doveva oltrepassare i chg. 16 per mmq.

I pezzi cementati di punta da forza di compressione si dovevano calcolare anche per rispetto alla flessione laterale.

I progetti dovevano essere definitivi, e quindi completi in tutti i loro particolari, e presentati pel 31 gennaio 1894, però non si domandavano disegni dei particolari di esecuzione che per quelle parti di costruzione che o per difficoltà costruttive, o per novità, o per il loro modo di funzionare e di comportarsi rispettivamente alle altre parti del ponte, richiedevano di venir meglio spiegate, come sarebbero articolazioni, incatenamenti, ecc. Per queste i particolari dovevano essere disegnati nella scala di 1 a 10, o di 1 a 15.

Il concorso era internazionale, e il Ministro del Commercio si riserbava di accordare, sulla proposta di una Commissione, nella quale erano rappresentate le principali nazioni europee, un premio di 30.000 corone (circa 31.500 lire) al progetto riconosciuto il migliore e di un valore assoluto reale fra tutti quelli presentati tanto per l'uno quanto per l'altro dei due ponti senza distinzione. Un secondo premio di 20.000 corone (circa 21.000 lire) per quel progetto che nello stesso modo verrebbe giudicato per secondo. Al primo progetto venivano inoltre assegnate altre 10.000 corone (circa 10.500 lire) qualora fosse ad una luce sola e potesse costruirsi senza oltrepassare notevolmente la spesa di 5 milioni di corone.

Il Ministro si riserbava inoltre di comperare al prezzo di 5250 lire uno qualunque dei progetti non premiati, e di incaricare dell'esecuzione chi credeva; se la scelta cadeva sull'autore, questi non avrebbe ricevuto il premio. Questa condizione trova la sua ragione nel desiderio di fare eseguire il lavoro da ungheresi se i vincitori dovessero essere forestieri.

Risultato del concorso. — Il concorso non poteva riuscire meglio; da ogni parte del mondo si mandarono progetti; la stessa America del Nord, forse per la prima volta, prendeva parte ad un concorso europeo in scala così vasta, ed anche l'Italia non fu da meno delle altre nazioni. In complesso 62 furono i concorrenti e 74 i progetti da essi presentati, dei quali 53 pel ponte di Eskütér, 36 con la soluzione ad una sola luce e 17 con la soluzione a tre luci; 21 pel ponte di Fövámter, di cui 5 ad una e 16 a tre luci. Dall'avere la maggioranza preferito la soluzione ad una luce, si deve concludere che questa condizione fu delle più attraenti.

L'Ungheria non presentò che 18 progetti, 12 l'Inghilterra, 16 l'America del Nord, 6 l'Italia, se non facciamo errore; 1 il Belgio, l'Olanda e la Russia, e gli altri 19 la Germania, la Francia e l'Austria. Tenute presenti le condizioni del nostro paese, possiamo veramente rallegrarci di una partecipazione relativamente considerevole; ed avendo noi visto qualcuno dei progetti presentati, possiamo assicurare che sono stati ben ideati, e se i medesimi non ottennero di essere messi in linea con quelli più specialmente menzionati dalla Commissione giudicatrice, ciò dipese dalla circostanza che o per deficienza di tempo, o per erronea interpretazione del programma, non erano sviluppati come quelli degli altri concorrenti, ma solo progetti di massima.

Si comprende facilmente quanto doveva riuscire difficile l'esame accurato di un numero così grande di progetti; per procedere in modo più sicuro la Commissione, composta di 28 persone ungheresi e di 4 estere, nominò nel suo seno una Sotto-Commissione di specialisti coll'incarico speciale di verificare tutta la parte tecnica, i calcoli statici e i computi metrici e peritali. Sul parere di questo Comitato la Commissione si riserbava di dare il proprio giudizio.

Come è noto, il miglior sistema nell'esame di un numero così grande di progetti è quello dell'eliminazione, e così fece la Sotto-Commissione. Cominciò dallo scartarne 37 in un primo scrutinio, poi altri 13 in un secondo, i quali tutti presentavano difetti gravi dal punto di vista estetico e costruttivo, e non potevano in alcun modo venir presi in considerazione. A onor del vero dobbiamo però aggiungere che qualcuno dei progetti eliminati, lo fu solamente per mancanza assoluta della parte estetica, mentre teoricamente offriva tutte le garanzie, non solo richieste dal programma, ma immaginabili per una buona esecuzione. Fra questi alcuni progetti americani, e uno rimarchevole fra gli altri il quale scavalca tutta la luce di m. 313 con una sola travata mediante sistemi intermediari di genere americano. I rimanenti 24 progetti dovevano non solo venire esaminati singolarmente nel loro valore assoluto, ma anche paragonati nei loro rapporti economici e costruttivi. Perciò la Sotto-Commissione affidò a cinque dei suoi componenti l'incarico di verificare tutte le dimensioni e i preventivi, rettificandoli dove fosse necessario, allo scopo di avere degli elementi paragonabili fra loro.

Uno dei criteri a cui la nuova Sotto-Commissione si è ispirata fu quello di ricercare i progetti che richiedevano la minor spesa per la parte metallica, poichè evidentemente essi avrebbero così permesso di consacrare una somma maggiore alla parte architettonica e artistica dell'opera, che nel programma era stata con tanta cura accentuata. Si procedette quindi al calcolo del peso della parte metallica. Dopo, in considerazione che una parte della muratura sarebbe stata sepolta e quindi il costo relativo, benchè importante, di nessuna influenza nell'ordinamento architettonico ed estetico del rimanente, la Sotto-Commissione ritenne necessario di calcolare il costo delle parti di costruzione più importanti, per potere così istituire anche da questo punto di vista un confronto fra i diversi progetti.

Da questo particolareggiato esame riuscirono vincitori, e diciamo pure, con sommo onore, i tre progetti designati coi numeri 11, 50 e 55, i quali corrispondono in ogni punto alle condizioni di stabilità e di estetica richieste dal programma. Il terzo progetto fu premiato in considerazione che il primo non si mantenne nei limiti stabiliti pel preventivo, per cui le 10.500 lire che a questo erano assegnate furono convertite in un terzo premio, in conformità delle condizioni

del programma, ed assegnate al progetto N. 55. Oltre i tre suddetti, la Commissione ne propose altri tre, come i migliori, al Ministero per essere acquistati, e cioè i N. 36, 72 e 51 (1).

Questi furono i fortunati; ma non per ciò gli altri sono privi di merito, e ad unanimità vennero designati ancora fra i più importanti i N. 56, 50, 41 e 35. Finalmente in seconda linea due altri, 48 e 44, meritavano di essere menzionati.

Progetti premiati, acquistati, e meritevoli di lode. — Passiamo ora brevemente in rivista i progetti premiati, dei quali diamo anche uno schizzo.

Il N. 11 (fig. 1 e 2, tav. VIII), che vinse il primo premio (31.500 lire), ebbe 16 voti favorevoli e 14 contrari, era designato col motto: *Magyarország nem volt, de lesz*. Appartiene alla Fabbrica di macchine Esslingen, e fu ideato ed eseguito dall'ing. capo Giulio Kübler della fabbrica, e dagli architetti Carlo Weigle e Eisenlohr. È il ponte della piazza di Eskütér ed è di fil di ferro, analogo al famoso ponte di Friburgo sulla Saane; viene irrigidito mediante pezzi verticali ed orizzontali; verticalmente è un traliccio di 6 metri d'altezza esterno ai passeggiatoi e con maglie pure di 6 metri di larghezza, il quale corre da una spalla all'altra; benché si sia adottata una tale altezza e larghezza, evidentemente per lasciare libero lo sguardo attraverso il ponte, non sembra che lo scopo sia perfettamente raggiunto, e certo questo traliccio deve disturbare alquanto la vista.

Le funi metalliche, aventi 52 cm. di diametro, sono formate con circa 14.000 fili di acciaio di 4 mm. di diametro, e lavorano a 32 chg. per mmq. Agli estremi appoggiano sopra elevati pilastri coll'intermezzo di appoggi mobili; poi si prolungano dentro canali in muratura coperti, verso il basso, per andare a perdersi nel pozzo d'ammarraggio, passando sopra grandiosi archi acuti, i quali certamente furono progettati per aumentare la stabilità dei ritti, e sotto di essi, con archi piatti, passano le strade laterali al Danubio.

Gli uffici per gli impiegati del dazio trovansi dall'altra parte degli archi acuti, e l'architetto riuscì a farli concorrere in modo splendido ed assai armonico all'architettura dell'insieme, utilizzandoli come colossali basamenti per due statue a cavallo.

Il peso della parte metallica è di 5425 tonnellate ed è il minore di tutti i ponti che hanno adottata la soluzione ad un'unica luce. Quelli che più vi si avvicinano sono il N. 26 con 7115 tonn., il 42 con 8345 tonn. e il 61 con 8500 tonn.; dei quali nessuno ebbe una menzione o fu in qualche modo segnalato; gli ultimi due sono ad arco, il primo è un sistema misto ad arco e funicolare.

La considerevole leggerezza del N. 11 per rispetto a tutti gli altri dipende certamente dal valore ammesso per lo sforzo massimo a cui sono assoggettate le funi metalliche; il suo autore ritenendo il limite di elasticità fra i 65 e i 70 chg. per mmq. e il massimo sforzo ammissibile da 44 a 48 chg., adottò 32,68 chg. per mmq. Da ciò si scorge che fu oltrepassato di molto il coefficiente stabilito nel programma. Ma ad onta di ciò la Commissione, dopo un accurato studio, credette di ritenere le cifre adottate dall'autore, tecnicamente esatte e quindi ammissibili.

Notiamo, per verità, che anche il progetto N. 26 ha le funi cimentate con 33 chg. per mmq., e però perdette il vantaggio così acquistato nel peso colla disposizione scelta, dalla quale anzi ne è risultato il ponte più pesante.

La spesa fu preventivata dalla Commissione stessa in L. 9.555.000. L'esecuzione viene fatta in conformità del progetto; già è stata fatta un'offerta per 6.615.000 lire, di cui 4.200.000 lire per tutto il ponte, esclusa la parte metallica.

Gli stessi autori avevano presentato anche un progetto a tre luci pel ponte della piazza di Fövámter, il quale ottenne 7 voti nella votazione pel primo premio (2).

Gli altri due progetti premiati si riferiscono al ponte Fövámter; quello che ebbe il 2° premio di 21.000 lire ottenne 15 voti contro 10, ed è il N. 50, designato col motto: *Duna*, e ne sono autori l'ing. capo pensionato delle ferrovie governative ungheresi Giovanni Feketeházy in società con gli architetti Steinhard e Lang in Budapest (fig. 3 e 4, tav. VIII).

È ideato sul sistema a mensola ed ha tre luci: la centrale di metri 175 da asse ad asse delle pile, le laterali di metri 79,70 ciascuna, come si scorge dalla fig. 3. La tavola superiore ha la forma della catenaria; l'inferiore è un arco assai ribassato sottostante alla piattaforma stradale. I ritti sulle pile sono decorati in ferro. L'ammontare del preventivo è di 4.620.000 lire, di cui un po' più della metà per la parte metallica. Questo ha il peso di 4565 tonnellate. In generale i ponti a tre luci hanno un peso minore di quelli ad una luce sola, ed anche fra loro differiscono di pochissimo.

Il terzo premio fu assegnato al progetto N. 55, designato col motto: *Jó szerencsét*, ed appartenente alla ferriera Reschitz della Società delle ferrovie nazionali austriache-ungheresi in unione con l'Impresa di opere pubbliche Gregeren di Budapest. I suoi autori sono l'ing. Roberto di Toth e l'architetto Enrico Schmal. Come già abbiamo detto, è fatto pel ponte Fövámter, ed è a tre luci, di cui la centrale ha una campata di m. 169,80, le laterali di m. 75,65 ciascuna (fig. 5 e 6, tav. VIII). Anche questo è sul sistema dei ponti a mensole, e sebbene nelle forme esterne non sia così elegante come il secondo premiato, pur tuttavia è di aspetto gradevole. Le tavole superiori sono pure catenarie, l'inferiore rettilinea, e sopporta immediatamente la piattaforma stradale. Nello stesso progetto gli autori hanno introdotto una variante, la quale differisce solo per avere il braccio esterno alquanto più elevato all'estremità. Il peso del primo è di 3965 tonnellate ed è il più piccolo, non solo degli altri ponti Fövámter, ma di tutti i 24 calcolati; la variante pesa poco più, 4015 tonnellate. Il costo dell'uno è di lire 5.229.000 circa e dell'altro lire 4.998.000 circa.

I tre altri progetti distinti in modo particolare dalla Giuria, e dal Ministero Ungherese acquistati, sono:

- | | | |
|-------|------------|-------------------------------------|
| N. 36 | col motto: | 896-1896; |
| » 72 | » | Nürnberg-München; |
| » 51 | » | Jó szerencsét; lo stesso del N. 55. |

Il N. 36 fu in concorrenza col N. 11 pel primo premio, ed ottenne nientemeno che 7 voti; è pel ponte presso la piazza di Eskütér, con una sola luce, nel sistema dei ponti sospesi a cerniera, l'unico rappresentante di questo sistema; appartiene all'Impresa Redlich e Berger di Vienna, e ne sono autori i signori: Francesco Pfeuffer, ingegnere-capo della Società per le strade ferrate nazionali austro-ungariche; l'ing. Francesco Podhajsky, e gli architetti Alessandro Graf e barone di Kraus. Pare che l'architettura della porta formata dai piloni riuniti mediante arco metallico, poco riuscita, sia stata la causa che a questo progetto non sia stato assegnato un premio. Il peso della parte metallica è considerevole e dopo quello del N. 56, di cui diremo più innanzi, è il massimo per rispetto agli altri, 12615 tonnellate. Il suo costo è periziato in lire 10.080.000.

Autori del N. 72 sono i signori: Direttore Rieppel di Norimberga e professore Tiersch di Monaco. È destinato all'Eskütér e rappresenta una forma assai originale del sistema a mensola, ma graziosa e piacevole e ad una luce unica; sembra costituito di archi parabolici ai quali sia sospesa la piattaforma stradale, ma in realtà sono assicurati a catene che si accavalcano sopra grandiosi pilastri riuniti da opportune arcate, e che sembrano perdersi nei relativi pozzi di ammassaggio; diciamo sembrano, poichè effettivamente sono mensole assicurate e sopportanti come trave centrale il cervello dell'arco parabolico mediano. Il suo peso è di 8890 tonnellate e il costo di lire 8.110.200 circa.

Finalmente il progetto N. 51, della Fabbrica di macchine ungherese, redatto dall'ing. Cathry e dall'architetto Schickedanz, rappresenta un ponte a mensole di tre luci; le travature centrali appartengono al sistema Pauli, il che disturba l'aspetto estetico, poichè le linee armoniche delle mensole

(1) In seguito il Ministero credette di acquistare un quarto progetto, e la scelta cadde su quello della « Société de construction de Levallois Perret » per l'Eskütér, a tre luci.

(2) Si dice che non ottenesse il secondo premio perchè apparteneva agli stessi autori che ebbero il primo.

vengono bruscamente interrotte. Tuttavia, salvo questa circostanza, nell'insieme merita di stare in fila con gli altri progetti menzionati, i quali tutti, al pari dei tre premiati, sono eseguiti con tanti particolari e con finezza di disegno, da non potersi menomamente mettere in dubbio il giudizio della Commissione giudicatrice. Quest'ultimo pesa 4705 tonnellate ed è presentato in tre letture, le quali però non differiscono che per la forma delle pile. Il costo varia da 7.530.600 a 5.596.500 lire.

La Relazione della Commissione giudicatrice non ci è ancora pervenuta, ma le notizie da noi riportate ci furono comunicate in gran parte da un componente la Giuria, il quale ci assicura che la Relazione, computi metrici, stima e dimostrazione dei calcoli di resistenza, sono elaborati con tutta l'accuratezza desiderabile.

La Commissione, per dimostrare la cura che ha messo nel dare il proprio giudizio e l'apprezzamento che ha saputo fare di tutti i progetti, ha creduto di menzionare ancora, come degni di lode, i progetti N. 56, 50, 41 e 35. Il primo di essi appartiene alla Casa F. Cail di Parigi, ed è un ponte sospeso sopra altissimi ritti di ferro, irrigidito da un arco assai ribassato applicato al disotto della piattaforma stradale che fa dubitare della sicurezza del ponte, e che certo ne aumenta il peso e il costo in modo considerevole tanto che è il più pesante di tutti i 24 progetti, 13680 tonnellate; per conseguenza anche il più costoso, lire 12.877.200. La casa Cail presentò pure un progetto pel ponte Fövämtér a tre luci, del peso di 6210 tonnellate e del costo di lire 6.054.300.

Il N. 50, di J. Feketeházy rappresenta un ponte sospeso con catene e ritte di ferro; per la rigidità del sistema si è ricorso ad una trave parabolica staticamente definita per ciascuna metà del ponte. Pesa 10440 tonnellate ed è periziato in lire 10.491.600 circa.

Gli altri due progetti rappresentano l'uno un ponte a tre archi cernierati, l'altro un ponte con arco a traliccio e tavole parallele; ambedue superiormente alla piattaforma stradale, e pesano il primo 9265 tonn. e il secondo 11465 tonn.; quest'ultimo dopo i N. 56 e 36 è il più pesante. Il costo dell'uno è di lire 8.479.800 circa; quello dell'altro ascende a lire 8.761.200 circa.

Meritevoli di essere menzionati sono pure i progetti N. 48 dell'ing. Zieliszky, e N. 44; quest'ultimo specialmente dal punto di vista teorico; rappresenta un ponte a tre luci, costituito da tre archi articolati che si toccano e si elevano al disopra della piattaforma stradale con tirante orizzontale.

Il giornale della Società degli ingegneri austriaci menziona anche tre o quattro progetti che si possono chiamare umoristici; fra gli altri uno costituito da un arco di mattoni assai ribassato, avente una luce di m. 312,80; il suo autore propone di costruirlo sopra armature di barche e poi di sollevarlo e metterlo in posto fra le sue spalle in modo analogo alla montatura del ponte Britannia.

Era nostra intenzione di aspettare a redigere questi cenni la Relazione della Commissione per presentare ai lettori dell'*Ingegneria* cenni più completi e particolareggiati sui progetti premiati. Ma ci siamo indotti a restringere il nostro articolo alle brevi notizie riportate, anche per non ritardarne la conoscenza.

Ritourneremo occorrendo sull'argomento e certamente durante la costruzione o ad opera finita. Intanto però gli ingegneri devono compiacersi di vedere la buona riuscita di un concorso così grandioso, al quale parteciparono tanti ingegneri e architetti distinti.

Teramo, luglio 1894.

G. CRUGNOLA.

QUESTIONI TECNICO-AMMINISTRATIVE

SULL'AMMINISTRAZIONE DELLA VIABILITÀ COMUNALE IN ITALIA.

Studi e proposte dell'Ing. MASSIMO TEDESCHI.

(Continuazione e fine)

VII.

Accentramento e decentramento in materia stradale — Linee generali d'una nuova organizzazione stradale — Costituzione dei Circoli — Criteri per il riparto delle spese — Personale tecnico — La nuova organizzazione e l'autonomia dei Comuni — Altre obiezioni — Imprese per opere stradali.

Passato in rassegna tutto quanto si è venuto fin qui sperimentando per il miglioramento della viabilità comunale, accennate le cause principali che non permisero fin qui non solo il più piccolo giovamento, ma anzi determinarono un progressivo deterioramento, vediamo a grandi linee quale potrebbe essere l'organizzazione più confacente alla nostra viabilità comunale.

La manutenzione delle strade in generale, in oggi più che tecnica, è una questione amministrativa ed economica. Dopo i lunghi dibattiti avvenuti in Inghilterra ed in Francia sul migliore sistema di manutenzione, se la risoluzione della questione dal lato tecnico non si può dire ancora raggiunta, è però fuori di dubbio, che alcuni principii generali furono oramai messi fuori di discussione. È la risoluzione del quesito nel suo complesso tecnico-amministrativo che è ben lungi dall'essere risolta.

Il servizio stradale è di quelli a cui nuoce tanto un soverchio accentramento, come un soverchio decentramento. L'ingegnere Carloni in un suo pregevole studio sulla manutenzione delle strade ordinarie in Inghilterra (1), accenna appunto come i bisogni della manutenzione delle strade condusse l'Amministrazione inglese ad accentrarne fino ad un certo punto il servizio, creando apposite unità amministrative, quantunque il decentramento nel Regno Unito sia ritenuto come regola di buon governo.

Perciò l'Amministrazione delle strade che era in Inghilterra affatto decentrata, va colla costituzione dei distretti avviandosi verso un più razionale accentramento. E molto a proposito l'autorevole tecnico osserva, come il servizio delle strade s'impone per se stesso a chi deve avere la responsabilità diretta di tale servizio, che si collega collo sviluppo della pubblica ricchezza, ed è perciò ben naturale che ovunque si senta il bisogno di sottrarre la strada alle incerte influenze delle Amministrazioni locali.

Non più quindi Comuni isolati, ma Comuni riuniti in gruppi, secondo determinati criteri che converrà stabilire. Nè ciò riuscirà difficile, poichè in ogni regione esiste già una certa ripartizione di gruppi di Comuni, riuniti fra loro per comunanze di interessi agricoli e commerciali, per circoscrizioni giudiziarie od altro. Questo gruppo di Comuni ha una certa rete di strade di cui si serve continuamente anche all'infuori del territorio singolo, e che ha quindi la maggiore convenienza a che sia regolarmente conservata.

Prima base adunque è la riunione dei Comuni fra di loro per la manutenzione propriamente detta di tutta quella rete stradale a cui tutti i Comuni hanno egualmente interesse.

Noi abbiamo visto quando riportammo i risultati della Circolare Ministeriale 9 febbraio 1884 come al quesito della riunione dei Comuni in consorzio per la manutenzione delle strade comunali, ben quaranta Provincie furono favorevoli a questa idea fondamentale.

Del resto prima ancora, abbiamo visto che la Commissione del 1877 nominata dal Governo, allo scopo appunto di studiare i mezzi per assicurare la buona viabilità comunale, aveva basato le sue proposte sull'idea fondamentale della riunione dei Comuni per la direzione tecnica e per la sorveglianza. Le spese però di manutenzione continuavano come

(1) *Ann. strade com. obbl.*, anno 1885.

ora, a rimanere a carico di ciascun Comune per le proprie strade, e quelle di direzione e sorveglianza si sarebbero ripartite in ragione della lunghezza delle strade e delle rispettive spese annue di manutenzione. Ed è in questo punto capitale delle spese ove noi ci scostiamo dalle proposte fin qui fatte. Questa, del riparto delle spese, fu sempre la questione contro la quale vennero a naufragare tutte le proposte, perchè sempre, come già dimostrammo, basata sul principio non razionale: che ciascun Comune debba sopportare le spese delle strade scorrenti nel proprio territorio. È questo sistema, che per le ragioni svolte, ha generato sempre la deficienza dei fondi, causa prima del difetto di manutenzione.

Invece il principio da noi invocato risponde ai precetti economici, ed infatti il Sax (1) parlando degli enti che debbono sopportare l'onere delle strade, dice appunto che in quanto non bastano le forze di chi dovrebbe sostenerle, può, l'influenza che tali strade esercitano sul benessere generale di una data località, giustificare l'intervento integratore.

L'idea adunque della riunione dei Comuni venne sempre propugnata e fin dal 1867 noi troviamo in un articolo del Cantalupi (2) sulla manutenzione delle strade comunali, la proposta che ciascuna Provincia fosse suddivisa in circondari o riparti stradali in modo di contenere per ciascun riparto tanti Comuni quanti ve ne possono concorrere per avere una linea di strade da 400 a 500 chilometri.

Fin da principio adunque, dopo la emanazione della legge sui lavori pubblici, si vedeva la poca opportunità del lasciare le strade ai Comuni singoli.

Ammissa la costituzione di questi Circoli essa potrebbe essere affidata ai Consigli provinciali, come si era proposto dalla Commissione del 1877 per i consorzi di sorveglianza. Essi terrebbero conto delle varie condizioni locali per un razionale riparto della Provincia in distretti stradali. I sindaci, od altri membri a ciò delegati dai rispettivi Consigli comunali dei Comuni formanti il Circolo, potrebbero costituire l'Amministrazione di questa nuova specie di consorzio stradale alla direzione del quale dovrebbe essere preposta una persona tecnica.

Ogni circolo stabilirebbe coll'aiuto del proprio tecnico il preventivo per la spesa totale di manutenzione della rete stradale dell'intero Circolo, la quale somma andrebbe ripartita fra i vari Comuni. Fin qui in linea generale l'organizzazione è press'a poco quale venne già proposta, ma non mai attuata, da chi ebbe ad occuparsi della questione.

Ora è nel riparto delle spese, che sta la parte capitale della questione, dovendosi far sì che la spesa di manutenzione riesca equilibrata alle condizioni dei vari Comuni.

Per raggiungere tale equilibrio, noi già dimostrammo come tale spesa non deve essere solo funzione della lunghezza delle strade, ma bensì di tutti gli altri elementi che concorrono a determinare l'interesse che il Comune ha nelle varie strade di cui si serve e cioè della sua popolazione, dell'importanza speciale del traffico, della sua posizione topografica e soprattutto dell'utile che ricava dalle strade.

E poichè il Governo ha replicatamente dichiarato di non potere concorrere con sussidi alla manutenzione delle strade comunali, potrebbe però dare efficace concorso nel preparare e studiare gli elementi per ottenere l'organizzazione di questa riforma stradale, l'attuazione della quale richiede di poter disporre di elementi che solo col concorso del Governo si potrebbero avere.

Tale riparto delle spese fra i vari Comuni non dovrebbe lasciarsi ai singoli consorzi, ma dovrebbe studiarsi preventivamente in base ai vari elementi generali e speciali che si possono presentare.

Le condizioni di un Comune, per rapporto alle strade di cui si serve, variano caso per caso, ma non riesce difficile, con un attento esame e con diligenti ricerche, formare un certo numero di tipi che comprendano tutti i vari casi che si possono presentare. Sarebbero pertanto dei criteri determinati precisi, riducibili forse a delle vere e proprie for-

mole, che si dovrebbero poi senz'altro applicare eliminando così ogni possibile contestazione. Stabilita la somma necessaria per la manutenzione della rete stradale d'un dato circolo, attribuzione questa dell'Amministrazione del Circolo, previo parere del Direttore tecnico, si applicherebbero senz'altro pel riparto delle spese quei certi criteri determinati e fissi che come si disse sarà possibile mediante un attento studio ridurre ad una vera e propria formola (1). Tali criteri dovrebbero essere la giacitura del Comune, la popolazione, le sue condizioni finanziarie, criteri che nel loro complesso vengono a rappresentare l'utile che il Comune ritrae dalle strade del Circolo a cui appartiene, essendo evidente che tale utile con un grado di proporzionalità da correggersi con opportuni coefficienti dedotti da esperienze pratiche, è appunto una funzione diretta dell'importanza del Comune, la quale dipende appunto dalla popolazione e dalle finanze comunali che sono in rapporto colla ricchezza del territorio.

Il criterio definitivo, adunque in base al quale verrebbe ripartito l'onere della manutenzione stradale, sarebbe quello dell'utile che da esso ne ritrae ciascun Comune, e ciò è conforme al principio generale di giustizia che ciascuno deve concorrere in proporzione dell'utile che ritrae.

La grande questione finanziaria verrebbe adunque a risolversi da sé. I Comuni che maggiormente difettano di mezzi finanziari, sarebbero alleggeriti e ne verrebbe forse un maggior aggravio ai Comuni, che avendo maggiore importanza, potrebbero senza grande difficoltà sopportarlo. Ma tale aggravio pei Comuni maggiori all'atto pratico si vedrebbe non essere notevole, poichè la nuova organizzazione risentirebbe tutti gli immensi vantaggi del sistema generale della cooperazione, e tante spese che oggi sono, per il sistema eccessivamente decentrato, ripetute, e quindi eccessive, subirebbero, col si-

(1) Quale ingegnere dell'Ufficio Tecnico della provincia di Torino, dovetti coadiuvare l'egregio Ispettore capo di quella provincia, ingegnere Edoardo Barberis, nello studio di una importante questione. Si trattava di stabilire la misura dei sussidi da accordarsi alle strade intercomunali, sussidi che secondo la deliberazione di quel Consiglio Provinciale, dovevano essere in ragione della metà delle spese annue di manutenzione. Come stabilire tale spesa? I dati forniti dai Comuni erano, salvi rari casi, affatto inattendibili, ed i limiti della spesa annua chilometrica variavano fra le cifre le più disparate e senza alcuna ragionevole giustificazione. La necessità d'altra parte di evitare le recriminazioni dei Comuni, fece sorgere l'idea in noi di studiare una formola unica da applicarsi per tutti i casi ed in base a dati che avessero un certo carattere di attendibilità.

Lo studio di tale formola fu alquanto laboriosa e converrà qui solo accennare ai criteri generali a cui venne informato.

Si ritenne essere il costo della manutenzione funzione, in linea principale del traffico e del costo del materiale, in linea secondaria, della qualità del materiale e del prezzo della mano d'opera.

Concretare il primo di questi criteri che è il più importante, ecco la principale difficoltà. In Italia mancano dati statistici sul traffico delle strade anche per le strade nazionali e le provinciali. È bensì vero che nel 1885 con Circolare 25 febbraio, il Ministero dava istruzioni le più dettagliate, corredate da moduli, per istituire tale statistica, ma non mi consta che ancora sieno stati pubblicati i risultati. È certo ad ogni modo che per le strade comunali non vi ha alcun dato nemmeno il più lontano per avere un'idea del traffico. In tale incertezza sul dato più importante si sostituì all'elemento *traffico*, l'elemento *popolazione* ritenendo che fra questi due elementi debba esistere una strettissima relazione. Il Dupuit (*Considérations sur le frais d'entretien des routes*) che ancora oggi è un'autorità in materia di strade, ritiene infatti che « il movimento dei viaggiatori sulle strade » ordinarie è necessariamente in rapporto con quello delle merci e può per conseguenza dare fino ad un certo punto la misura della frequentazione delle strade ». E confortando tale sua asserzione con dati di fatto conchiude: « Così quando diciamo che il movimento delle merci è in rapporto con quello dei viaggiatori, è un'induzione che non riposa solo sopra ragionamenti, ma sopra fatti positivi ed incontestabili ». Fu oggetto per noi di lungo studio e si moltiplicarono i tentativi per dedurre a quale natura di funzione della popolazione si potesse ragguagliare il traffico. Non è il caso di riportare qui i risultati di tali studi, che d'altra parte non si possono ritenere perfetti, perchè basati sopra dati limitati ad un piccolo territorio e non confortati dall'esperienza. È certo però che i risultati ottenuti erano sufficienti per lo scopo; e la formola ha dimostrato di prestarsi convenientemente al calcolo del costo di manutenzione di qualsiasi strada, quando si disponga di un largo corredo di dati statistici, per calcolare i coefficienti.

(1) ENRICO SAX, op. cit., pag. 633.

(2) *Giornale dell'architetto ed ingegnere agronomo*, anno XV, 1867.

stema del maggiore accentramento una notevole diminuzione, e così tutto il congegno della manutenzione, provvista di materiale, mano d'opera, ecc., saggiamente organizzato, darebbe una notevole economia. Se pure adunque un piccolo maggiore aggravio non verrà ai maggiori Comuni, esso sarà largamente remunerato dal fatto di avere l'intera rete di strade di cui esso Comune si serve, mantenuto in lodevoli condizioni di viabilità.

Si farebbe per la manutenzione qualche cosa di analogo, ma fin da principio più esatto e preciso di quanto si è fatto per i Consorzi costituiti per la costruzione delle strade.

La Legge 30 agosto 1868, pur prevedendo il caso della costituzione dei Consorzi per la costruzione di strade obbligatorie, non stabilisce le norme per il riparto delle spese fra i Comuni consorziati.

Fin da principio però si fecero studi in proposito e vennero ritenuti come criteri da prendere a base del riparto:

1° Il grado di utile che ciascun Comune potrà trarre dalla strada;

2° La lunghezza totale o parziale di questa strada, che servirà al Comune od alle sue frazioni;

3° La lunghezza di strada che sarà compresa nel territorio dei Comuni attraversati (1).

Più tardi, il Ministero dovette occuparsi direttamente della questione ed emanò, il 4 novembre 1874, una dettagliata Circolare sul modo di determinare le basi di riparto della spesa occorrente per la costruzione di una strada comunale obbligatoria consortile. In essa i tre criteri sovraesposti venivano convenientemente equilibrati mediante opportuni coefficienti, a seconda del grado d'influenza di ciascun criterio.

Analogo studio si dovrebbe fare per le spese di manutenzione di ciascun Circolo, e con un paziente coordinamento di risultati pratici ed esperimenti da istituirsi appositamente, non si potrebbe a meno di arrivare a risultati soddisfacenti ai bisogni della pratica. Senonchè, mentre i criteri sovraesposti per la costruzione vennero enunciati in una semplice Circolare, lasciando così, non avendo forza di legge, luogo a contestazioni e litigi per le Amministrazioni poco solerti del proprio benessere (2), converrebbe invece, per la manutenzione, stabilire per legge le norme fisse per il riparto.

La razionalità del principio di procedere in modo analogo per la manutenzione, fu affermata anche dal Governo, ed infatti nella Circolare del luglio 1884, che, come vedemmo, fu uno dei documenti meglio ispirati del Governo, è appunto detto: « La ragione principale per cui ha potuto aver pratica » efficacia la Legge 30 agosto 1868 sulla costruzione e manutenzione delle strade comunali, sta appunto in ciò che di » fronte all'obbligo di costruzione e sistemazione delle strade » comunali è stata posta la designazione del fondo a cui i Comuni devono attingere per far fronte alle relative spese. » Ora io vorrei che anche per la manutenzione si adottassero » disposizioni consimili ».

Stabilito nel modo indicato il quadro di riparto delle spese, la quota di ciascun Comune dovrebbe venire stanziata come fondo speciale ed obbligatorio nel bilancio del Comune.

Ogni Circolo trasmetterebbe al Prefetto il quadro di riparto, rendendo così facile il controllo per l'autorità tutoria, per riconoscere se venne fatto l'opportuno stanziamento nel bilancio. Difficilmente, procedendo alla stregua di criteri precisi ed eguali per tutti, si produrrebbero reclami, e questi ad ogni modo potrebbero rivolgersi alla stessa autorità tutoria, che li risolverebbe in base al parere del Genio Civile.

Ci resta a dire due parole sull'organizzazione del personale. Abbiamo già detto che alla direzione del Circolo dovrebbe essere preposta una persona tecnica coadiuvata dal personale subalterno necessario, che non dovrebbe poi essere gran che numeroso. Non è qui il caso di entrare nei par-

ticolari di tale questione; l'unica necessità che si presenta assoluta in questa materia è di sottrarre più che sia possibile il personale alle influenze locali. Il compito della manutenzione deve essere esercitato con assoluta libertà d'azione, poichè accennammo come in alcuni casi gli abusi a danno delle strade, provengono pur troppo da coloro che invece dovrebbero dare l'esempio per i primi del rispetto alle leggi. Tali nomine potrebbero affidarsi ai Consigli provinciali, circondandole delle volute cautele. E appena necessario il richiamare che la spesa del personale ripartita su una vasta rete di strade diventa assolutamente minima, ed è compensata ad usura dal risparmio sulle altre opere e dal buon impiego dei denari dedicati alla manutenzione.

Delineato così a larghi tratti il sistema, occupiamoci tosto di alcune obiezioni. E poichè l'idea fondamentale delle nostre proposte, e cioè la riunione dei Comuni in Consorzio, venne già altre volte posta in campo, delle principali obiezioni che ad essa si opposero ci occuperemo.

La prima e la più importante è l'autonomia dei Comuni. Ad alcuni potrà parere che colla nuova organizzazione si venga a ledere l'autonomia dei Comuni. Ci basti osservare che si tratta di una questione assolutamente tecnica e sulla quale ogni discussione, una volta stabiliti i principii, non solo è inutile ma dannosa. Non è dunque offendere in alcun modo l'autonomia dei Comuni, il regolare un servizio che è d'interesse generale e che solo può funzionare regolarmente, quando sia curato con mezzi adeguati, sul quale ogni iniziativa è resa impossibile di fronte alle categoriche e precise disposizioni di legge. Questa vuole che i Comuni mantengano le proprie strade, e ne impone la spesa fra quelle obbligatorie. In che adunque può venire offesa l'iniziativa dei Comuni? (1).

Anche in oggi la riforma amministrativa non si può dire compiuta e la questione della insufficienza dei piccoli Comuni singoli a disimpegnare alcune funzioni, fu più volte oggetto di studio e più volte venne trattata negli studi dei progetti di legge (2).

Ora, quello della manutenzione delle strade è appunto uno di quegli uffici che dal Comune singolo non può essere disimpegnato, e sarebbe grave errore il voler spingere il concetto della libertà d'azione dei Comuni anche in una questione d'indole puramente tecnica (3).

Molto opportunamente osserva il Cantalupi: « Dal momento che il Governo ha trovato di stabilire delle massime » intorno alla costruzione delle strade comunali obbligatorie, » a noi pare che per lo stesso motivo non lederebbe punto la

(1) « Il discentramento è tal parola (dice il Garelli della Morea nell'opera: *Il Diritto amministrativo italiano*), che comprende nel suo significato un'infinità di gradazioni, per cui sono facili gli equivoci, e può spesso capitare che chi la toglie dapprima in un senso si trovi poi inavvertentemente condotto a darle poi una portata di gran lunga maggiore che non aveva in principio diviso ». Questo sarebbe proprio il caso della manutenzione delle strade.

(2) Nel progetto di legge del 1882 sulla riforma amministrativa, si accennava al Comune consorziale, che tendeva a concentrare in un ente autonomo sì, ma più completo, alcuni dei più importanti servizi di comunale interesse, e che offrirebbero assai maggiore garanzia d'un piccolo Comune rurale. A tale concetto è ispirato l'art. 12 della Legge Comunale e Provinciale vigente, quantunque la disposizione di tale articolo sia troppo vaga ed indeterminata. Più recentemente, nell'esposizione di un programma di riforme amministrative (discorso dell'On. Di Rudinì, allora Presidente del Consiglio, a Milano del 10 novembre 1891) venne proclamato essere un bisogno che i Comuni minori debbano essere stretti come in un fascio, affinché possano con più vigore esercitare alcuni uffici che sono loro affidati.

(3) Nella Provincia di Padova, che, come vedremo più oltre, è una delle Provincie che, come il resto del Veneto, ha già fin d'ora una lodevole organizzazione stradale, un Comune ebbe a ricorrere alla Deputazione provinciale, prima, e poi al Re, protestando contro le disposizioni del Regolamento stradale di quella Provincia, che costituiscono una ben intesa organizzazione in ordine alla manutenzione stradale comunale ed allegando, fra l'altro, che il sistema veniva a ferire l'autonomia dei Comuni. Ma il Consiglio di Stato, con suo Parere 18 maggio 1886, non solo respinse il ricorso di quel Comune, ma, nei suoi considerandi, ebbe a richiamare come constasse al Ministero che il Regolamento stradale della Provincia di Padova aveva fatto e faceva anche in allora ottima prova.

(1) V. *Annali strade comunali obbligatorie*, anno 1873.

(2) Malgrado la razionalità dei principii contenuti nel parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, il non avere esso forza di legge, ha dato luogo sovente a reclami, ed il Consiglio di Stato (Parere 17 marzo 1886) ha dovuto ammettere che a dette norme si può in certi casi derogare appunto perchè non hanno forza di legge. Ciò converrebbe evitare nel caso della manutenzione.

» libertà d'azione delle Province e dei Comuni il determinare i principii fondamentali da seguirsi anche nella conservazione delle strade ordinarie e del personale da applicarsi alle loro cure » (1).

E più recisamente sentenziava il Carloni, che come fu ritenuto necessario il soccorrere la Legge del 1865 con le ferree disposizioni della Legge 1868, per quanto riguarda la costruzione delle strade comunali, oggi è urgente soccorrerla con disposizioni ferree del pari, che impongano l'obbligo della manutenzione e sorveglianza.

E finalmente il Sax (2) osserva che i mezzi raccolti pel mantenimento delle strade di categoria inferiore, non è necessario sieno direttamente impiegati dagli organi dei relativi Corpi auto-amministrativi, bensì possono, ed anche « con effetto economico buonissimo », essere impiegati da organi di grado superiore.

Una seconda obiezione, che si presenta, è quella delle conseguenze che potrebbero nascere dal creare nuovi organismi amministrativi.

Ma anche da ciò nessun inconveniente è a temersi. L'organizzazione di tali Circoli non dovrebbe essere circondata da troppe formalità, converrebbe lasciare su ciò le facoltà le più ampie al Consiglio Provinciale. A questo Consesso spetterebbe, come già accennammo, la formazione dei Circoli, la decisione delle controversie che potrebbero nascere, l'aggregazione o separazione d'un Comune rispetto ad un Circolo piuttosto che ad un altro (3).

La Legge Comunale e Provinciale, del resto, all'art. 12 prevede in modo esplicito il caso di più Comuni che provvedano consorzialmente a pubblici servizi ed a spese obbligatorie. Ci sarebbe solo da studiare il miglior modo di estendere tali norme al servizio stradale.

Non ci pare adunque che nessuna delle citate obiezioni abbiano tale forza da impedire la invocata riforma.

Un altro grande vantaggio che sorgerebbe dalla nuova organizzazione ci resta a segnalare. Col raggruppare i lavori di manutenzione delle strade, si accrescerebbe l'importanza di questo ramo della costruzione, che in oggi è veramente troppo negletto (4).

Si creerebbe una categoria di persone che avrebbero ad occuparsi in modo speciale della manutenzione delle strade, e che acquisterebbero una speciale competenza della materia, poichè vedemmo che ad ogni Circolo sarebbe preposto un tecnico; sarebbe un vero e grande incentivo a questo ramo di studi, che mentre oggi non offre la garanzia di un utile impiego, col nuovo sistema, porrebbe adito ad occupare una carica convenientemente remunerativa.

Economicamente parlando, raggruppando le strade in reti importanti, nascerebbero delle Imprese, che avrebbero un interesse ad assumere tali lavori, e pari interesse risentirebbero nello stesso tempo le Amministrazioni locali.

La manutenzione delle strade essendo poi un genere di lavoro in cui predomina la mano d'opera, potrebbe diventare una fonte di lavoro specialmente per le Società cooperative di operai od anche per gli operai singoli, che potrebbero assumere direttamente in appalto dai Circoli la mano d'opera necessaria per piccoli tronchi di strade (5).

È questa una considerazione di grandissimo rilievo, perchè con Società appaltatrici saggiamente organizzate, si potrebbe forse anche coll'attuale spesa o con poco più, razionalmente

impiegata e coi vantaggi che si ritrarrebbero dalle riunioni dei Comuni, ottenere una buona e lodevole manutenzione (1).

Sarebbe una vera nuova fonte di lavoro che si creerebbe; si organizzerebbero vaste imprese per la preparazione dei materiali di rifornimento, che col miglioramento della viabilità, tenderebbero ad una continua diminuzione di prezzo.

Per altra parte sorgerebbe una categoria di persone esperte in materia di manutenzione, ramo questo importantissimo anche dal punto di vista tecnico, e, come già si ebbe a ricordare, ora troppo negletto.

Non mi consta che nei programmi degli Istituti tecnici, si faccia neppure la più piccola parte a tale importante ramo, tanto meno poi nelle Scuole d'applicazione per gl'ingegneri troppo assorti da altri rami di studio.

VIII.

Raffronto della nuova organizzazione con proposte precedenti e con sistemi già vigenti in Italia — Azione ed ingerenza governativa sulla nuova organizzazione — Ancora il progetto di Legge del 1885 — Necessità urgente di un lavoro di coordinamento degli studi sin qui fatti e lavoro preparatorio per la nuova organizzazione — Conclusione.

Delineato così a grandi tratti il sistema che dovrebbe applicarsi, conviene tosto ripetere che come organizzazione (salvo qualche particolare) esso non costituisce una proposta nuova. Solo ne è resa pratica l'attuazione studiando da un punto di vista nuovo, la vitale questione del riparto delle spese. Dobbiamo pure ricordare come in alcune provincie d'Italia, esiste di fatto un sistema analogo in molti punti a quello da noi propugnato.

Nello sguardo retrospettivo alla legislazione stradale in Italia, abbiamo accennato al sistema esistente in alcune provincie venete ideato dall'ing. Giuseppe Sacchi fin dal 1846, basato sul principio che non si può conseguire una buona viabilità, se non provvedendo all'immediato riparo dei guasti, appena si formano, e senza una direzione tecnica diretta e continua delle strade e delle opere manutentive occorrenti.

Col così detto piano organico del Sacchi, il personale addetto alle strade era così distribuito: un ingegnere direttore ogni 80 km., un sorvegliante ogni 65 km., ed un cantoniere ogni due km.

Certo tali basi non sarebbero accettabili per una vasta organizzazione ed applicazione, ed anche teoricamente peccano d'abbondanza, ma intanto il congegno del sistema ci fa vedere come fosse senz'altro esclusa la manutenzione isolata per Comune. E difatti, le spese vengono ripartite fra i Comuni riuniti in speciali Consorzi. Con tale sistema, e pure, come vedemmo, abbondandosi nel personale addetto alle strade, nella provincia di Padova si spendono in media L. 150 per anno e per chilometro, spesa questa tutt'altro che eccessiva e che solo può bastare quando si tratti di una ben intesa organizzazione e per strade regolarmente mantenute.

Ancora oggi nel Veneto e specialmente nelle provincie di Padova, Rovigo, Treviso, Udine, Verona e Vicenza è in vigore, salvo piccole varianti, il sistema Sacchi.

Senza alcun dubbio si deve a questa seria organizzazione se le strade comunali del Veneto sono le migliori strade comunali d'Italia; esse vennero in ripetute circostanze citate a modello ed additate quale ammaestramento alle altre regioni.

Quello da noi propugnato è quindi un sistema, le cui linee generali trovano già riscontro in alcune provincie italiane.

Da quanto dicemmo risulta pure che il progetto di Legge del 1885 ispirato a severi e profondi studi, avrebbe senza dubbio portato già un miglioramento alla viabilità comunale forse però in certe parti non era abbastanza completo.

Ottime le disposizioni sia sulla separazione del fondo per le strade che per la sua intangibilità, opportuna l'introduzione dell'art. 6 sul contributo di chi per qualsiasi ragione usa e deteriora soverchiamente le strade. Tale disposizione, come avverte la relazione, è tolta dalle leggi inglesi.

(1) Io stesso, essendomi occupato per tentare degli esperimenti, riunendo all'uopo un certo numero di Comuni, ho potuto constatare che non fosse necessario richiedere un sensibile maggior sacrificio ai Comuni oltre quanto essi stanziavano in bilancio a scopo di manutenzione.

(1) CANTALUPI, *Trattato pratico per la costruzione, ecc.*

(2) E. SAX, op. cit., pag. 636.

(3) Notiamo che coll'aver tolto alle Amministrazioni provinciali la tutela dei Comuni, le loro attribuzioni sono di molto scemate.

(4) V. nota (2) a pag. 92.

(5) Il sistema di manutenzione detto del Cantoniere appaltatore (V. nota (1) a pag. 90), ideato dal cav. B. Balsari, Consigliere provinciale di Novara, ed applicato già con successo da parecchi anni nel Comune di Oleggio, che ha una rete di strade di ben 60 chilometri, nel Comune di Novara, e che sta per applicarsi in altri Comuni, è appunto basato sul principio di affidare tutti indistintamente i lavori di mano d'opera necessari alla buona manutenzione ad operai, che direttamente li eseguiscano mediante appalto. L'applicazione di tale sistema richiede che le strade siano già in condizioni normali di manutenzione, ed ha dato ottimi risultati ovunque fu applicato.

Tale concetto però era già incluso nel progetto di Legge 9 maggio 1864 presentato dal Menabrea, secondo il quale appunto dovevano concorrere con speciale contributo alla manutenzione delle strade comunali, gli esercenti certe industrie fra cui specialmente la coltivazione di cave di materiali, sabbie, ecc. In allora tale concetto venne combattuto dalla Commissione parlamentare, quale di attuazione difficile ed odiosa, ma è bene sia stato richiamato, perchè basato su un principio di equità, non essendo giusto che chi usa una strada per suo profitto, producendovi un danno eccezionale, non debba concorrere e compensare l'ente che ha l'obbligo di mantenere le strade, di tale eccezionale deterioramento (1).

Quanto invece debbesi meglio precisare e determinare è la istituzione dei Circoli o Distretti stradali e l'ordinamento del personale tecnico, in quanto entrambi devono avere per oggetto in modo chiaro ed esplicito, non la sorveglianza, ma la vera e propria manutenzione delle strade comunali.

Ma la parte più importante e sulla quale è necessario concretare gli studi, da farsi però col sussidio di esperienze pratiche, è quella del riparto delle spese, discostandoci noi in questo punto da tutte le proposte fin qui fatte, anche da quelle della Commissione del 1877 che voleva le spese consorziali divise in ragione della lunghezza delle strade comprese nel territorio.

Sui concetti in altro capitolo esposti, debbesi basare il riparto delle spese e l'onere dei Comuni, e tale concetto come il modo di riparto debbesi rendere concreto nel modo il più chiaro ed esplicito nella legge che dovrà provvedere alla importante materia.

È il Governo però che dovrebbe preparare il generale coordinamento. Anzitutto il Governo dispone largamente di tutti gli studi finora fatti, delle statistiche e di tutti quegli elementi, senza la conoscenza dei quali difficilmente si potrebbe arrivare ad una soluzione concludente. D'altra parte poi, stabilite le circoscrizioni stradali proposte dai Consigli provinciali si dovrebbero emanare le norme generali da adottarsi nelle manutenzioni delle strade, i moduli di capitolati per le varie specie di appalti (2), norme e moduli che altrettanto riescono inutili ed infruttuosi quando capitano in mano di persone profane, altrettanto possono essere fecondi ed utili quando debbono servire per persone pratiche.

Parte essenziale però resta sempre lo studio preparatorio e generale del modo di riparto delle spese a carico dei Comuni, non più in base al criterio unico ed assoluto della lunghezza delle strade dal territorio, ma di tutti quegli altri coefficienti che ho cercato di esporre precedentemente. E questa a mio avviso sarebbe la parte più importante perchè è solo con una più equa distribuzione della spesa che si giungerà a dare stabile assetto alla nostra viabilità comunale.

Ora tutto questo lavoro di preparazione non esigerebbe al certo un tempo eccessivo nè una grande spesa, e poichè il Governo ha più volte dichiarato che non può contribuire con sussidii alla manutenzione delle strade comunali, contribuisca invece sotto forma di studi, il cui frutto sarà egualmente usufruito da tutta la nazione.

Io ritengo che una Commissione di persone competenti che sapesse rendersi conto degli usi e consuetudini delle varie regioni potrebbe, lavorando alacramente, compiere in un tempo non lungo questo lavoro e fornire dati concreti e determinati, sia per una legge che per un regolamento sulla materia.

Io credo, che stabilita in tale modo la viabilità, non sarebbe più necessaria alcuna sorveglianza superiore, all'infuori di quella di assicurare lo stanziamento delle somme nei bilanci, controllo questo che riuscirebbe agevole all'autorità tutoria, mentre nessuna efficacia può avere l'intervento dell'autorità tutoria, quale viene designata nella Circolare del luglio 1889. La Giunta Provinciale Amministrativa è un ente, come ce lo dice il suo nome, puramente amministrativo, e solo potrebbe esercitare una salutare influenza quando potesse

disporre delle risultanze di un corpo tecnico; ma coll'attuale sistema, le è assolutamente impossibile qualsiasi controllo.

Se pure poi si volesse stabilire una superiore sorveglianza, dato il sistema dell'organizzazione, potrebbe essere assai facilmente esercitata dal Genio Civile. Ed il Governo potrebbe trarre un largo profitto nell'interesse di tutta la nazione dagli studi che ordinasse e dalla nuova organizzazione.

Ho detto ed ho più volte ripetuto che da noi gli studi sulla manutenzione sono troppo negletti. Sarebbe necessario provvedere a degli studi fatti su ampia scala dei materiali da impiegarsi nelle strade, come pure organizzare una ben intesa statistica del carreggio. A questi esperimenti e studi mal si presta la rete di strade nazionali oramai troppo limitata, ed invece assai bene si presterebbero le strade comunali quando ad esse fosse preposto un personale intelligente, e quando da parte del Governo fossero forniti gli elementi direttivi ed ispiratori di tali ricerche. Non ci spaventi l'idea che tali investigazioni richieggano un tempo notevole, perchè una volta organizzate si riducono a pochissimo impiego di tempo, ed io l'ho constatato in occasione di un tentativo che ho visto attuare per la statistica del carreggio.

Giunto al termine di questa mia esposizione, non mi resta che a concludere se non con lo stesso concetto, che anco a costo di ripetermi, ho più volte richiamato in queste pagine, ed è che se si vuole seriamente apportare un rimedio al gravissimo male lamentato, e di cui già si sentono le funeste conseguenze, è necessario abbandonare la via delle esortazioni, che oramai si sono dimostrate affatto inutili, ed entrare risolutamente nella sfera d'azione.

Si incontreranno difficoltà, ma non bisogna arretrarsi davanti ad esse. I benefici effetti e gli enormi vantaggi delle buone strade specialmente per i Comuni d'importanza agricola, non tarderebbero a farsi sentire. La comodità e l'economia nelle spese di trasporto dei prodotti in qualunque stagione dell'anno, il facile e rapido accesso alle maggiori vie di comunicazione, sono vantaggi che solo si apprezzano dalle masse, quando sono al caso di valutarne l'immensa importanza. Solo allora si convinceranno le popolazioni, che i denari spesi nella manutenzione delle strade, di quelle strade che il Dumont, riferendosi ai paesi agricoli, chiama elementi di prima necessità ed i più potenti per la prosperità dell'agricoltura (1), ben lungi dal costituire uno spreco od un lusso, come pur troppo da qualcuno si ritiene, sono denari impiegati ad un frutto altissimo, che si concretano nelle economie di tempo, di comodità e di spese di trasporto.

Quell'arguto pensatore che fu Aristide Gabelli, con quel buon senso che caratterizza i suoi scritti, disse molto opportunamente, ed io amo qui ripetere le sue parole:

« Il passar dal vecchio al nuovo è arduo ovunque; più poi » dove s'incontrano tradizioni antiche e tenaci, dove c'è da » lottare con pregiudizi accreditati, dove i pochi tacciono ed » i molti fanno secondando l'uso anche per non assumersi » responsabilità e non mettersi a nuotare contro corrente. » Ma so ancora che le riforme non le ha fatte nè le farà mai » il pubblico, il quale restio ed anche avverso in principio, » vien dietro approvando poi ».

Ing. MASSIMO TEDESCHI.

NECROLOGIA

Annunziamo con dolore la morte del Cav. L. F. CAMILLA, proprietario della Ditta Editrice di questo Periodico, avvenuta il 24 agosto, a soli 63 anni. Era uomo di semplici costumi, di rara onestà, di modi gentili, amantissimo del lavoro e dell'arte sua, le uniche distrazioni dal male che da tempo lo affliggeva. Desideriamo che anche in queste colonne ne sia eternata la memoria.

G. SACHERI.

(1) Io stesso ho dovuto constatare l'impotenza di Comuni a mantenere in regolare assetto le strade in prossimità di cave di materiali.

(2) Su questo scrisse il Franceschini: « Della necessità di un unico » regolamento per la manutenzione di tutte le strade nel regno ».

(1) DUMONT, *Des travaux publics dans leur rapport avec l'agriculture*.

Fig. 1 e 2 — Progetto N. 11 — Ponte della piazza di Eskütér — (Primo premio).

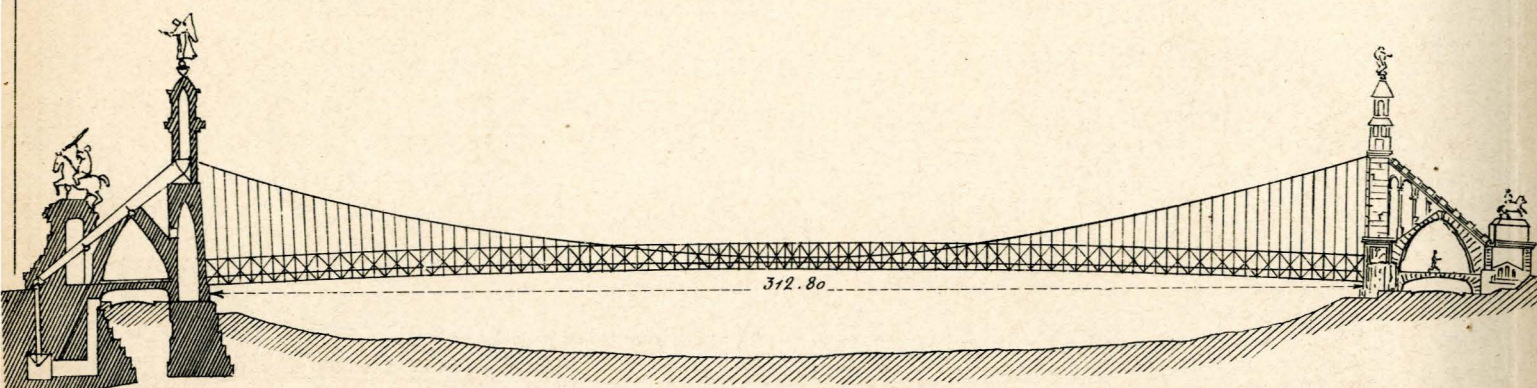


Fig. 3 e 4 — Progetto N. 50 — Ponte per Fövámter — (Secondo premio).

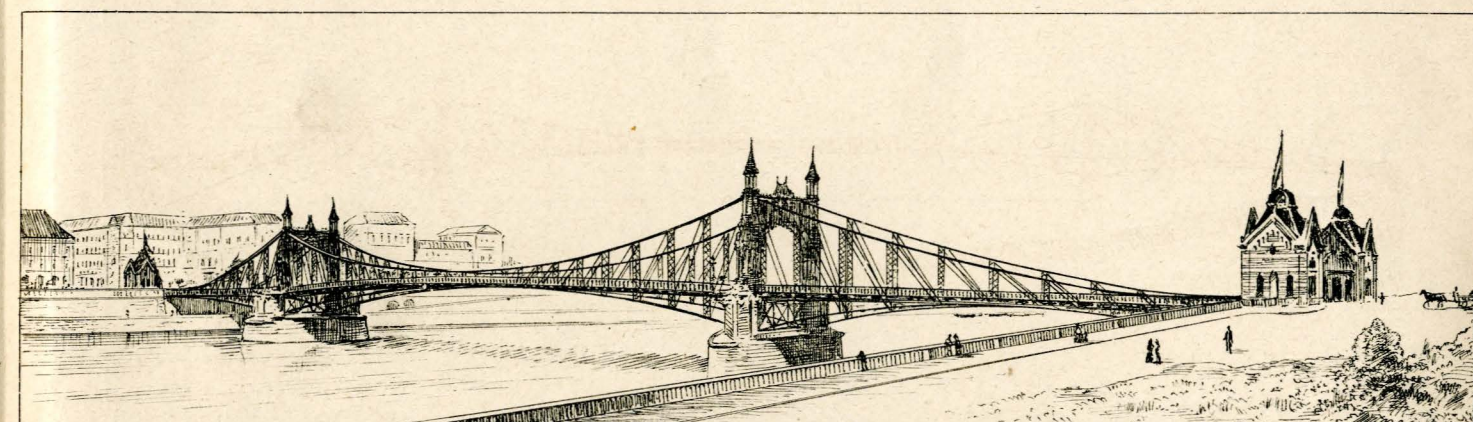
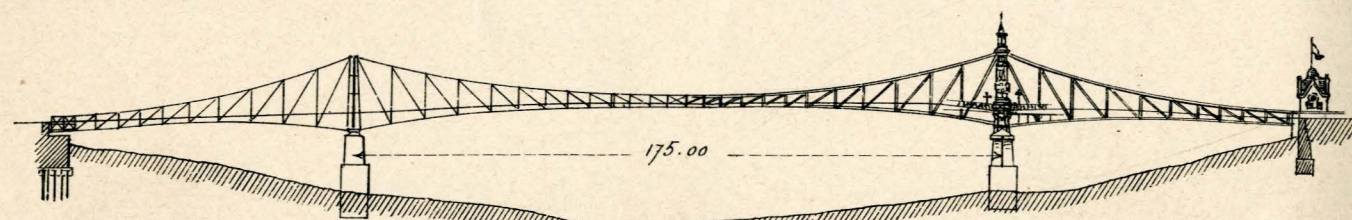


Fig. 5 e 6 — Progetto N. 55 — Ponte per Fövámter — (Terzo premio).

