

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO QUINDICINALE

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

È riservata la proprietà letteraria ed artistica delle relazioni, memorie e disegni pubblicati in questo Periodico.

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

I PROGRESSI DELL'ELETTROTECNICA IN ITALIA

Discorso del Socio Prof. GIUSEPPE COLOMBO
nell'Adunanza solenne del 10 giugno 1900,
onorata dalla presenza delle LL. MM. il Re e la Regina

MAESTÀ, GRAZIOSA REGINA,

Signore e Signori,

Sei anni sono, un grande scienziato del quale l'Italia ha pianto amaramente la perdita, Galileo Ferraris, svolgendo davanti a voi il tema della trasmissione elettrica dell'energia, attribuiva l'onore di parlarvi al fatto, che essendo egli un cultore della scienza elettrica e per essa vivendo, aveva pur dovuto trovarsi, per i suoi studi stessi, a contatto colle sue applicazioni. A me, invece, è concesso oggi un eguale onore, solo perchè mi è toccata la fortuna di essere stato fra i primi a inaugurare queste applicazioni in Italia.

Una tale designazione, per la quale è conferito a me un privilegio tanto superiore al merito mio, ha pure un alto significato che oltrepassa di molto il valore delle persone; perchè prova quanto sia necessaria e riconosciuta in questa, come in tutte le altre manifestazioni dell'attività umana, l'alleanza della scienza colla pratica. E voi, Sire, e voi, graziosa Regina, ben dimostrate di esserne convinti, quando, mentre non cessate di incoraggiare colla vostra augusta presenza ogni nuova affermazione dei progressi del lavoro nazionale, non mancate neppur mai di onorare queste solenni adunanze della nostra Accademia, dove la scienza va in cerca di ideali più alti del progresso materiale che essa è destinata a promuovere.

Fra tutte le forme nelle quali l'attività dell'uomo si esplica, non ve n'è una, nella quale sia più evidente il nesso fra la pratica e la teoria, come quel complesso di applicazioni, compendiate sotto il nome di « Elettrotecnica », dei cui progressi in Italia ho l'incarico di parlarvi oggi, che in trent'anni di vita è diventata gigante, e invade ora e accaparra da sé sola una parte notevole della nostra vita, provvedendo a bisogni dapprima sconosciuti, e destando infinita meraviglia e sconfinata speranze. E appunto per questo il mio illustre predecessore vi aveva tratteggiato da par suo, in una di quelle sintesi eloquenti che solo agli uomini superiori è dato di fare, i principii scientifici sui quali quelle applicazioni si fondano.

Una gran luce è venuta a rischiarare i fenomeni osservati nel periodo di 25 secoli, dall'attrazione esercitata dall'ambra strofinata, alla quale Talete attribuiva un'anima, alla corrente di Volta. Tutte le ipotesi immaginate per spiegarli hanno ceduto il posto a una teoria meravigliosa, che è un nuovo passo verso il concetto ideale dell'unità delle forze fisiche cui tende lo spirito umano. Fenomeni elettrici e fenomeni magnetici sono dovuti a modificazioni che avvengono in un mezzo dal quale tutto lo spazio è riempito. E poichè Hertz, confermando nel 1887 colle sue celebri esperienze le previsioni della teoria, poté produrre delle onde elettriche e seguirne la propagazione come si seguono le onde prodotte da

un sasso caduto nell'acqua, e dimostrare che si comportano e si propagano come le onde luminose, così si presentò, come la più naturale, l'ipotesi, che il mezzo nel quale si propaga l'energia elettro-magnetica sia quello stesso etere nel quale si suppone che si propaghi la luce; anzi, che le vibrazioni luminose non sieno che vibrazioni elettro-magnetiche di una superiore rapidità di alternazioni (1). Così, quando vediamo a Roma accendersi le lampade del Corso colla corrente generata a Tivoli dalla cascata dell'Aniene, il mezzo col quale la energia dell'acqua cadente, convertita in energia elettrica, si trasmette ai carboni delle lampade, è quello stesso col quale viene a noi tutta l'energia chimica, termica e luminosa del sole; e i fili di rame, entro i quali sembra che la corrente cammini da Tivoli a Roma, non sono, come si esprimeva Ferraris, che le rotaie destinate a guidare l'energia elettrica, che si propaga alla loro superficie e nello spazio dielettrico circostante.

Era necessario che io chiamassi la vostra attenzione su questa grande sintesi, perchè possiate comprendere fra breve la possibilità dell'avvenire.

L'Elettrotecnica data dal giorno in cui il fisico italiano Pacinotti pubblicò nel *Nuovo Cimento*, nel 1867, i particolari della prima macchina dinamo-elettrica che egli aveva inventato sino dal 1860. Tre anni dopo, l'idea di Pacinotti fu attuata da Gramme e divenne il punto di partenza di tutte le applicazioni future. Più tardi Edison maturata, nel laboratorio di Menlo Park, il suo sistema di illuminazione e di distribuzione a corrente continua, che ebbe in Italia la prima applicazione nell'impianto di Milano del 1883; poi Gaulard dapprima, e tosto dopo Zipernowsky, Déry e Blàthy fanno fare all'Elettrotecnica un passo decisivo col sistema delle correnti alternate, tosto applicato nel 1886 nell'officina dei Cerchi a Roma. Galileo Ferraris scopre nel 1885 il principio del campo magnetico rotante, lo pubblica nel 1888, ma lascia, come Pacinotti, che altri ne approfittino per la costruzione dei motori elettrici. Nel 1891 si eseguisce la memorabile esperienza di Lauffen pel trasporto della forza colle correnti polifasi e coi nuovi motori; e da quell'epoca questa grande applicazione dell'elettricità, destinata forse a produrre nelle condizioni del lavoro umano una trasformazione paragonabile soltanto a quella prodotta un secolo fa, dalla macchina a vapore, è definitivamente assicurata. Ed ecco infine Marconi, col suo telegrafo senza fili, che schiude nel campo dell'Elettrotecnica orizzonti affatto nuovi.

Così, da Pacinotti a Marconi, in un periodo di 30 anni, l'Elettrotecnica nasce, cresce, giganteggia, e la scienza italiana tiene in essa il primo posto. Chi potrebbe dire se ciò che avvenne sarebbe avvenuto, o sarebbe avvenuto nello stesso modo, senza la geniale scoperta di Pacinotti? E chi potrebbe

(1) Le radiazioni conosciute comprendono 21 ottave, delle quali le prime due costituiscono la radiazione ultra-violetta, che comincia colla più breve lunghezza d'onda sinora misurata di $0,1 \mu = 1/10000$ di millimetro; l'ottava seguente comprende tutta la radiazione luminosa; segue quindi una serie di un po' più di sei ottave, comprendenti la radiazione ultra-rossa o radiazione termica oscura, le cui più lunghe onde accertate sinora raggiungono una lunghezza di $61,1 \mu$. Al di là di queste, dopo sei ottave di radiazioni sinora sconosciute, cominciano le oscillazioni herziane, che hanno, per quanto si sa sino ad ora, lunghezze di onda da 4 millimetri a 13 metri, ma si estendono certamente molto più in là (FLEMING, *The Centenary of the electric current*, 1799-1899).

ora neppur immaginare i confini della nuova via aperta da Marconi al problema della trasmissione dell'energia?

Erano appena compiuti da Edison nel 1882 gli impianti di illuminazione elettrica di Pearl Street a New-York e di Holborn Viaduct a Londra, che a Milano si erigeva nel 1883 la prima Centrale elettrica del Continente europeo, con 7000 lampade. Poco rimane ora di quel vecchio impianto; ma attorno ad esso è sorto un impianto nuovo, nel quale la forza delle rapide dell'Adda a Paderno alimenta, da 35 chilometri di distanza, quasi 100 mila lampade a incandescenza e 1400 archi, e distribuisce 6000 chilowatt per l'industria privata e per le tramvie (1). A Milano seguirono, nel 1886, Torino e Roma (2). Ed oggi la luce elettrica contiene pressochè dappertutto in Italia il terreno al gas, con 2 milioni di lampade a incandescenza e 12 mila lampade ad arco.

Altrettanto rapidamente si estese l'applicazione dell'elettricità alla trazione. Molti anni sono passati dal 1855, quando un ufficiale d'artiglieria piemontese, Bossolo, ideava un sistema di trazione a motore elettro-magnetico, con presa di corrente a filo aereo e ritorno per le rotaie, come si usa oggi. I tempi non erano maturi; ma c'era in quell'idea il germe del sistema inaugurato da Siemens a Berlino nel 1879, origine di quello straordinario sviluppo della trazione elettrica, cui diedero tanto impulso gli elettricisti americani, cominciando da Sprague; e fu appunto col sistema Sprague che si inaugurò quest'applicazione in Italia, fra Firenze e Fiesole, nel 1890. Ora, tredici città italiane hanno tramvie elettriche con uno sviluppo di linee di circa 600 chilometri (3).

Molto più difficile è il problema della trazione sulle ferrovie di grande traffico, per diverse cause d'indole economica e tecnica, cosicchè in ben pochi casi si è tentato di risolverlo in altri paesi e non in larga scala; ma sono prossime due importanti applicazioni che le Società esercenti le nostre reti continentali stanno per fare, per le quali hanno già accapar-

(1) Al 1° aprile 1900 erano installate a Milano 93 927 lampade ad incandescenza e 1338 lampade ad arco, delle quali 417 per l'illuminazione pubblica. Dell'energia proveniente da Paderno, 1800 chilowatt erano impiegati, a quell'epoca, per l'illuminazione, 3800 per l'industria privata e 1500 per le tramvie della città; in tutto 7100 chilowatt, che portavano, però, un carico massimo a Paderno di soli 6000 chilowatt circa, non essendo mai contemporanea nei diversi servizi la richiesta di energia. Le antiche dinamo Edison del 1883 sono scomparse; e ora tutta la rete è alimentata dalla corrente trifase, opportunamente trasformata, che arriva dall'officina di Paderno.

(2) Ecco, in ordine cronologico l'elenco dei primi impianti di illuminazione elettrica eseguiti in Italia: 1883, officina centrale di Santa Radegonda a Milano con corrente continua a 110 volt; 1884, esperimento del sistema a corrente alternata con trasformatori in serie di Gaulard e Gibbs, a Lanzo; 1886, impianto di illuminazione a Torino con corrente continua a 110 volt; 1886, officina dei Cerchi a Roma col sistema di corrente alternata Zipernowsky-Déry-Blathy con trasformatori in derivazione, corrente primaria a 2000 volt, secondaria 110 volt; 1888, Udine, corrente continua, 110 volt; 1890, Cuneo, illuminazione pubblica in serie su circuiti a 2000 volt, illuminazione privata con corrente alternata monofase e trasformatori in derivazione.

Si può avere un'idea complessiva dei progressi compiuti negli impianti elettrici, dal 1883 in poi, dalla relazione dei lavori eseguiti dagli Uffici tecnici di Finanza durante l'esercizio 1898-99, dalla quale risulta che il numero delle officine di produzione elettrica fu, in quell'esercizio, di 2732, compresi i numerosi e spesso grandissimi impianti per usi industriali e poi privati. Agli effetti della tassa fu accertato un consumo nell'esercizio finanziario 1898-99 di 21 932 000 chilowatt-ore per l'uso privato, e di 8 673 000 chilowatt-ore esenti da tassa per l'illuminazione pubblica, rimanendo esclusi da questo computo gli impianti di forza motrice per applicazioni industriali diverse; ma nel successivo esercizio, tuttora in corso, 1899-1900, si verifica naturalmente un notevolissimo aumento, tanto nel numero degli impianti quanto nell'energia consumata, che non è ancora accertato.

(3) Al primo impianto fatto in Italia, fra Firenze e Fiesole nel 1890, seguì nel 1893 quello del primo tronco delle tramvie urbane di Milano, fatto col sistema Thomson-Houston, che fu completato in seguito con uno sviluppo di 80 chilometri di linee interne, da aumentarsi fra breve a 105 chilometri colle linee esterne. Vennero poi: il completamento della rete interna ed esterna di Firenze con uno sviluppo totale di 111 chilometri; la rete di Torino pure con 111 chilometri; e gli impianti di Genova con 65 chilometri, di Roma con 40, di Napoli con 43, di Palermo con 38, di Bologna con 35, di Livorno con 13, di Varese con 6, di Bergamo con 5 e di Como con 3 chilometri.

rate ingenti forze attinte dal Ticino e dall'Adda. Se i lavori saranno spinti alacremente, saranno i primi esempi in Europa di trazione elettrica sulle grandi reti e non per brevi tronchi; e serviranno a chiarire molte incertezze che tuttora ingombrano il problema (1).

(1) La locomotiva domina ora dappertutto sulle ferrovie di grande e di piccolo traffico, rimorchiando pesi enormi a velocità che si sono spinte, in questi ultimi anni, a 100 e persino a 130 chilometri all'ora. Nondimeno si può ormai esser certi che non sarà il rimorchiatore esclusivo dell'avvenire, soprattutto per le proporzioni che va assumendo (si costruiscono ora in America locomotive di più di 100 tonn. per rimorchiare convogli di 5 a 6 mila tonn.), cosicchè si richiedono rotaie di un peso straordinario, che si consumano anche molto rapidamente. E' facile dunque prevedere che, ovunque è possibile, si andrà tentando la sostituzione dell'elettricità al vapore, in modo da alleggerire i locomotori col sistema della distribuzione dell'energia attingita a officine di produzione installate sulla linea, surrogando anche all'esercizio con pochi e pesanti convogli quello, più conforme in generale alle esigenze del traffico, con convogli frequenti e leggeri.

Il sistema Heilmann, del quale si è tanto parlato, non è una soluzione, poichè non esclude il vapore, e quindi aumenta ancora di più, a pari carico, il peso della locomotiva, non avendo altro vantaggio che la possibilità di raggiungere velocità maggiori in causa del moto rotativo, e di utilizzare tutto il suo peso per l'aderenza nel caso di linee a forti pendenze, in causa dell'indipendenza degli assi motori l'uno dall'altro. Ma come macchina rimorchiatrice, la macchina Heilmann si trova sempre in condizioni inferiori alla locomotiva ordinaria, avendo necessariamente un peso specifico maggiore (minimo peso per cavallo 100 kg., in confronto di 70). La soluzione vera, quindi, del problema della trazione coll'elettricità non può essere, almeno nello stato attuale delle nostre cognizioni in argomento, che nell'applicazione del sistema già in uso per le tramvie urbane e per le ferrovie di piccolo traffico, cioè con stazioni centrali di produzione ad acqua o a vapore e con sotto-stazioni di trasformazione, prendendo la corrente da fili aerei, oppure da una terza ruotaia.

L'opinione non è ancora fissata sull'avvenire di questa applicazione della trasmissione dell'energia, anzi si sostiene da parecchi tecnici eminenti che non si possa spodestare la locomotiva dal suo principale dominio, cioè dalle grandi linee di forte traffico. Ma è qui il caso di ripetere l'acuta osservazione fatta da Galileo Ferraris nel 1894 nell'adunanza solenne dei Lincei: che le difficoltà attuali per la soluzione del problema della trazione elettrica sulle grandi reti stanno tutte nell'inerzia, non tanto degli uomini, quanto della massa di materiali e di servizi che bisognerebbe muovere o disturbare anche soltanto per un semplice esperimento. E per questo è lodevole l'iniziativa presa dalle Società per l'esercizio delle reti Mediterranea e Adriatica di procedere contemporaneamente a una grande applicazione sulle rispettive reti.

Non si parla qui della trazione con carrozze automobili ad accumulatori, poichè la pratica sembra condannarle tanto sulle tramvie urbane (come è avvenuto a Roma e a Torino) quanto sulle ferrovie, in causa del peso morto considerevole e di altri inconvenienti connessi cogli accumulatori. Si pensi, per esempio, che i carrozzoni applicati l'anno scorso sul tronco Milano-Monza pesano, col carico massimo, circa 64 tonn. e 58 a vuoto, e che in questo peso gli accumulatori entrano per 17 tonnellate.

Le difficoltà che si oppongono alla soluzione generale del problema, sono tanto di natura economica, quanto d'indole tecnica. In linea economica, e supponendo che si tratti di servirsi della forza idraulica, conviene considerare la circostanza che bisognerebbe avere a disposizione una forza almeno quintupla di quella che rappresenta la media forza di locomotive impiegata in modo continuo per la trazione. La potenzialità delle locomotive sulle nostre reti è di circa un milione di cavalli, e si può ritenere che circa 45 a 50 mila cavalli (calcolati in base al carbone consumato in un anno) sia la media forza continua in esercizio; ma bisogna tener conto delle perdite della trasmissione d'energia, della maggior forza richiesta all'avviamento, e sopra tutto del rapporto fra il traffico massimo e il traffico medio, che in certi casi può elevarsi a una cifra considerevole, per cui non dovrebbe esser lontana dal vero l'ipotesi che si dovrebbe tener disponibili almeno 240 a 250 mila cavalli; il che naturalmente eleva in egual proporzione il costo della forza impegnata in confronto di quella utilizzata, diminuendo di altrettanto il vantaggio della sostituzione dell'acqua al vapore. La questione però non consiste tutta nel costo della forza, la quale entra, del resto, soltanto per 1/3 nel costo reale di esercizio; ma è necessario tener conto altresì di altri elementi (vedasi la pubblicazione degli ing. CAIRO e LANINO: *Sull'applicazione della trazione elettrica all'esercizio ferroviario*); poichè la trazione elettrica muta radicalmente il sistema di circolazione dei convogli e trasforma i criteri di base per la formazione delle tariffe, sostituendo al peso dei treni la loro frequenza, e rendendo le spese di trazione quasi

Le applicazioni alla metallurgia e alle industrie chimiche sono venute più tardi; ma prima ancora che cominciassero ad esser note, Garuti aveva già fatto a Milano i primi esperimenti sull'elettrolisi dell'acqua per la produzione dell'idrogeno e dell'ossigeno, cui sono destinate attualmente due officine a Terni e a Roma (1). Ed ora che mercè la trasmissione elettrica l'industria può disporre di forze ingenti a condizioni di concorrenza, a Livorno si sta per attivare l'affinazione elettrolitica del rame, già tentata prima a Pont-S. Martin; Stassano sta installando a Darfo il suo processo di estrazione del ferro con 1500 cavalli, e la Società Volta la fabbricazione della soda caustica sul Pescara con 10 000 cavalli; e parecchie Società fabbricano già o stanno per fabbricare grandi masse di carburo di calcio per l'illuminazione ad acetilene, con una forza complessiva di 25 000 cavalli (2).

Questo slancio manifestatosi nelle industrie elettrochimiche dimostra qual vasto campo si aprirà all'industria na-

indipendenti dalla loro effettiva percorrenza. Così, senza aumentare gli oneri, si può fare un servizio più suddiviso e più corrispondente ai bisogni del pubblico, col risultato economico di trarre il maggior partito possibile dalla forza disponibile e dalla potenzialità dell'impianto.

Quanto alla questione tecnica, non si può certo dirla risolta in modo esauriente coi forse troppo vantati esperimenti americani della bellissima galleria di Baltimore e delle non lunghe linee di Nantasket Beach, di Buffalo e dell'Elevated Railway di Chicago, e neppure col'esercizio sul piccolo tronco del *Chemin de fer d'Orléans* sotto Parigi, per quanto arduo (treni di 250 tonn., locomotori di 45 tonn., 150 treni al giorno, presa di corrente dalla terza ruotaia). Ci sono incertezze, non ancora ben chiarite, sulla tensione da adottare per la condotta d'esercizio e sul modo di prendere la corrente; e quindi non possono che essere accolti con favore gli esperimenti che stanno per fare le due grandi Società ferroviarie italiane, dai quali si potranno certo dedurre conclusioni definitive, tanto nei riguardi tecnici quanto dal punto di vista economico, molto più che nei due esperimenti saranno applicati sistemi differenti. Eccone i dati principali:

Società Mediterranea: linea Milano-Gallarate, con diramazioni a Varese-Porto Ceresio, ad Arona e a Luino. Per ora si costruisce il solo tronco Milano-Gallarate: 40 chilometri a doppio binario, velocità sino a 90 chilometri-ora; 5 treni-ora; sistema di presa dalla terza ruotaia, vetture di 36 tonn.; una vettura automotrice, con 2 motori da 160 cavalli caduno, per ogni treno. Stazione generatrice a Torna-vento: 5500 cavalli di forza idraulica; linea principale a 11 000 volt; 4 stazioni trasformatrici con convertitori rotativi della corrente primaria in corrente continua a 650 volt per la linea d'esercizio.

Società Adriatica: linea Lecco-Colico, con diramazioni Colico-Sondrio, Colico-Chiavenna (105 chilometri); massima distanza di trasporto dell'energia 60 chilometri. Treni merci a 30 chilometri-ora, treni viaggiatori a 60 chilometri. Corrente trifase a 20 000 volt per la linea principale, con stazioni di trasformazione da 20 000 a 3000 volt, tensione adottata per la linea d'esercizio (secondo il parere dei professori Kapp, S. Thompson e Weber, è un pregiudizio arrestarsi al limite di 500 volt, già pericoloso). Vetture con motori asincroni trifasi a 3000 volt e presa di corrente da un filo aereo. Forza idraulica 7500 cavalli, attinti dall'Adda a Morbegno. — Per la linea Milano-Lecco (55 chilometri) sono impegnati 4000 cavalli presi dall'Adda a Imbersago.

(1) I primi esperimenti Garuti miravano ad ottenere la separazione dell'idrogeno e dell'ossigeno per servirsene in forni a gas ossidrico, e anche come mezzo d'illuminazione per mezzo di un materiale refrattario da portarsi a incandescenza. Queste applicazioni sembrano contrastate o almeno limitate dal costo elevato dei gas così ottenuti coll'elettrolisi dell'acqua; mentre rimane l'applicazione dell'idrogeno all'aerostatica, alla quale serve, per i parchi militari, l'officina di Roma.

(2) L'impianto della Società elettrochimica Volta per la fabbricazione della soda, mediante un impianto idraulico di 10 000 cavalli sul Pescara, permetterà di ottenere, insieme alla soda, il cloro dall'elettrolisi del sal marino. Ambedue queste materie sono importate in Italia per la massima parte dall'Inghilterra; per cui è da supporre che la nuova industria avrà un successo sicuro, se si troveranno in Italia nuove vie di utilizzazione del cloro, il cui impiego per imbiancamento e disinfezioni non è in proporzione col consumo di soda per digrassamento, per le vetrerie e per le fabbriche dei saponi.

Il processo Stassano, che sta per funzionare a Darfo sul lago d'Isèo, utilizza il calore dell'arco voltaico, prodotto da correnti generate colla forza idraulica in un alto forno, dove si trova il minerale di ferro insieme a una quantità di carbone esattamente dosata per ridurlo.

Nessun tentativo è stato fatto finora in Italia né per l'estrazione dell'alluminio, che pure è fatta all'estero con costante successo, né per la fabbricazione del carburo di silicio (carborundo), tanto applicato in sostituzione dello smeriglio.

zionale, quando potrà trar partito dalle ingenti riserve di forza idraulica, ancora inopere nelle nostre montagne. Circondata in gran parte dal mare, che contiene la materia prima della forza, con quei grandi condensatori per precipitarne in pioggia i vapori, che sono le Alpi e gli Appennini, l'Italia è uno dei paesi del mondo più ricchi di questa energia fornita dalla natura. I nostri fiumi travolgono fra i monti e il mare una forza, la cui parte utilizzabile si fa ascendere a più di 3 milioni di cavalli. Di questi, solo 300 mila sono ora effettivamente impiegati. Una così enorme forza, se utilizzata tutta, notte e giorno, rappresenterebbe, ai prezzi attuali del carbon fossile, un valore annuo di almeno 800 milioni. Supponiamo pure che si surrogino colla forza dell'acqua i 250 mila cavalli che l'industria trae ora dalle macchine a vapore; supponiamo che tutte le ferrovie si trasformino in ferrovie elettriche, e con l'acqua si supplisca, in misura quintupla, alla forza di 50 mila cavalli che ora richiedono (4); supponiamo anche che si trovino accumulatori perfetti dell'energia, che ora non sapremmo neppure immaginare, e che si imbarchino a bordo delle navi per surrogare le macchine a vapore, qual margine di forza non resterebbe ancora per lo sviluppo economico avvenire del nostro paese?

Questo spiega come gli ingegneri italiani si siano immediatamente rivolti all'utilizzazione delle nostre forze idrauliche non appena fu trovata la possibilità di trasportarle a grandi distanze, ancora in condizioni da far concorrenza alla macchina a vapore. Erasi appena cominciato all'estero a fare alcuni piccoli trasporti, quando a Genova si attuò, nel 1890, quello di 1100 cavalli, tratti dal Gorzente con corrente continua, e subito dopo vennero gli impianti di Intra e di Roma, nel 1891, con corrente alternata. E poiché tutto, in questa sacra terra latina, evoca i ricordi dell'antichità, fu sulle arcate della villa Tiburtina di Mecenate, lungo le rive ombrose predilette da Orazio:

..... circa nemus uvidique
Tiburis ripas.....

che si condusse l'acqua dell'Aniene a fornire l'energia necessaria all'illuminazione della moderna Roma. Poi, dopo una sosta, il trionfo del sistema trifase condusse all'impianto di Paderno, donde 13 000 cavalli derivati dall'Adda furono nel

(1) La forza disponibile totale dei nostri corsi d'acqua, non ancora utilizzata, e che si potrebbe ricavare industrialmente con impianti idraulici convenienti, si può valutare, secondo i dati raccolti negli Atti della Commissione nominata con Reale Decreto 16 agosto 1898 per lo studio delle concessioni di acque pubbliche, completati e rettificati colle informazioni avute dagli Uffici tecnici di Finanza e dal Genio Civile, di cavalli 2 800 000 in cifra tonda. Aggiungendo la forza già ricavata dai salti esistenti, che è di 600 000 cavalli (secondo il concorde risultato della Direzione Generale della Statistica e degli Uffici tecnici di Finanza), si ha un totale presumibile di cavalli 3 400 000. Bisogna però notare che la forza effettivamente utilizzata dei salti e delle derivazioni esistenti deve essere valutata a circa 50 010, cioè a soli 300 000 cavalli, cosicché la forza totale sarebbe di 3 100 000, o, in cifra tonda, 3 milioni di cavalli: cifra che probabilmente rappresenta un minimo, essendo evidente che si andrà verificando un continuo progresso nel modo di trarre partito di quei salti disponibili, che ora possono apparire di difficile utilizzazione.

Dagli Uffici tecnici di Finanza provengono anche le notizie più attendibili sulla forza delle macchine a vapore fisse, la quale, non comprendendo le forze impiegate nelle bonifiche e per usi agricoli, ammonterebbe a circa 250,000 cavalli. E' probabile che le forze non comprese in questa cifra l'aumentino sino a un totale di circa cavalli 300 000.

Per la trazione sulle ferrovie, la Direzione di Statistica calcola la potenzialità totale delle locomotive a cavalli 1 064 000 per le sole Società ferroviarie principali. La potenza annua effettivamente impiegata sarebbe, secondo gli Atti della suaccennata Commissione nominata col R. Decreto 16 agosto 1898, di cavalli 31,585. Da altri calcoli però, dedotti dal consumo annuo di carbone, si avrebbe invece una media di cavalli 43 000 per le sole reti Mediterranea e Adriatica; quindi non si andrà molto lontano dal vero, calcolando per tutte le reti cavalli 50 000.

Per la navigazione, la Direzione della Statistica darebbe 707 000 cavalli per la potenzialità delle macchine della marina da guerra e 304 000 per quella della marina mercantile, alla fine del 1898. Molto minore, evidentemente, soprattutto per la marina da guerra, sarà la forza effettivamente utilizzata.

1898 condotti a Milano. La spinta è data, le esitanze sono vinte; dappertutto si lavora energicamente a ingenti trasporti di forza. Ormai entro il 1900 saranno circa 80 mila cavalli, e poco più tardi altri 100 mila cavalli di forza idraulica nuova messa a disposizione dell'industria nazionale (1).

L'Italia non sarà più relegata quasi in coda delle altre nazioni nelle statistiche industriali. Che importa se non abbiamo carbone? Quando si porteranno, e di ciò vedremo che non v'ha dubbio, le nostre forze idrauliche a 150 o 200 chilometri nelle stesse condizioni nelle quali si portano ora a 50 o 60, non saremo noi in misura di combattere, sui mercati dell'interno e dell'estero, i nostri più formidabili concorrenti d'un tempo? L'acqua non subisce crisi, e quando il consumo aumentato, le guerre, la scarsità crescente dei giacimenti migliori eleveranno, come già adesso è avvenuto, il costo del carbone, noi non ce ne preoccuperemo e troveremo tanto più facilmente da collocare i nostri prodotti; perchè le nostre cadute ci daranno a prezzo costante la forza, il calore, la luce, tutte le forme sotto le quali l'energia è sfruttata per i bisogni della vita. Così, senza farci illusioni, senza iattanza e senza lirismi, possiamo dire che il trasporto elettrico dell'energia prepara all'Italia un'era di prosperità e di primato industriale, e per esso forse anche un primato politico, del quale non potremmo neppure farci un'idea.

L'ardire, l'iniziativa, l'ingegno non ci mancano, come ho cercato dimostrarvi in questo rapido quadro delle applicazioni elettrotecniche fatte in soli 17 anni, dal 1883 ad oggi. Ma ora dobbiamo domandarci: son queste applicazioni suscettibili di perfezionamento? E' possibile di ottenere gli stessi effetti industriali con un minor consumo di energia? E l'energia stessa si può essa produrre e trasportare con una spesa minore?

Nelle applicazioni alla metallurgia e alla chimica, ciò che si utilizza il più delle volte è l'altissima temperatura che la corrente può dare quando attraversa sostanze resistenti al suo passaggio; qui l'energia elettrica si converte tutta in calore. A questo è dovuto l'effetto dei forni elettrici per l'estrazione dell'alluminio e del ferro o per la fabbricazione dei carburanti. Poco risparmio di energia si può sperare in questi casi; ma non si può dire lo stesso dell'illuminazione elettrica, quando, come si è sempre fatto finora, si ottiene la luce per mezzo del calore, cioè portando un corpo all'incandescenza. Se l'incandescenza è debole, la più gran parte dell'energia si disperde nella radiazione calorifera oscura emessa dal corpo, che è in-

capace di eccitare la retina dell'occhio; così avviene che un becco da gas ordinario sia assai meno economico di un becco Auer, e una lampadina elettrica a incandescenza meno di una lampada ad arco. L'economia, adunque, cresce col grado di incandescenza, ma non si potrebbero spingere a incandescenza maggiore le lampadine attuali a filamento di carbone senza annerire rapidamente il globo e consumare il filamento. Bisognerebbe trovare un materiale più refrattario del carbone. E' ciò appunto che Auer, il fortunato inventore del becco da gas a reticella, e il fisico Nernst stanno ora tentando coll'impiego di filamenti di osmio, magnesio, zirconio e ossidi di torio, di erbio, di ittrio, i quali possono raggiungere temperature altissime senza fondere nè volatilizzarsi. L'invenzione non è ancora entrata nella pratica, ma il successo non è dubbio; e allora la lampadina a incandescenza, così necessaria per i piccoli ambienti, sarà altrettanto economica quanto la lampada ad arco (1).

Ma questa stessa lampada ad arco non utilizza ancora che 1/10 dell'energia spesa; gli altri 9/10 rappresentano calore inutilmente prodotto. L'ideale sarebbe di eliminare la radiazione calorifica oscura, e di non far emettere al corpo luminoso che radiazioni luminose. Gli organismi che rendono fosforescenti le onde del mare, le lucciole, i microbi che racchiusi in boccali offrono in questo momento all'Esposizione di Parigi lo spettacolo della luce vivente, utilizzano il 100 per 100, perchè danno una luce assolutamente fredda. Possiamo noi sperare di imitare la natura? E' indubitabile che se noi potessimo disporre di correnti elettriche alternanti con sufficiente rapidità, noi produrremmo un raggio di luce; ma bisognerebbe perciò che le alternazioni fossero in ragione di centinaia di bilioni al minuto secondo, mentre finora le più rapide alternazioni elettriche ottenute sono nei limiti delle centinaia di milioni (2). Il celebre Tesla ha ottenuto, è vero, correnti a rapidissima alternazione e se ne è servito per rischiarare interi ambienti colla luce eccitata nei gas rarefatti, ma questa è una luce pallida, impropria all'illuminazione; e l'idea sua di portare quelle correnti a grandissima altezza nell'atmosfera, dove l'aria fosse così rarefatta da produrre gli effetti dei tubi di Geissler e di Crookes, cosicchè dal cielo piovesse, a illuminar la terra, la luce di una tranquilla aurora boreale, deve per ora considerarsi come il sogno di un'intelligenza elevata. Anche la scienza ha la sua poesia; anzi non v'ha idealista più grande di colui, che vive dei soli ideali dell'astrazione scientifica.

Rimane l'altro lato del quesito: è possibile di avere maggior economia nella produzione e nel trasporto dell'energia?

Non v'è nulla, sembra, da desiderare per l'economia della produzione, perchè gli apparecchi destinati a produrre e trasformare l'energia elettrica sono fra quelli che hanno il più elevato rendimento. Ma molto, invece, c'è da sperare per l'economia del trasporto. Sia che si tratti di energie debolissime, come quelle richieste per la trasmissione della parola scritta o parlata, o che si richiederanno, forse fra breve,

(1) I principali impianti di trasporto di forza eseguiti finora o in corso di esecuzione in Italia, sono, in ordine cronologico: nel 1890, 1100 cavalli derivati dal Gorzente a Isoverde (Genova), con corrente continua; nel 1891, il piccolo impianto di Intra, presso la Ditta Sutermeister, che fu il primo con corrente alternata, a 2000 volt; nel medesimo anno si attivò l'impianto di Tivoli con corrente alternata a 5000 volt. Vennero quindi diversi trasporti di medie proporzioni, fatte a Schio, a Terni, a Brescia e a Bergamo; poi, in questi ultimi anni, gli impianti di Bussoleno, con 1500 cavalli trasportati a 58 chilometri mediante corrente trifase a 11 500 volt; di Lanzo con 3250 cavalli trasportati a 35 chilometri con corrente trifase a 12 500 volt; di Castellamonte, con 1500 cavalli a 12 500 volt, corrente trifase, distanza 45 chilometri; di Paderno, con 13 000 cavalli trasportati a 35 chilometri con corrente trifase a 13 500 volt; e altri impianti minori a Spoleto, Sondrio, Vigevano, ecc. Infine, sta per entrare in funzione il trasporto di Vizzola sul Ticino, di 18 000 cavalli, con corrente trifase a 10 000 volt. In corso di esecuzione o di studio si trovano, fra gli altri, gli impianti seguenti: Boffalora sul Ticino, 4000 cavalli; Alto Aniene, 15 000 cavalli, 55 chilometri da Roma; Morbegno, 7500 cavalli, e Imbersago, 4000 cavalli, ambidue sull'Adda, per la ferrovia Milano-Lecco-Colico-Sondrio-Chiavenna; Pont S. Martin, cavalli 4200 per Ivrea e valli biellesi; Settimo Vittone, 6500 cavalli per le valli biellesi; Narni, 2000 cavalli per la Società dei forni elettrici; derivazione dal Brembo, 6000 cavalli a 15 000 volt; derivazione dal Naviglio grande (Ticino), 11 500 cavalli a 15 000 volt per la Società Mediterranea; Stara di Viù, 4000 cavalli, 15 000 volt; Cavenago d'Adda, 4500 cavalli, 11 000 volt; Cherasco, 2000 cavalli, 11 000 volt; Cenischia, 7000 cavalli; Ala Ceres, 4000 cavalli; oltre altri minori a Osimo, Bologna, Casale, Terni, Darfo, Val d'Intelvi, ecc. Di prossima esecuzione è, fra gli altri, l'impianto sul torrente Celina, di cui si dirà più avanti; ed è, fra gli altri, allo stadio di studio il progetto di derivazioni diverse per un totale di 40 a 50 mila cavalli a servizio delle industrie della Liguria.

(1) Il consumo di energia delle lampade ad arco è di 1 a 1,5 watt per candela, incluso l'effetto del globo e la resistenza annessa alla lampada. Per le lampadine ad incandescenza il consumo di energia varia fra 2,5 e 4,5, in media 3,5 watt per candela, ma cresce tanto più quanto più lungo è il tempo durante il quale la lampada ha funzionato. La tendenza è di spingere il consumo di energia notevolmente sotto i 3 watt, col risultato, però, di aver lampadine di poca durata, che perdono il loro primitivo splendore dopo poche ore di accensione.

La nuova lampada elettrica ad incandescenza Auer è a filamento d'osmio, metallo che si considera come il più infusibile; quella di Nernst ha il filamento di magnesio, o zirconio, o di ossidi di torio, erbio, ittrio. Esse consumano (esperimenti fatti dal prof. Mengarini nella Scuola d'Applicazione di Roma) circa un watt per candela, quindi sono altrettanto e più economiche della lampada ad arco.

(2) Le onde della radiazione luminosa fra gli estremi dello spettro hanno lunghezze variabili fra $\frac{43}{100000}$ e $\frac{75}{100000}$ di millimetro, corrispondenti a parecchie centinaia di bilioni di vibrazioni al minuto secondo. Le onde herziane, utilizzate anche negli esperimenti di Tesla, corrisponderebbero, nei limiti di lunghezza indicati nella precedente nota a pag. 177, a numeri di oscillazioni che raggiungerebbero, per le onde più brevi, le migliaia di milioni, ma in generale stanno nel limite delle centinaia di milioni.

per la trasmissione delle immagini e dei colori, sia che si tratti di migliaia di cavalli, la questione della spesa dei conduttori della corrente è sempre di primaria importanza. Si pensi ai costosi cavi dei telegrafi sottomarini, si pensi che la trasmissione da Paderno a Milano, per esempio, ha richiesto l'impiego di 335 mila chilogrammi di rame. Nei trasporti di forza propriamente detti, è evidente che la distanza utile è limitata dalla condizione che la spesa dell'impianto consenta che il costo della forza riesca più basso, sul luogo di consumo, di quello dato dal vapore. Ora in Italia non si potrebbe dire che il problema della redenzione economica dal carbone inglese sarebbe completamente risolto, se non si arrivasse a trasmettere utilmente la forza idraulica a 150 o 200 chilometri, media distanza dalle vette montane ai centri di consumo. E' ciò possibile?

Certo un gran cammino si è fatto, elevando la tensione adottata nella conduttura. Più alta è la tensione, minore è il costo della linea. Quando si fece il trasporto Tivoli-Roma pareva un grande ardire adottare una tensione di 5000 volt; ora abbiamo il trasporto Paderno-Milano a 13500 volt, senza che offra pericoli maggiori. Dal momento che poche centinaia di volt sono indubbiamente mortali, non cresce il pericolo adottando tensioni più alte. La popolazione si abitua a rispettare le linee e guardarsene, come si è abituata ai treni lanciati a 100 chilometri all'ora, alle tramvie elettriche nelle vie delle città, agli automobili e a tante altre necessità della vita moderna. Ma il problema va guardato soprattutto da un altro aspetto. Le esperienze fatte da Scott nel Colorado nel 1898 mostrano che a 20000 volt i fili cominciano a stridere e a diventar luminosi, con un disperdimento d'energia che a 50 o 60 mila volt può diventare, specialmente nei climi umidi, molto superiore alle perdite attraverso gli isolatori (1). Questi esperimenti, nondimeno, hanno dimostrato che, in condizioni favorevoli, una tensione di 50000 volt è tutt'altro che impossibile.

Così nel trasporto di Provo nell'Utah fu adottata la tensione di 40000 volt, e fra San Bernardino e Los Angeles in California si trasporta la forza a 130 chilometri con 33000 volt. Il professore Forbes, in una lettura fatta due anni sono

(1) Gli esperimenti vennero eseguiti nel 1898 sulla linea della « Telluride Power Transmission Company » (Colorado, U. S. America). A 20000 volt i fili cominciano a stridere e a diventar visibili nel buio; crescendo la tensione, vibrano e diventano più stridenti e luminosi. Contemporaneamente si verifica un disperdimento d'energia fra i fili, il quale, per le più alte tensioni, supera di molto la perdita che ha luogo attraverso agli isolatori, e che si potrebbe paragonare a quella che avrebbe luogo in un tubo di conduttura d'acqua che fosse poroso. Questa perdita si mantiene in limiti moderati fino a una certa tensione critica, al di là della quale cresce rapidamente, verificandosi qualche cosa di simile a quello che avviene quando l'aria o un altro gas trovansi soggetti a una tensione elettrostatica, la quale dà luogo a una scarica allorchè la tensione ha raggiunto un determinato limite.

La perdita dipende quindi anche dallo stato di atmosfera, secondo che questa è secca o umida, netta o carica di pulviscoli; e perciò la tensione da adottare deve variare secondo il clima e la località.

Gli esperimenti furono spinti sino alla tensione di 59000 volt; e furono abbastanza rassicuranti da indurre la « Telluride Company » ad adottare tensioni sino a 40000 volt. Secondo Scott, 50000 volt sono ancora adottabili in climi e condizioni favorevoli.

A simili tensioni sono molto importanti anche le considerazioni sull'attitudine dei generatori, dei trasformatori e degli isolatori a sopportarle. Quanto ai generatori, si è formata in generale la convinzione che convenga, sino a un certo limite, adottare addirittura la produzione diretta di corrente ad alta tensione senza trasformazione. Sino ad ora si è toccata la tensione massima di 15000 volt; gli alternatori di Paderno funzionano a una tensione vicina a questo limite, e furono anche spinti fino a 20000 volt per alcuni minuti senz'altro fenomeno fuorchè l'apparizione di un certo grado di fosforescenza intorno ai fili, visibile nel buio; non è adunque improbabile che si possano adottare nella pratica delle dinamo a 20000 e anche a 25000 volt. Ciò sarebbe già un grande vantaggio per i trasporti di forza con alte tensioni.

Quanto ai trasformatori, agli isolatori e anche ai quadri di distribuzione, non è qui il caso di parlarne; basterà dire che si tratta di apparecchi che richiedono disposizioni speciali, tanto più accurate quanto più è alta la tensione alla quale funzionano.

alla Royal Society pareva non mettere in dubbio la possibilità di portare al Cairo la forza della prima cataratta del Nilo, ancora in concorrenza colla macchina a vapore, a 650 chilometri. Questi precedenti ci devono incoraggiare e ci assicurano che potremo fra poco battere il carbone inglese in qualunque posto colla forza delle nostre cascate. Già i nuovi trasporti si fanno a 15000 volt; anzi sta già per andare in esecuzione un trasporto di 11000 cavalli dal torrente Cellina a Venezia, a 90 chilometri, con 25000 volt (1).

Ma questi risultati non devono distogliere la nostra attenzione dalle nuove vie che si stanno aprendo alla trasmissione dell'energia. Il lavoro intenso degli scienziati si rivolge ora ai fenomeni che avvengono nello spazio; le oscillazioni herziane, i raggi catodici e di Röntgen preludono a scoperte, la cui portata non si può ancora valutare. Correnti alternate, oscillazioni herziane, radiazioni termiche e luminose non sono che forme diverse di uno stesso fenomeno. Le correnti a piccola frequenza di alternazioni si trasmettono coi fili; quelle a frequenza più rapida si trasmettono più facilmente nel dielettrico che nel conduttore; quelle a grandissima frequenza non si trasmetterebbero che nel solo dielettrico e non si potrebbero guidare che con mezzi analoghi a quelli usati per dirigere il calore e la luce. Così è avvenuto che Marconi, sulla via tracciata da Hertz e valendosi dei sensibili apparecchi, alla cui invenzione i nostri fisici Righi e Calzecchi hanno tanto contribuito (2), è stato condotto alla telegrafia senza fili. Un altro italiano, Guarini, sembra che miri ad estendere la distanza e a determinare la direzione della radiazione trasmessa. Si trasmettono, è vero, energie piccolissime, infinitesime, anzi, rispetto alle forze che l'industria richiede; ma si tratta pur sempre di vere e proprie trasmissioni di energia. Se la telegrafia con fili fu il primo esempio della trasmissione elettrica dell'energia come è fatta oggi, perchè la telegrafia senza fili non potrebbe essere il principio di una forma nuova e più perfetta di trasmissione? Sarebbe certamente poco avvisato colui che, argomentando solo dal presente, pretendesse negare *a priori* la possibilità dell'avvenire.

SIRE, GRAZIOSA REGINA,

Signore e Signori,

Permettetemi ora di tornare al punto donde sono partito. Le mie disadorne parole vi avranno dimostrato, spero, quanto straordinari siano stati i progressi compiuti in Italia nella Elettrotecnica in meno di vent'anni, e come vi abbiano contribuito, con una meravigliosa concordia di intenti, scienziati illustri e una numerosa schiera di modesti, ma valorosi applicatori del pensiero scientifico. Del loro lavoro si è giovata

(1) Si tratta di utilizzare due salti sul torrente Cellina, di 11000 cavalli ciascuno. Per ora si utilizzerebbe il primo dei due, avendo per obbiettivi quasi esclusivi Mestre, Venezia e Pordenone. La distanza da Venezia è di 90 chilometri e la trasmissione si farebbe con corrente trifase a 25000 volt.

(2) Marconi non ha fatto che applicare disposizioni note, tanto nella produzione delle oscillazioni, quanto nel modo di raccoglierle; ma ha avuto per primo l'idea di valersene per superare distanze assai maggiori di quelle alle quali si erano dapprima limitate le esperienze sulle onde herziane, e per di più ha scoperto l'influenza che i fili verticali, portati a grande altezza al disopra dell'apparecchio generatore e del ricevitore hanno sulla distanza di trasmissione; particolare importantissimo che costituisce la principale caratteristica dell'invenzione. Così, da 15 chilometri che si raggiunsero attraverso il Canale di Bristol nel 1897, si è arrivati nel 1899 a una distanza di 52 chilometri sulla Manica, poi a 100 colle esperienze Pasqualini alla Spezia, poi in Inghilterra, ancora, dicesi, a 120 chilometri.

L'illustre fisico Righi ha fornito notoriamente i migliori tipi di eccitatori, coi quali erano state anche rese più facili le esperienze sulle onde herziane per mezzo di onde assai più brevi. Quanto al ricevitore, o tubo sensibile per raccogliere le onde trasmesse, pare che la prima idea appartenga al prof. Hughes, il quale avrebbe trovato la proprietà delle polveri metalliche che formano la base di quell'apparecchio, ma non ne pubblicò nulla fino al 1899 (Fleming, *Centenary of electric current*); ma è anche certo che il prof. Calzecchi trovò fin dal 1885 quella stessa proprietà e l'apparecchio che fu poi chiamato *coherer*, quando fu oggetto di ulteriori investigazioni da parte dei professori Branley e Lodge.

la patria, che ormai si avvia ad una rigenerazione economica quasi insperata.

L'avvenire è sicuro, poichè la natura che ha dato all'Inghilterra il carbone, ha dato a noi un'altra sorgente d'energia altrettanto potente, ma inesauribile; e quanto al trarne profitto, non potrebbe certo mancare al suo genio e alle sue tradizioni un paese, dove ebbe i natali Volta, il creatore della Elettrotecnica moderna. E in quest'anno, che compie appunto il secolo da quello in cui Volta comunicava alla Società Reale di Londra la scoperta della pila, è grato il pensiero che i nostri Sovrani e tanta eletta cittadinanza della capitale del Regno abbiano onorato quest'adunanza, dove si dovevano rammentare i benefizi che il genio di quel grande preparava cent'anni sono alla patria sua.

IDRAULICA PRATICA

SCOLI TEMPORANEI CHE VERSANO IN BACINI SOGGETTI A MAREA.

Nelle basse regioni in prossimità al mare od alle lagune, vasti comprensori hanno una possibilità di deflusso solamente per alcune ore del giorno, ore nelle quali la bassa marea del bacino di versamento permette un conveniente livello di scarico.

Per impedire il rigurgito dei soverchi alzamenti del bacino di versamento, nei collettori principali di questi comprensori, si suole porre al loro sbocco delle chiaviche a porte a ventola, le quali volgendo il vertice delle capriate verso il bacino stesso, automaticamente si aprono o si chiudono, a seconda del prevalente livello o nei collettori, o nel bacino.

Va da sè, che riuscendo il deflusso temporaneo, dovranno i collettori, durante il periodo di deflusso impedito, contenere tutta l'acqua che successivamente si accumula, in modo che non vada a superare un dato livello, quello che converrà alle condizioni di buon asciugamento del comprensorio. Questi collettori poi, e le chiaviche poste agli sbocchi, per tutto il tempo del libero deflusso, dovranno essere capaci dello smaltimento dell'acqua immagazzinata nel periodo antecedente, aumentata di quel volume che durante questo andrà successivamente a versarsi nei collettori stessi.

Stabilire la capacità degli uni, e le dimensioni delle altre, è problema abbastanza complesso e che merita uno studio accurato, per non eccedere nelle spese d'impianto, già di per sè elevate, e non incorrere in deficienze, dando luogo a delusioni incresciose.

Vari insigni trattatisti d'idraulica pratica, sul problema degli scoli temporanei, non occupandosi del caso concreto, superiormente esposto, si limitano ad indicare la regola del confronto, regola buona a seguirsi ogni qualvolta sussista il modo di poter fare questo confronto, fatalmente però sono rari i casi nei quali ciò si verifica.

Il signor Lévy Salvador, nella sua idraulica agricola, parlando sui lavori di prosciugamento a scolo temporaneo di comprensori che scaricano nell'Atlantico, sottomesso a maree ben più considerevoli di quelle del nostro Mediterraneo, si occupa con dettaglio delle varie opere all'uopo eseguite, sorvola però sul problema superiormente avvertito, non dando alcun criterio fondato sulla stima della capacità dei collettori e sulle dimensioni delle chiaviche; così il Bechman, che pure trattò questo argomento, non dà maggiori criteri; solo il signor ing. Giovanni Scarpari pubblicò in proposito una monografia, dove considera un bacino d'espansione a monte della chiavica, stabilendone gli alzamenti durante il tempo di deflusso impedito, nella supposizione di una portata costante nei collettori, corrispondente a quella delle loro massime piene, incorrendo in ciò in eccessi che vanno sempre a svantaggio dell'economia dell'opera; di più stabilisce le dimensioni della chiavica su di un livello medio, criterio anche questo che lascia non poca incertezza.

Ripigliando lo stesso argomento, noi ci proponiamo invece di risolvere il problema seguendo successivamente le fasi del doppio fenomeno del versamento dell'acqua sul comprensorio dovuto alle cause meteoriche, e delle variazioni di marea nel

bacino di versamento, collegandoli reciprocamente fra loro, per stabilire con sufficiente approssimazione i tempi di deflusso libero ed impedito, sui quali precisamente si baseranno, e la capacità del bacino d'accumulamento dell'acqua, e le dimensioni da assegnarsi alla chiavica di scarico.

1. — *Quantità d'acqua caduta per pioggia sul comprensorio, e che successivamente concorre allo scarico.* — Se si indica con:

S , la superficie totale del comprensorio;

e , la massima altezza d'acqua caduta per pioggia di una delle più persistenti piogge della durata consecutiva di parecchi giorni, ed estesa a tutto il comprensorio stesso;

k , il coefficiente di epurazione, o rapporto che esiste fra la quantità d'acqua che direttamente concorre allo scarico, e quella caduta in totalità per pioggia sul bacino (1);

il volume totale di acqua che dovrà affluire nel bacino di versamento, sarà:

$$Q = k S e.$$

Se ora si dice:

t_0 , il tempo della durata della pioggia;

t_1 , quello che impiega l'acqua a passare dai punti maggiormente discosti del comprensorio a quello di versamento (2); considerato che in un bacino pianeggiante i deflussi unitari saranno sensibilmente proporzionali alle aree conterminata da archi circolari concentrici, aventi il centro nella località del versamento, seguendo il procedimento indicato dal professore D. Turazza nel suo Trattato d'idraulica, stabilita nella planimetria del comprensorio questa località, ed assunta come centro (fig. 63), con raggio uniformemente crescente si tracciano le divisioni del comprensorio in zone di eguale tempo di versamento.

Ciò fatto, è di per sè evidente, che al principiare della pioggia, essendo il massimo raggio proporzionale a t_1 , trascorso il tempo $\frac{t_1}{n}$ si verserà un volume di acqua proporzionale ad S_1 area della prima zona conterminata dal perimetro di raggio proporzionale a $\frac{t_1}{n}$; nel successivo tempo $\frac{t_1}{n}$ il versamento sarà proporzionale ad $S_1 + S_2$, così nel terzo tempo $\frac{t_1}{n}$ sarà proporzionale ad $S_1 + S_2 + S_3$, e così via, sino a che persiste la pioggia, ad ogni successivo tempo $\frac{t_1}{n}$ il versamento aumenterà di una zona.

Se t_1 fosse maggiore di t_0 , cosa che di frequente si verifica per comprensori di grandi estensioni, per i tempi $\frac{t_1}{n}$ successivi a t_0 , è evidente che cessato il rifornimento dovuto alla pioggia, mentre continuerà il versamento delle ultime zone, cesserà successivamente quello delle prime, e l'aumento delle ultime si verificherà sino al termine del tempo t_1 , oltre al qual tempo, cessando l'aumento di ulteriori zone, continuerà a diminuire quello delle zone precedenti, sino a che raggiunto il tempo $t_0 + t_1$, cessa completamente il deflusso.

(1) Il coefficiente k è funzione di svariati elementi, e può ritenersi a seconda di quanto indicano i professori D. Turazza e G. Colombo, compreso fra 0.70 e 0.60, avvicinandosi al maggiore quanto più piccola è l'estesa del comprensorio; può dedursi anche dalla seguente formula empirica:

$$k = 0.70 - \left(\frac{S}{2000} \right)^2$$

rappresentando S la superficie del comprensorio in chilometri quadrati, e può usarsi per terreni pianeggianti, ed estendersi sino ad S non maggiore di 650 chilometri quadrati.

(2) Il tempo t_1 è funzione delle condizioni di più o meno facile scorrimento dell'acqua sul comprensorio, ed a seconda degli studi fatti dal prof. G. Bucchià sul bacino pianeggiante di Bussè e Nischesola, sembra che per comprensori in consimili condizioni possa corrispondere con sufficiente approssimazione l'espressione:

$$t_1 = 1,085 \sqrt{S},$$

essendo S espresso in chilometri quadrati.

Ciò posto, è facile estendere un diagramma, assumendo come asse delle ascisse i tempi, e come ordinate le successive aree scolanti, seguendo gli aumenti di queste la regola or ora esposta.

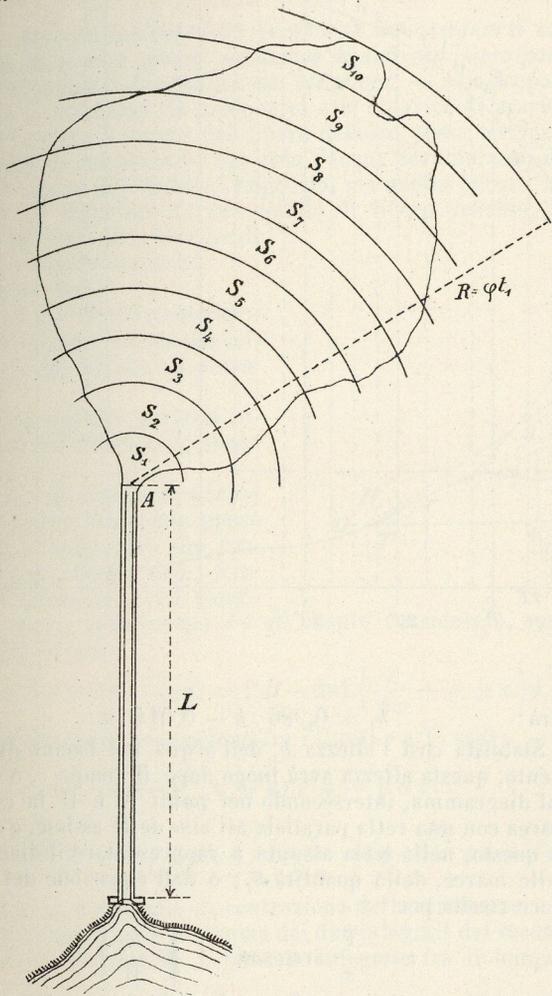


Fig. 63.

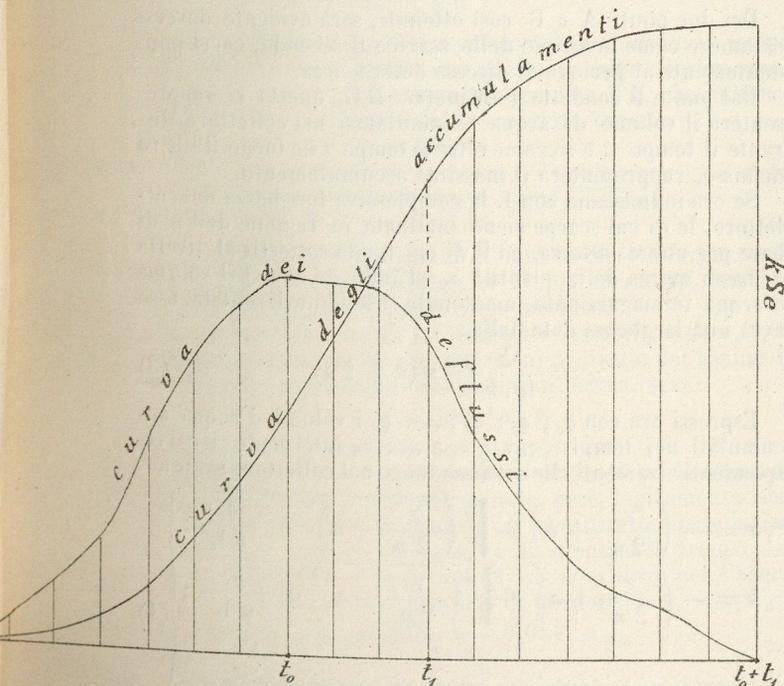


Fig. 64.

Unito con una linea continua (fig. 64), luogo geometrico delle varie aree, le successive sommità delle ordinate, questa indicherà la regola di variazione degli afflussi, non che nel punto maggiormente elevato il tempo nel quale avrà luogo il massimo afflusso, il quale sarà proporzionale al valore di questa ordinata.

L'area del diagramma sarà proporzionale alla portata integrale; e siccome per la sua costruzione risulta quest'area espressa dalla:

$$(S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_{n-1} + S_n) t_0 = S t_0$$

dovendo essere:

$$S t_0 = k S e$$

il coefficiente di proporzionalità sarà tosto dato dalla:

$$\phi = \frac{k e}{t_0}$$

Se ora noi supponiamo costantemente impedito il deflusso, dal diagramma così esteso potremo stabilire quello degli accumulamenti, misurando successivamente le aree del diagramma fra i tempi: 0 e $\frac{t_1}{n}$; 0 e $\frac{2t_1}{n}$; 0 e $\frac{3t_1}{n}$; e così via, 0 e $t_0 + t_1$, e moltiplicate per il coefficiente ϕ , portarle come ordinate successivamente ai tempi $\frac{t_1}{n}$, $\frac{2t_1}{n}$, $\frac{3t_1}{n}$, eccetera, $t_0 + t_1$, e condotta la linea luogo geometrico di questi punti, essa ci stabilirà la legge di variazione dei successivi accumulamenti.

2. — *Determinazione approssimata del massimo volume d'acqua da scaricarsi durante uno dei periodi di deflusso libero.* — Stabilito il diagramma degli accumulamenti, per formarsi approssimativamente l'idea di quale sarà il volume massimo di acqua da scaricarsi durante uno dei periodi di deflusso libero, essendo chiaro che corrispondentemente ad ogni periodo completo di marea dovrà scaricarsi tutto quel volume d'acqua che durante questo tempo affluisce al punto di versamento, basterà dividere il diagramma degli accumulamenti nel numero di maree che si effettueranno durante il tempo $t_0 + t_1$; detto quindi T il tempo della durata di una marea corrispondente ai consecutivi istanti di bassa marea, sull'asse delle ascisse del nostro diagramma (fig. 65), nella scala dei tempi, a partire dallo zero, si porta successivamente T ; $2T$; $3T$, ecc., nT ; e quindi trascorso il tempo T si scaricherà un volume d'acqua dato dall'ordinata $T a$, nel consecutivo tempo $2T - T$, già scaricato il volume d'acqua $T a$ si dovrà scaricare un volume d'acqua dato dall'ordinata $2T b - T a = 2T \beta$. Così nel tempo $3T - 2T$ il volume d'acqua da scaricarsi sarà dato dall'ordinata $3T c - 2T b = 3T \gamma$, essendosi già scaricato nei periodi precedenti i volumi $T a$ e $2T \beta$; e così via nel periodo $4T - 3T$, si scaricherà il volume $4T d - 3T c = 4T \delta$; nel periodo $5T - 4T$ si scaricherà il volume $5T e - 4T d = 5T \epsilon$, ecc.; ossia ogni ordinata consecutiva viene diminuita dell'ordinata precedente, avendosi così in corrispondenza a ciascuna di queste il volume d'acqua da scaricarsi nel periodo di tempo corrispondente; e fra queste ordinate la maggiore indicherà il più forte volume d'acqua da scaricarsi.

È evidente però che i valori delle successive ordinate andranno variando a seconda dell'origine del tempo assunto per le maree; e quindi per stabilire la massima fra le massime, si dovranno considerare diverse origini di tempo.

Divisi per ciò gli spazi: $0 \div T$; $T \div 2T$; $2T \div 3T$; ecc., $(n - 1) T \div nT$ in un dato numero di parti eguali, e ripetuta per ciascuno di questi periodi l'operazione ora esposta, si ottiene così una serie di ordinate $0_1 a_1$; $0_2 a_2$; $T a$; $T_1 \beta_1$; $T_2 \beta_2$; $2T \beta$; $2T_1 \gamma_1$; $2T_2 \gamma_2$, ecc. ecc., e condotta la linea luogo geometrico dei punti $a_1 a_2 a \beta_1 \beta_2 \beta \gamma_1 \gamma_2 \gamma \dots \epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon$, e guidate a questa le tangenti parallele all'asse delle ascisse, nel punto di contatto della più elevata di queste tangenti si avrà quello della curva che indica il massimo volume da scaricarsi, dato dalla sua ordinata, non che nella corrispondente assissa il corrispondente tempo della bassa marea; e quindi i periodi antecedenti e conseguenti di marea, portando a partire da questo punto da destra a sinistra e da sinistra a destra,

e condotta la linea, luogo geometrico dei punti $a, b, c, d, ecc.$, n, B ; questa ci indicherà la legge di variazione dei livelli liquidi nel collettore durante il periodo di tempo τ di deflusso impedito.

4. — *Determinazione della larghezza da assegnarsi alla chiavica di scarico perchè nel tempo di deflusso libero possa smaltire l'acqua accumulata nel collettore.* — Allo scopo di stabilire la larghezza da assegnarsi alla chiavica di scarico, perchè durante il tempo del libero deflusso possa scaricarsi nel bacino di versamento, non solo l'acqua accumulata durante il tempo del deflusso impedito, ma quella ancora che concorre al collettore durante quello di libero deflusso, bisogna risolvere un problema di efflusso a livello variabile.

Detti pertanto:

z ed y , i livelli contemporanei in un dato istante del collettore e del bacino di versamento;

P , la portata unitaria affluente al collettore nello stesso istante;

λ , la complessiva larghezza della chiavica, fungendo questa durante il tempo del suo funzionamento come uno stramazzo rigurgitato, nel consecutivo tempo infinitesimo dt all'istante considerato, sussisterà l'equazione:

$$m \cdot \lambda \sqrt{2g(z+a)} \sqrt{z-y} dt = P dt + 2nL \left(\frac{\chi}{2n} + a + z \right) dz.$$

Integrata questa espressione fra i limiti τ e T , sarà:

$$m \cdot \lambda \sqrt{2g} \int_{\tau}^T (z+a) \sqrt{z-y} dz = \int_{\tau}^T P \cdot dz + 2nL \int_{\tau}^T \left(\frac{\chi}{2n} + a + z \right) dz,$$

essendo m il coefficiente di contrazione dello stramazzo.

Considerato ora che la somma dei due integrali del secondo membro ci rappresenta la portata integrale fra il tempo 0

e T : essendo $\int_{\tau}^T P dz$ la portata integrale fra τ e T , e:

$$2nL \int_{\tau}^T \left(\frac{\chi}{2n} + a + z \right) dz$$

il volume d'acqua che si è immagazzinato durante il tempo compreso fra 0 e τ , risulta che questo secondo membro viene dato dal valore corrispondente all'ordinata TE , che indicheremo con Q_i , e quindi dalla superiore avremo:

$$\lambda = \frac{1}{m \sqrt{2g}} \cdot \frac{Q_i}{\int_{\tau}^T (z+a) \sqrt{z-y} dz} \quad (*)$$

La quale ultima espressione ci darà la cercata larghezza λ della chiavica, una volta eseguita l'integrazione del termine posto al denominatore del secondo membro.

In questo denominatore si hanno tre variabili, ossia z, y, t . Rappresentandoci la y le variazioni di livello del bacino di versamento, soggetto alle variazioni di marea, sarà:

$$y = H \sin^2 \alpha \cdot t,$$

essendo $\alpha = 15^\circ$ per t espresso in ore.

A sua volta pure z sarà funzione di t e di y ; la legge di variazione di z a priori non è nota, però logicamente non potrà scostarsi molto da quella di y che direttamente la influenza (*), e si stima che non ci si allontanerà troppo dal vero, se si adotterà l'equazione (1) di equilibrio per l'apertura delle porte come quella di z in funzione di y , ossia:

$$y = 0,986 \cdot z - 0,014 \cdot a,$$

(*) Nei bacini lagunari, in diretta comunicazione per le bocche dei porti col mare esterno, le variazioni di marea, ritardate, e diminuite d'ampiezza, seguono quelle del mare.

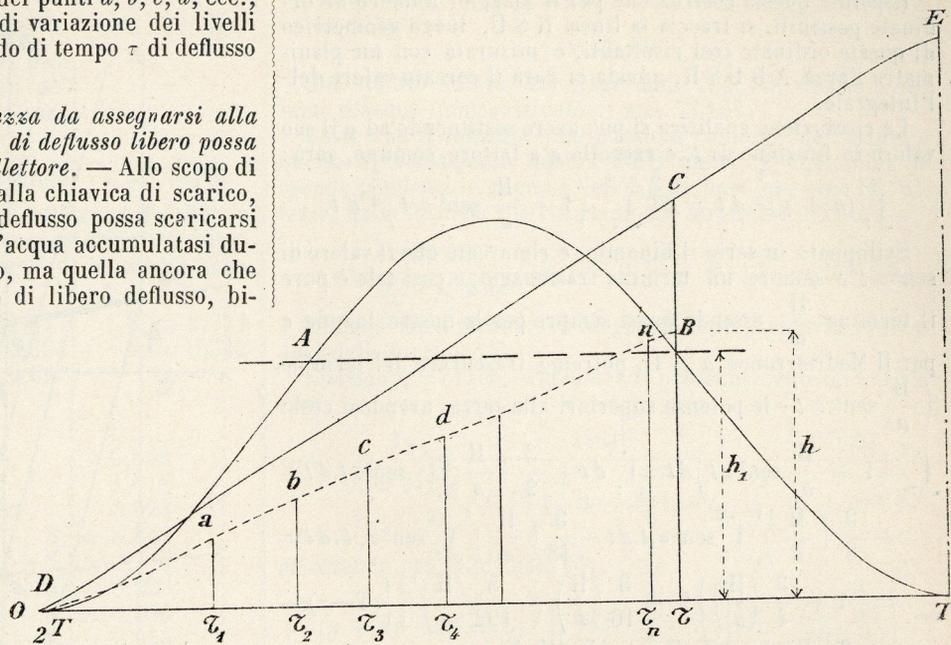


Fig. 66.

dalla quale tosto si deduce:

$$z = 1,014 \cdot y + 0,014 \cdot a,$$

donde:

$$\int_{\tau}^T (z+a) \sqrt{z-y} \cdot dz = 0,12 \int_{\tau}^T (y+a)^{\frac{3}{2}} \cdot dz.$$

Ora $\int_{\tau}^T (y+a)^{\frac{3}{2}} dz$, si può avere dall'area del diagramma ottenuto assumendo come asse delle ascisse i tempi,

come ordinate i successivi valori di $(y+a)^{\frac{3}{2}}$; o eseguendo direttamente l'integrazione.

Più spedito, ed anche si avrà una maggiore esattezza, seguendo il primo procedimento.

Tracciato il tratto di curva mareografica MT (fig. 67), corrispondente al tempo $T - \tau$ di deflusso libero, al di sotto dell'asse delle ascisse si conducono due rette ad esso parallele, e dallo stesso discoste, nella scala delle ordinate, la prima AB della quantità a , l'altra, la CD , della quantità $(a+1)$.

Considerata una ordinata intermedia $EF = y$, prolungata al basso sino all'incontro in H della retta CD , si stabilisce in G il punto di mezzo della sua lunghezza, ed assunto questo come centro, con raggio GH si traccia il semicerchio HLF , centrando quindi in N , posto sulla retta AB , con raggio NH si segna sulla AB il punto P ; condotta la retta PF , da Q , punto d'incontro del cerchio HLF con la retta AB , si guida la QR parallela alla PF , e sarà precisamente (*):

$$NR = (y+a)^{\frac{3}{2}}.$$

(*) Difatti si ha che:

$$FN : NQ = NQ : NH,$$

donde: $NQ = \sqrt{FN \times NH}$

di più: $NF : NP = NR : NQ,$

donde: $NR = \frac{NF \times NQ}{NP},$

ossia: $NR = \frac{NF}{NP} \cdot \sqrt{NF \times NH} = \sqrt{\frac{NF^3}{NP^2}} \cdot \sqrt{\frac{NH}{NP}};$

ma, essendo per costruzione:

$$FN = (y+a); NP = NH = 1;$$

sarà: $NR = (y+a)^{\frac{3}{2}}.$

Ripetuta questa costruzione per il maggior numero di ordinate possibili, si traccia la linea R S U, luogo geometrico di queste ordinate così risultanti, e misurata con un planimetro l'area A B U S R, questa ci darà il cercato valore dell'integrale.

La risoluzione analitica si può avere sostituendo ad y il suo valore in funzione di t , e raccolto a a fattore comune, sarà:

$$\int_{\tau}^T (a + y)^{\frac{3}{2}} dt = a^{\frac{3}{2}} \int_{\tau}^T \left(1 + \frac{H}{a} \operatorname{sen}^2 \alpha t \right)^{\frac{3}{2}} dt.$$

Sviluppato in serie il binomio, e rimarcato che il valore di $\operatorname{sen}^2 \alpha t$ è sempre un termine frazionario, e così tale è pure il termine $\frac{H}{a}$, essendo quasi sempre per le nostre lagune e per il Mediterraneo $a > H$, potremo trascurare del termine $\left(\frac{H}{a} \operatorname{sen}^2 \alpha t\right)$ le potenze superiori alla terza, avendosi così:

$$\begin{aligned} \int_{\tau}^T \left(1 + \frac{H}{a} \operatorname{sen}^2 \alpha t \right) dt &= \int_{\tau}^T dt + \frac{3}{2} \left(\frac{H}{a} \right) \int_{\tau}^T \operatorname{sen}^2 \alpha t . dt + \\ &+ \frac{3}{8} \left(\frac{H}{a} \right)^2 \int_{\tau}^T \operatorname{sen}^4 \alpha t . dt - \frac{3}{48} \left(\frac{H}{a} \right)^3 \int_{\tau}^T \operatorname{sen}^6 \alpha t . dt = \\ &= \left\{ 1 + \frac{3}{4} \left(\frac{H}{a} \right) \right\} \left\{ 1 + \frac{3}{16} \left(\frac{H}{a} \right) - \frac{5}{192} \left(\frac{H}{a} \right)^2 \right\} \left\{ (T - \tau) - \right. \\ &- \frac{3}{8 \cdot \alpha} \left(\frac{H}{a} \right) \left(1 + \frac{2}{8} \left(\frac{H}{a} \right) - \frac{15}{384} \left(\frac{H}{a} \right)^2 \right) \left. \left\{ \operatorname{sen} 2 \alpha T - \operatorname{sen} 2 \alpha \tau \right\} + \right. \\ &+ \frac{3}{256 \cdot \alpha} \left(\frac{H}{a} \right)^2 \left(1 - \frac{3}{12} \left(\frac{H}{a} \right) \right) \left. \left\{ \operatorname{sen} 4 \alpha T - \operatorname{sen} 4 \alpha \tau \right\} - \right. \\ &- \left. \frac{3}{9216 \cdot \alpha} \left(\frac{H}{a} \right)^3 \left\{ \operatorname{sen} 6 \alpha T - \operatorname{sen} 6 \alpha \tau \right\} \right\} \end{aligned}$$

ed essendo mediamente:

$$T = 12 \text{ ore} \quad ; \quad \alpha = 15^\circ = 0,2618$$

sarà:

$$\begin{aligned} \int_{\tau}^T (y + a)^{\frac{3}{2}} dt &= a^{\frac{3}{2}} \left[\left\{ 1 + \frac{3}{4} \left(\frac{H}{a} \right) \left(1 + \frac{3}{16} \left(\frac{H}{a} \right) - \right. \right. \right. \\ &- \left. \left. \frac{5}{192} \left(\frac{H}{a} \right)^2 \right) \right\} (12 - \tau) 3600 + \\ &+ 3 \left(\frac{H}{a} \right) \left\{ \frac{1}{2,09} \left(1 + \frac{2}{8} \left(\frac{H}{a} \right) - \right. \right. \right. \\ &- \left. \left. \frac{15}{384} \left(\frac{H}{a} \right)^2 \right) \operatorname{sen} (30^\circ \tau) - \right. \\ &- \frac{1}{67,02} \left(\frac{H}{a} \right) \left(1 - \frac{3}{12} \left(\frac{H}{a} \right) \right) \operatorname{sen} (60^\circ \tau) + \\ &+ \left. \left. \frac{1}{2412,75} \left(\frac{H}{a} \right)^2 \operatorname{sen} (90^\circ \tau) \right\} \right] \dots (6) \end{aligned}$$

essendo espresso τ in ore.

Stabilito graficamente, o con le formole (1), (2), (3), (4), (5), gli elementi del collettore e della chiavica di scarico, corrispondenti al massimo accumulamento, facilmente si potranno determinare i successivi immagazzinamenti degli altri periodi.

Sia q la portata integrale del periodo di tempo T di uno dei periodi di minori afflussi, essendo per questo fissato λ , dalla (5) si ricava:

$$\int_{\tau}^T (x + a) \sqrt{x - y} dt = \frac{q}{m \cdot \lambda \sqrt{2g}}$$

e posto x in funzione di y , sarà:

$$0,12 \int_{\tau}^T (y + a)^{\frac{3}{2}} . dt = \frac{q}{m \cdot \lambda \sqrt{2g}} \quad (7)$$

Dalla quale espressione si potrà ricavare τ , o ricorrendo al diagramma (fig. 67), estendendo per tentativi la misura dell'area di questo, sino alla corrispondenza del valore del secondo termine; ottenendosi così nell'assissa corrispondente il valore di τ , e nell'ordinata quello di y . Oppure, e forse più speditamente, ricorrendo all'espressione (6), la quale necessariamente deve essere risolta per tentativi.

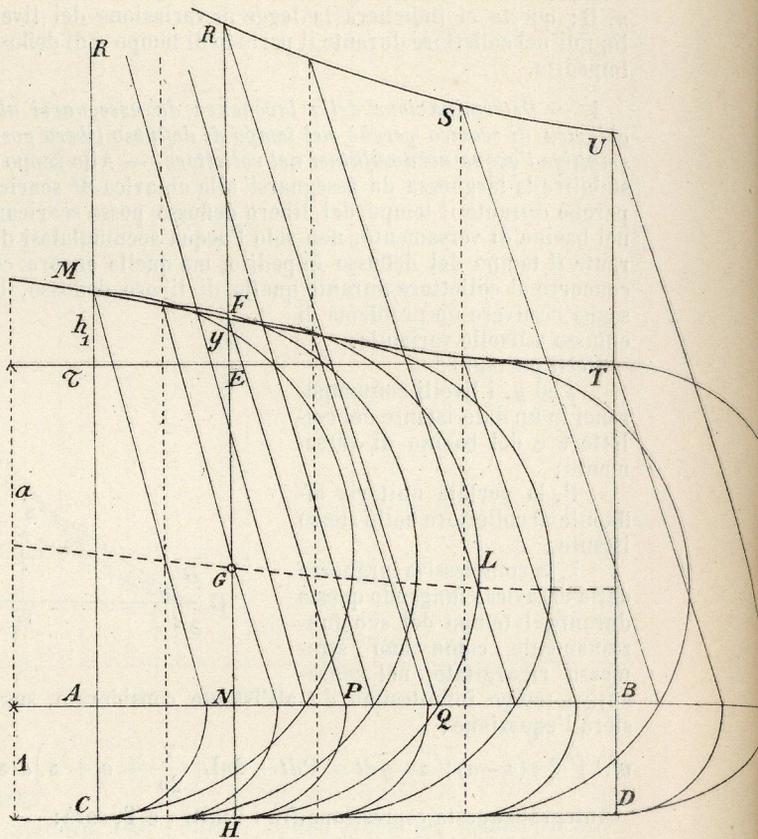


Fig. 67.

Rimarcando che ordinariamente il termine funzione di $\operatorname{sen} \alpha \tau$ è piccolissimo in confronto di:

$$\left\{ 1 + \frac{3}{4} \left(\frac{H}{a} \right) \left(1 + \frac{3}{16} \left(\frac{H}{a} \right) - \frac{5}{192} \left(\frac{H}{a} \right)^2 \right) \right\} (12 - \tau) 3600,$$

per prima approssimazione si potrà scrivere:

$$\left\{ 1 + \frac{3}{4} \left(\frac{H}{a} \right) \left(1 + \frac{3}{16} \left(\frac{H}{a} \right) - \frac{5}{192} \left(\frac{H}{a} \right)^2 \right) \right\} (12 - \tau) = \frac{q}{m \lambda \sqrt{2g} \cdot 432}$$

dalla quale tosto si ricava τ .

Posto ora questo valore nell'espressione trigonometrica, ci si riduce ad un'espressione consimile alla precedente, dalla quale ancora direttamente si deduce un secondo valore di τ ; e così via si ripetono le sostituzioni, sino ad ottenere due valori di τ così poco diversi fra loro, da rendere superflui ulteriori calcoli.

Stabilito τ , tosto si avrà l'altezza h_1 di marea dalla:

$$h_1 = H \operatorname{sen}^2 (15^\circ \tau)$$

e così quella massima d'immagazzinamento dalla:

$$h = 1,014 h_1 + 0,014 \cdot a.$$

5. — Esempio pratico. — Allo scopo di rendere più evidente questo procedimento di calcolo, e nello stesso tempo di mostrarne la sua attendibilità, facciamo un'applicazione.

Sia la superficie del comprensorio:

$$S = 12 \text{ kq.}$$

La durata in giorni di una delle più insistenti piogge

$$t_0 = 2\text{g}, 625$$

L'altezza totale d'acqua caduta per pioggia durante questo periodo di tempo

$$e = 0\text{m}, 05$$

Il coefficiente di versamento:

$$k = 0,70 - \left(\frac{12}{2000} \right)^2 \dots \dots \dots k = 0,70$$

Sarà quindi la portata integrale:
 $Q_1 = 0,70 \times 12 \times 1\,000\,000 \times 0,05 = Q_1 = 420\,000$

Il tempo che impiegherà l'acqua per passare dai punti maggiormente discosti del comprensorio a quello di versamento sarà in giorni:

$$t_1 = 1,085 \sqrt{12} = 3,7544 \text{ per conto tondo } t_1 = 3^s,75$$

Centrato nel punto A di concorrenza dell'acqua (fig. 63), e diviso il comprensorio in dieci zone concentriche con raggi uniformemente crescenti, risulta l'area di ciascuna zona espressa in chm. q.:

$S_1 = 0,642$	$S_2 = 0,976$	$S_3 = 1,477$	$S_4 = 2,754$
$S_5 = 1,921$	$S_6 = 1,432$	$S_7 = 0,854$	$S_8 = 0,542$
	$S_9 = 0,741$	$S_{10} = 0,661.$	

Sarà quindi:

$\tau = 0$	$S_0 =$	0
$\tau = 0,375$	$S_1 =$	$0,642$
$\tau = 0,750$	$S_1 + S_2 =$	$1,618$
$\tau = 1,125$	$S_1 + S_2 + S_3 =$	$3,095$
$\tau = 1,500$	$S_1 + S_2 + \dots + S_4 =$	$5,849$
$\tau = 1,875$	$S_1 + S_2 + \dots + S_5 =$	$7,770$
$\tau = 2,250$	$S_1 + S_2 + \dots + S_6 =$	$9,220$
$t_0 = 2,625$	$S_1 + S_2 + \dots + S_7 =$	$10,056$
$\tau = 3,000$	$S_2 + S_3 + \dots + S_8 =$	$9,956$
$\tau = 3,375$	$S_3 + S_4 + \dots + S_9 =$	$9,721$
$t_1 = 3,750$	$S_4 + S_5 + \dots + S_{10} =$	$9,905$
$\tau = 4,12$	$S_5 + S_6 + \dots + S_{10} =$	$6,151$
$\tau = 4,500$	$S_6 + S_7 + \dots + S_{10} =$	$4,230$
$\tau = 4,875$	$S_7 + S_8 + \dots + S_{10} =$	$2,798$
$\tau = 5,250$	$S_8 + S_9 + S_{10} =$	$1,944$
$\tau = 5,625$	$S_9 + S_{10} =$	$1,402$
$\tau = 6,000$	$S_{10} =$	$0,661$
$t_0 + t_1 = 6,375$		$= 0$

Esteso il diagramma (fig. 64), assumendo come asisse i tempi, e come ordinate i successivi valori delle aree, risulta: $S t_0 = 12 \times 1\,000\,000 \times 2,625 \times 86\,400 = 2\,721\,600\,000\,000$; sarà quindi:

$$\phi = \frac{420,000}{2\,721\,600\,000\,000} = 0,000\,000\,1544.$$

Stabilito ϕ , e misurate le aree successivamente crescenti, delimitate dalle ordinate S_1 ; $S_1 + S_2$; $S_1 + S_2 + S_3$; ecc., $S_8 + S_9 + S_{10}$; $S_9 + S_{10}$; S_{10} ; 0, si hanno i seguenti valori:

$q_1 = 1605,822$	$q_2 = 7258,715$	$q_3 = 19047,225$
$q_4 = 41418,70$	$q_5 = 75483,63$	$q_6 = 117980,37$
$q_7 = 166195,05$	$q_8 = 216250,66$	$q_9 = 265468,35$
$q_{10} = 314558,47$	$q_{11} = 354719,02$	$q_{12} = 380684,81$
$q_{13} = 398263,81$	$q_{14} = 410124,88$	$q_{15} = 418494,16$
$q_{16} = 419352,20$	$q_{17} = 420000.$	

Estesi i diagrammi (fig. 64-65), si trova che il massimo accumulamento si verifica al termine della marea fra il giorno 1,97 e 2,47, con un accumulamento totale di mc. 73616, il quale risulta così ripartito:

	Ora di marea												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Accumulamento in m. c.												
	0	6200	12600	18750	24872	30969	37199	43509	49517	55747	62058	68178	73616

Negli stessi tempi, posta che l'altezza massima di marea sia $H = 4^m,00$, come ha luogo alcune volte nei lidi veneti, sarà:

	Altezza di marea in m.												
	0	0,067	0,250	0,500	0,750	0,933	1,000	0,933	0,750	0,500	0,250	0,067	0

Posto che l'alzamento massimo sul livello di bassa marea nel collettore sia di m. 0,70, sarà la corrispondente altezza di marea:

$$h_1 = 0,986 \times 0,70 - 0,014 \times 3 = 0,649$$

supposto che l'altezza dell'acqua al disotto del livello di bassa marea nel collettore sia di m. 3.

Ciò posto sarà il tempo τ al quale corrisponde questa altezza di marea:

$$\tau = 3,82 \text{ arco sen } \left\{ \pm \sqrt{\frac{0,649}{1,000}} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{col segno} + 3^h,56 \\ \text{col segno} - 8^h,44. \end{array} \right.$$

Dei due valori si deve assumere il maggiore, e per conto tondo si porrà:

$$\tau = 8^h,50.$$

Con questo valore, dal diagramma (fig. 66) risulta il volume d'acqua immagazzinato di mc. 53 127.

Posto che il collettore dal punto di riunione dell'acqua a quello di versamento misuri 2500 metri, e che abbia le sponde pendenti in ragione dell'1,5 di base per uno di altezza, dalla formola (3) risulta la sua larghezza in base:

$$\lambda = \frac{53\,127}{0,70 \times 2500} - 1,5 (0,70 + 2 \times 3) = 20^m,31.$$

Rimane ora a stabilire la larghezza λ della chiavica, valendoci della formola (5).

Essendo $q_1 = 73616$, ed assumendo prossimamente $m. = 0,52$, sarà:

$$\lambda = \frac{1}{0,52 \sqrt{2g}} \cdot \frac{73616}{0,12 \int_{\tau}^T (y+a)^{\frac{3}{2}} dt} = \frac{267620}{\int_{\tau}^T (y+a)^{\frac{3}{2}} dt},$$

ed essendo per la formola (6):

$$\int_{\tau}^T (y+a)^{\frac{3}{2}} dt = (3)^{\frac{3}{2}} \left\{ \left[1 + \frac{3}{4} \left[\frac{1}{3} \right] \right] \left(1 + \frac{3}{16} \left[\frac{1}{3} \right] - \frac{5}{192} \left[\frac{1}{3} \right]^2 \right) \right\} (12 - 8,5) 3600 + 3 \left\{ \frac{1}{2,09} \left(1 + \frac{2}{8} \left[\frac{1}{3} \right] - \frac{15}{384} \left[\frac{1}{3} \right]^2 \right) \text{sen}(30^\circ \cdot 8,5) - \frac{1}{67,02} \left[\frac{1}{3} \right] \left(1 - \frac{2}{12} \left[\frac{1}{3} \right] \right) \text{sen}(60^\circ \cdot 8,5) + \frac{1}{2412,75} \left[\frac{1}{3} \right]^2 \text{sen}(90^\circ \cdot 8,5) \right\} = 17361,6$$

e quindi:

$$\lambda = \frac{267620}{17361} = 15,42,$$

ossia occorrono tre luci, larghe ciascuna m. 5,12, e posti gli stipiti intermedi della larghezza di m. 2,50, la lunghezza complessiva del manufatto risulterà di m. 20,42.

6. — Osservazioni. — Nello svolgimento di calcolo esposto si suppone che nel collettore l'acqua abbia a muoversi a strati orizzontali, come si fa nella risoluzione dei vari problemi di efflusso a livello variabile, il che realmente non avrà luogo, occorrendo sempre una certa pendenza in superficie, essendo vario il moto dell'acqua lungo il canale. Considerata però la larghezza che è necessario di assegnare al collettore perchè funga da bacino, questa pendenza riescirà minima e affatto trascurabile nei comuni casi della pratica.

Se infatti supporremo, nell'esposto esempio, che il canale per un istante fosse a moto uniforme, e la sua portata fosse pari al medio deflusso delle tre ore e mezza, corrisponderebbe a circa mc. 7 per secondo, con la quale portata, supposto il fondo con pari pendenza della superficie libera, si avrebbe quest'ultima dalla (formola del signor Bazin):

$$i = 0,00013225 \left\{ 1 + \frac{1,3}{\sqrt{R}} \right\}^2 \frac{(7)^2}{S^2 \cdot R},$$

ed essendo in corrispondenza alle basse maree:

$$S = 74,43 \quad ; \quad R = 2,382$$

sarà:

$$i = 0,000\,001\,669.$$

E quindi per l'estesa di 2500 m. all'estremo in queste condizioni, si avrebbe un alzamento di m. 0,00417, assolutamente trascurabile; si aggiunga che questo alzamento sarà anche minore per il fatto che il fondo è disposto orizzontalmente.

Padova, Luglio 1900.

Ing. GIACINTO TURAZZA.

ESPOSIZIONE UNIVERSALE DEL 1900 A PARIGI

LA PORTA MONUMENTALE

(Veggasi la Tavola XI)

L'architetto. — Senza tema di errare, si può dire che mai edificio fu così magnificato e portato alle stelle come la Porta monumentale dell'Esposizione, in piazza della Concordia, prima ancora che se ne conoscesse il progetto, e successivamente quando fu presentato in bellissimi disegni prospettici, acquerellati con bravura; ma si deve egualmente affermare che nessun edificio dell'odierna Esposizione è stato, a cose fatte, più criticato ed a bello studio dimenticato di questo. Ora appunto per tale contrasto e per trovar la via di mezzo tra le opposte esagerazioni del prima e del poi, l'Ingegneria crede conveniente dedicare un capitolo all'opera dell'architetto e pittore, signor Renato Binet.

Giovanissimo, poichè egli è nato nel 1866 (a Chaumont-sur-Yonne), simpatica figura di artista, studioso, appassionato ricercatore di nuove forme d'arte, a cui vistosi premi hanno permesso di visitare la Spagna, l'Italia e l'Africa Settentrionale, riportandone una collezione di rilievi e di vivaci acquerelli, ammirati in pubbliche Esposizioni o acquistati dallo Stato pel Museo del Lussemburgo, il signor Binet non è il primo venuto... Vincitore del secondo premio assieme al Deglane nel concorso del *Grande palazzo*, l'architetto Binet, come i nostri lettori sanno, non aveva accettato di essere semplicemente aggiunto del suo Collega nell'ispezione dei lavori, e gli si offrì in compenso la costruzione delle due Porte principali di entrata ai Campi Elisi, da elevarsi, l'una sulla piazza della Concordia in capo al Corso della Regina, l'altra sull'*avenue* dei Campi Elisi, sull'asse della nuova via Nicolas II, che per il nuovo Ponte Alessandro III conduce agli Invalidi.

Come mai delle due Porte principali siasi effettivamente provveduto all'erezione di una sola, limitandosi a determinare gli ingressi dal lato dei Campi Elisi con una bassa cancellata in semicerchio di 50 m. di diametro, ben non sappiamo. Certamente il desiderio di non occultare per nulla la vista, dalla *avenue* dei Campi Elisi, della lontana Cupola degli Invalidi, e di tutto il panorama limitato dal grande e dal piccolo Palazzo; fors'anche la difficoltà materiale dell'incontro assai obliquo dell'asse della nuova *avenue* con quella dei Campi Elisi, furono i motivi principali che obbligarono il signor Binet a limitarsi ad un edificio unico.

Se si dà un'occhiata alla Tav. V, si vede subito che se questa Porta forma la sentinella più avanzata verso il centro di Parigi, è anche quella più discosta dai fabbricati della Mostra... E contrariamente alle fatte previsioni, è proprio questo il meno frequentato degli ingressi. Rimediando in parte alle enormi distanze da percorrersi a piedi una volta che si è dentro al recinto, la massa dei visitatori preferisce di usufruire il più possibile dei molteplici mezzi di trasporto che sono a sua disposizione per arrivare ora in uno ora in altro dei punti più centrali dell'Esposizione, valendosi all'uopo delle numerose porte d'ingresso. Perfino il Presidente della Repubblica, lo si può ricordare, non pensò punto, il giorno dell'inaugurazione, ad attraversare questa specie di arco trionfale inneggiante alle meraviglie dell'ingegno e del lavoro...

La pianta. — La Porta monumentale, che è disegnata in pianta nella fig. 68, si compone essenzialmente di tre arconi a pien centro, di circa 20 m. di diametro, limitanti un'area triangolare coperta da cupola emisferica di 19 m. di diametro. I piedritti dell'arco principale si raccordano a

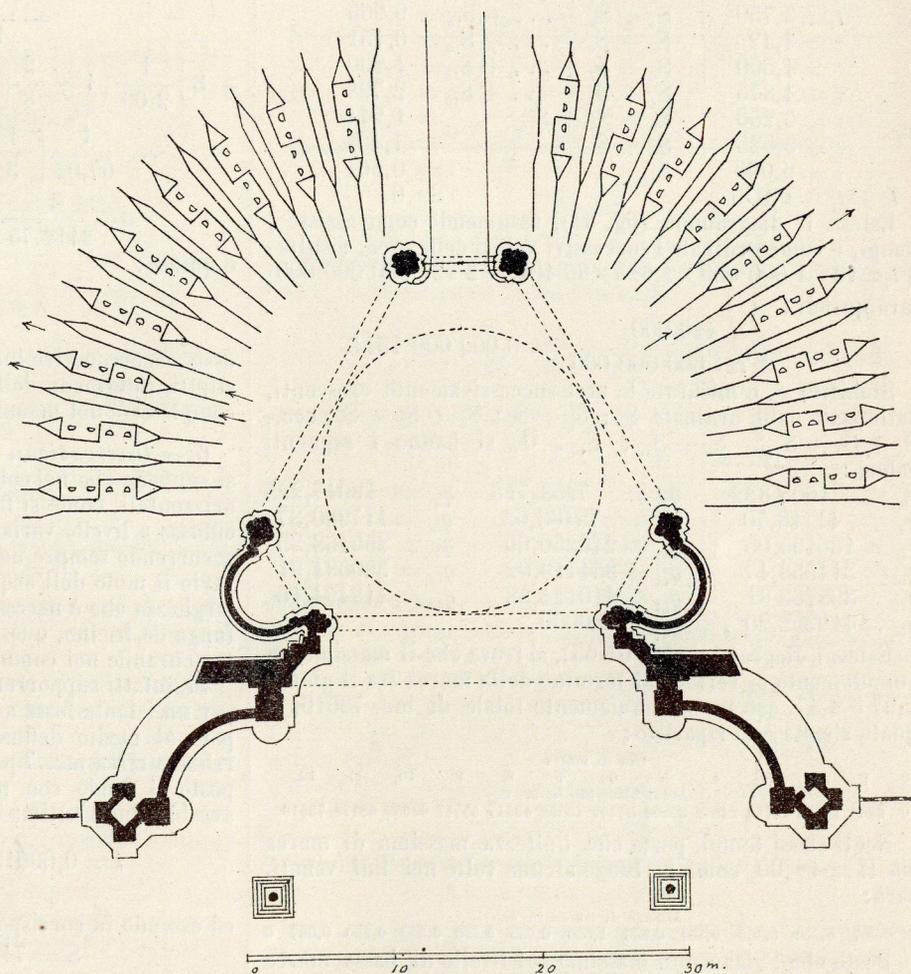


Fig. 68. — Planimetria della Porta monumentale.

due ali arcuate, di poca elevazione, formanti esedra, le quali, dopo uno sviluppo circolare di m. 9,50, fanno capo ciascuna ad un minareto di 43 metri d'altezza.

L'area triangolare coperta, determinata dai tre arconi suddetti, è accessibile a tutti, e per entrare effettivamente nel recinto dell'Esposizione, i visitatori trovano a destra e

sinistra, all'infuori dei due arconi laterali, ed a cielo scoperto, distribuiti a raggiera su due settori circolari, n. 32 *quichets* di controllo dei biglietti d'ingresso.

La pianta triangolare, come si disse, ad angoli smussati dà luogo a 6 piloni polistili, pure raccordati fra loro da archi minori a tutto sesto: la loro distanza da asse ad asse è m. 7,30; quelli verso la parte anteriore formano stipite a due nicchie, come indica la fig. 68; fra gli altri due è aperto un passaggio con cancellata, da cui avrebbero dovuto transitare le vetture dei Sovrani e Principi stranieri, che si sperava di veder onorare di una loro visita l'Esposizione. Adesso serve per uscita del pubblico.

*

Prospetto della Porta. — Come elevazione offriamo ai lettori la Tavola XI, che è tratta da fotografia presa dal vero, con la macchina disposta in corrispondenza dell'asse dell'edificio. Apparece benissimo nel fondo l'ora descritta arcata per ingresso carraio, coi piedritti, da cui si dipartono gli arconi maggiori determinanti le due facciate secondarie; l'arcone anteriore si vede completo di prospetto, e così le esedre di invito che vi si raccordano.

Come queste esedre siano sormontate dalle slanciate guglie o fari, mostra ad evidenza la Tavola, e così pure quale forma abbia voluto dare l'autore al frontone, che costituisce il motivo architettonico più importante della facciata che guarda sulla piazza della Concordia. Molti dei particolari decorativi sono anche a sufficienza resi manifesti senza bisogno di speciali figure delineate in maggior scala.

Sarebbe cosa troppo difficile dire a quale stile architettonico debba ascrivere la Porta monumentale del sig. Binet; ma non siamo del parere di coloro che hanno creduto di vedervi un miscuglio di stili diversi, ed hanno parlato di pelagico, di moresco, di bizantino e perfino di gotico del XV secolo...

Evidentemente il signor Binet deve essersi riportato colla immaginazione alle costruzioni dell'estremo oriente nel concepire un'opera piena di movimento, di colore e di sorprese; ma si è lasciato poi condurre nel delinearla dal proprio gusto personale, e la sua matita nel decorarla fu pure guidata da una fantasia tutta sua particolare.

Esaminata nel suo insieme, la Porta monumentale non è una copia, che ci richiami in alcun modo a cosa dianzi veduta. E questo è già di per sé stesso un pregio, che può essergli invidiato da molti de' tanti edifici e piccoli e grandi, e stabili e temporanei, eretti dal genio di architetti francesi, o da quello delle altre Nazioni, dai Campi Elisi al Trocadero, dal Campo di Marte agli Invalidi. L'architetto Binet ha dunque diritto al nostro encomio: *ha tentato del nuovo!*

Ma quella Porta, che fu detta Monumentale prima ancora che se ne conoscesse il disegno, non è riuscita nel suo insieme che una gran calotta di ferro, fiancheggiata da due minareti troppo sottili; e lo spirito popolare, che non è sempre di buona lega, e che si esercita d'altronde anche sul resto dell'Esposizione, l'ha battezzata con poca riverenza la *Salamandra*, per una certa rassomiglianza di forma con un noto apparecchio di riscaldamento.

Fatalmente è vero che la Porta monumentale non è riuscita a dare quella impressione di grandiosità che si avrebbe diritto di attendere dalle sue proporzioni e dall'aver costato oltre a 750 mila franchi. Ma il difetto è in gran parte comune a tutte le costruzioni metalliche, a cui vien meno l'imponenza della massa quanto maggiori ne sono le proporzioni. La Porta monumentale ha tutta l'apparenza di uno strano gingillo di ceramica traforata; ma quando la sera, verso il tramonto, gli ultimi raggi di sole ne attraversano per di dietro e quasi orizzontalmente i trafori, l'impressione

che se ne riceve è straordinaria. E quando la notte le lampadine, di cui è tutta ingemmata, la trasformano in una fantasia luminosa vaghissima, tutti quei trafori, che sono in pieno giorno tanti spiragli di luce, diventano altrettanti buchi neri, che danno bellissimo risalto a tutte le varietà di luci colorate.

La Porta monumentale non è bella, non è grandiosa. Ma fra i suoi molti particolari ve ne sono di bellissimi e nuovi, che non ricordano alcuno dei soliti usuali, che non riproducono forme d'uomini o d'animali, nè si improntano alla flora usuale. Sono evoluzioni bizzarre e graziose di una fantasia originale. E chi volesse trovare in natura un qualche riscontro di quella decorazione, potrebbe vederlo forse col microscopio nel mondo dell'infinitamente piccolo; vi sono pezzi di gesso che ricordano certe foraminifere, e la loro applicazione ci sorprende e ci piace.

*

Qualche particolare. — La più importante e pregevole decorazione è senza dubbio costituita dal fascione in altorilievo sulla parte cilindrica dell'esedra, benchè il modo vigoroso ed eccessivamente verista con cui è stato trattato, contrasti col carattere esotico e fantastico dell'edificio.

Sono due fregi pieni di vita e di movimento, alti m. 2, lunghi m. 9,50, in cui lo scultore Anatolio Guillot rappresentò il contributo delle arti e delle industrie alla riuscita della Mostra mondiale, quasi a glorificazione di tutti gli umili lavoratori che vi collaborarono. Tentiamo di darne idea colle due fig. 69 e 70. Accresce interesse a questo fregio la materia con cui è stato fatto, il grès; è noto il progresso che questo genere di ceramica ha fatto da dieci anni a questa parte nelle costruzioni; nella Esposizione del 1889 ne era già apparso qualche incerto tentativo, specialmente nel padiglione della Città di Parigi; ma d'allora in poi l'uso del grès si è propagato, anche per la decorazione degli edifici. Domina nel grès una tinta grigia con certe strie rossastre prodotte dai colpi di fiamma, che danno all'insieme un aspetto di lava naturale.

La riproduzione in grès dei due fregi fu eseguita dalla Ditta E. Muller, spalmando poi tutto il fregio con vernice *mordorée*.

Tra questo fregio e lo zoccolo dell'esedra ricorre una fascia scompartita a pannelli, in cui appaiono in incavorilievo degli animali, come tigri, leoni, orsi, tori, ecc. Questo fregio (più in carattere del precedente) fu eseguito in grès dallo scultore Jouve.

Sul cucuzzolo del frontone, che forse avrebbe finito meglio senza altre sovrapposizioni, dopo molti studi e discussioni (l'autore non voleva una delle troppo abusate *Fame*), fu innalzata una statua femminile quasi quattro volte il vero, opera del giovane scultore Moreau-Vauthier, colla quale si volle personificare la città di Parigi, la Parigi moderna, in atto di ricevere gli invitati all'Esposizione. La statua sollevò critiche e polemiche; e la si voleva abbattere, ma poi restò al suo posto. Il suo autore, che è un premiato di Roma, aveva presentato questa sua Parigina ad una delle passate Esposizioni; quindi il torto non è suo, ma degli architetti che l'hanno prescelta, senza badare che una figurina graziosa può diventare grottesca se ingrandita in proporzione eccessiva. È una dama in abiti moderni, con una specie di tunica aperta, tutta orlata di pelliccia, che sta diritta su di un globo, con le braccia pendenti, in atto d'accogliere i visitatori; in capo ha un diadema in forma di prua di nave. La quale prua di nave (si sa che lo stemma di Parigi reca un bastimento fluttuante) ritroviamo a formare vistoso rostro nel centro del frontone. Buon particolare trattato bene. La polèna è formata da una figura seminuda di donna, e sul-



Fig. 69 e 70. — Fregio del *Lavoro*, dello scultore Anatolio Guillot.

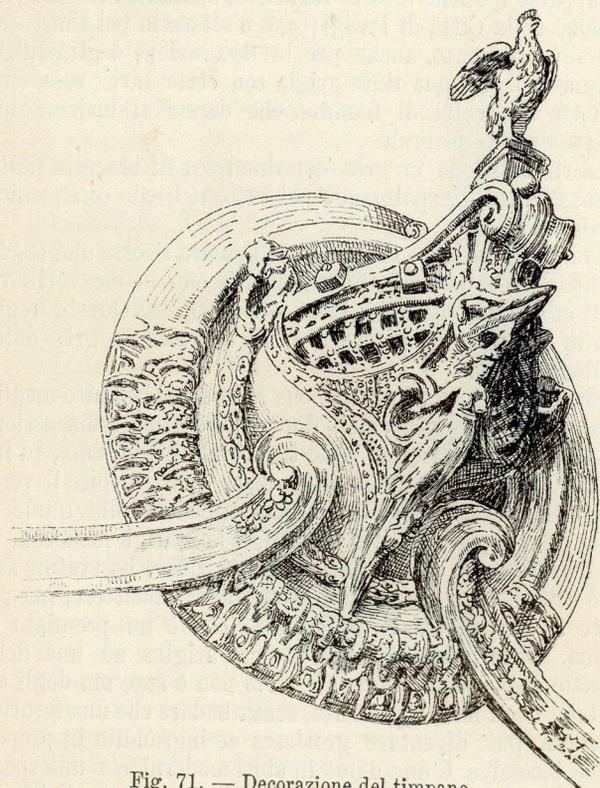


Fig. 71. — Decorazione del timpano.

l'alto della prua s'aderge ad ali spiegate il gallo francese, come si vede sullo schizzo 71.

Riccamente trattato lo strombo di raccordo del frontone coll'arco interno a pien centro, che è guarnito da frangia con stelle a traforo. In quello squarcio si osserva un seguito di

rosioni o scudi contornati da fiorami e da fascie inclinate, con meandri e mensole sporgenti (Vedi fig. 72).

Un particolare degno di menzione è parimenti la base delle due antenne (fig. 73) collocate sul dinnanzi della Porta monumentale, a quella guisa dei tre stili bronzei che fronteggiano la basilica di S. Marco in Venezia.

Vi sarebbero inoltre da citare le due colossali statue dell'elettricità, eseguite dal Jondet e collocate nelle nicchie del gran vestibolo; ma sono due figure eguali, rigide, stilizzate o simmetriche, così male imbrattate di giallo, di verde e di azzurro, che proprio non vale la pena di trattarne.

*

La cupola. — Sulla Tavola nostra in fototipia la cupola della Porta monumentale è completamente nascosta. Perciò rimandiamo il lettore alla pag. 106, dove, benchè in piccolo, si scorge quell'edificio visto di fianco (fig. 50). Trattasi di una cupola emisferica divisa a 12 spicchi da nervature e riquadri: superiormente è aperta (come quella del *Pantheon* di Roma) e adorna da una specie di corona.

Come l'autore sia passato dalla pianta triangolare equilatera a quella circolare, indicherà lo schizzo 74. Prima osserveremo però come tutta l'ossatura dell'edificio sia di metallo, fatta di centine e di travi a traliccio; il rivestimento è di assicelle di legno e sul legno fu appiccicato lo *staff*.

Sulle spalle dei tre arconi A, A, A, determinanti il triangolo di base, appoggiano altri archi di ordine secondario *a*, *a*, *a*, i quali danno alla loro volta uno degli appoggi ad altri archi più piccoli *a'*, *a'*..., cosicchè si passa ad un dodecagono regolare. Un cornicione a mensole forma infine il raccordo colla volta a bacino completamente dorata.

L'impiego del ferro ha potuto permettere che i tre pennacchi di sostegno della cupola potessero presentare quella serie di disegni a traforo, visibilissimi sulla Tav. XI, e sui quali tanto assegnamento faceva l'autore per effetti fanta-

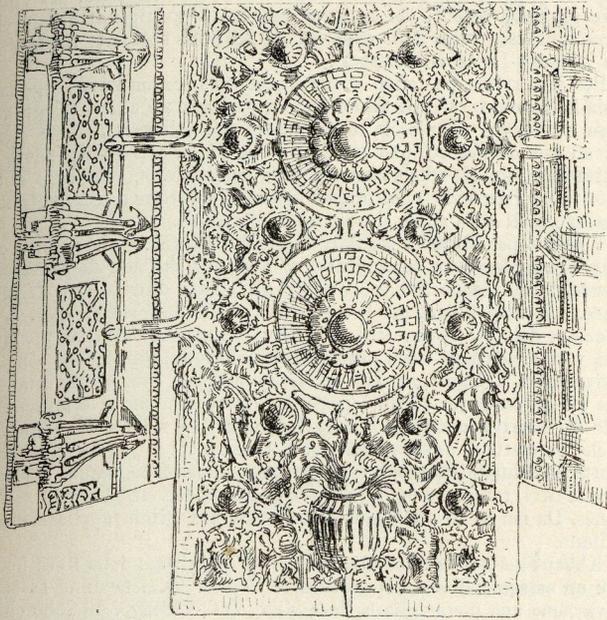


Fig. 72. — Particolare della strombatura dell'arco principale.

stici specialmente all'ora del tramonto. Il pennacchio, visto di prospetto, corrisponde appunto ad ovest.

L'effetto luminoso molto preoccupò l'architetto Binet, che non esitò a tempestare la porta di oltre 3000 lampade elettriche a colori, di fari e di riflettori; ma all'atto pratico l'esito è stato inferiore all'aspettativa. Così pure non riuscì la coloritura, che pareva dovesse essere di una smagliante policromia. Predomina il celestognolo col bianco e l'oro, con qualche nota più brillante qua e là. Anche la *parigina* ha il mantello celeste, e le vesti scintillanti d'oro. I bulbi delle lampade elettriche, alcuni sono gialli, gli altri azzurri di varia intensità.

Anche l'applicazione del vetro come materiale da costruzione per parte del signor Binet, se, ad esempio, si confronta con quanto un altro architetto seppe escogitare al Campo di Marte nel *Palazzo dell'elettricità*, può dirsi fallita.

*

Ingressi all'Esposizione. — Una delle novità che avrebbe dovuto offrire la Porta monumentale, e sulla quale tanto fu insistito dagli apologisti, era la possibilità che questa porta doveva offrire di poter far passare nel recinto della Mostra ben 60 mila persone per ogni ora (altro erroneo preventivo!), senza tema di agglomeramenti e pericoli.

La grande scoperta dell'architetto consisteva in questo. Egli aveva disposto 29 *quichets* a destra ed altrettanti a sinistra, metà più bassi del pavimento, metà più elevati, con piani inclinati di ascesa e discesa di raccordo, in modo da permettere, con una differenza complessiva di livello di m. 2,05, un'altezza sufficiente alle garitte dei bigliettinai del piano inferiore; chè, disposte allo stesso livello, queste garitte avrebbero occupato da sole lo spazio destinato ai passaggi. Secondo questa disposizione (che molti giornali hanno continuato a descrivere come se realmente fosse poi stata adottata), si calcolava che per ogni corridoio potessero transitare 17 persone al minuto, ben inteso col loro bravo biglietto in mano per presentarlo al primo finestrino ad un impiegato per il controllo e poi ad un secondo ad altro impiegato che lo ritira. Così $17 \times 58 \times 60 = 59\ 160$.

La disposizione era ingegnosa, ma antiestetica e non troppo comoda. L'autore ha realmente collocato poi tutti

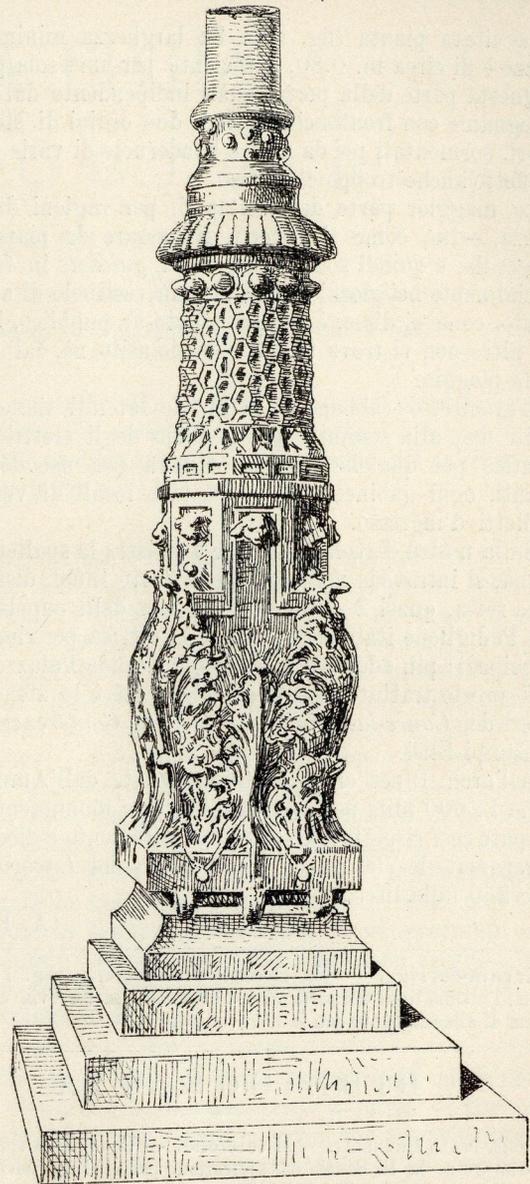


Fig. 73. — Base di antenna porta-bandiera.

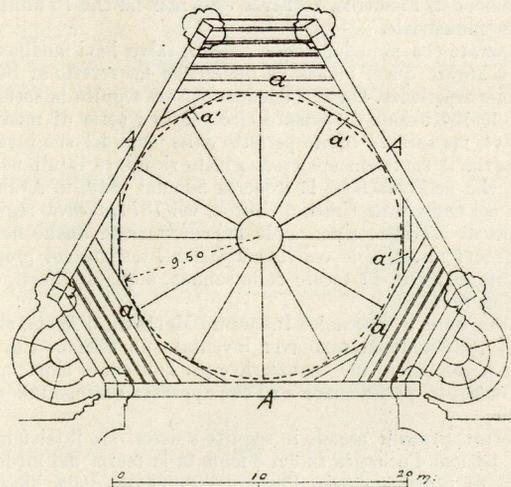


Fig. 74. — Pianta schematica della cupola.

gli ingressi ad un solo livello alquanto sopraelevati, limitandone il numero e disponendo i casottini a coppie, uno aperto da un lato, l'altro dall'altro, come chiaramente apparisce

dalla citata pianta (fig. 68). La larghezza minima delle viuzze è di circa m. 0,80, sufficiente per una sola persona.

Questa parte della porta, quasi indipendente dal resto, è in legname con frontoncini recanti due ordini di stemmi a colori, sormontati poi da aste e banderuole di varie nazioni, di effetto anche troppo chiassoso.

La maggior parte dei visitatori, per ragioni di convenienza, evita, come si avvertì, di passare da piazza della Concordia, e quindi sono pochissimi i *guichets* in funzione, specialmente nei giorni feriali. Il gran vestibolo di accentrimento, come si disse, è sempre aperto al pubblico, il quale per altro non vi trova troppo comodo asilo nè dal sole, nè dalla pioggia.

L'architetto (abbenchè le guglie laterali siano praticabili fino alla sommità per servizio degli elettricisti) dimenticò poi qualche piccola camera per uso dei sorveglianti, ogni gabinetto di necessità e locali di vendita di biglietti d'ingresso.

Sulla nostra Tavola apparisce a sinistra la spalletta della Senna, si intravede nella nebbia la torre Eiffel, distante, in linea retta, quasi 2 chilometri, ed una delle cupole minori del Padiglione italiano; a destra la tettoia per rimessa dei velocipedi; più addietro il Piccolo e Grande Palazzo, di cui sarà presto trattato. Attraverso la Porta è lo sfondo degli alberi del *Cours-la-Reine* (o *Quai de la Conférence*) in capo ai Campi Elisii.

All'arch. Binet erano state assegnate dall'Amministrazione L. 600 mila per costruire la Porta monumentale: ma neppure così rispettabile somma fu sufficiente e dicesi siansi oltrepassate le 750 mila. Il solo fregio del *Lavoro* è valutato 250 mila lire.

A. FRIZZI.

Errata-corrige. — Nel fascicolo precedente, a pag. 170, 2ª colonna, l'ultima linea del testo va corretta così: la ferrovia dei Moulins de l'allacciamento con la ferrovia dell'Ovest.

BIBLIOGRAFIA

Dott. ITALO BRUNELLI. — Il telefono. — Conferenza sperimentale tenuta presso la R. Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri in Roma, il 6 maggio 1900. — Op. in-8°, di pag. 19, con 18 figure nel testo. — Roma, tip. Elzeviriana. Prezzo L. 0,75.

Il conferenziere esordisce con alcuni *cenii storici*, ricordando che sebbene il telefono abbia fatto la sua prima apparizione nel 1876 all'Esposizione di Filadelfia, tuttavia esso non ha che 15 anni di vera esistenza industriale.

L'apparato che noi adoperiamo oggidì, salvo lievi modificazioni di forma, è ancora quasi identico a quello che ha servito al Bell per le sue prime esperienze. Onde il telefono non ha seguito la sorte comune a tutte le invenzioni, di passare cioè per una serie di modificazioni successive, ma sarebbe uscito perfetto dalle mani del suo inventore.

Tuttavia il conferenziere crede giusto ricordare l'italiano Antonio Meucci, che ne aveva fatto la scoperta fino dal 1849, in Avana, e stabilitosi poi negli Stati Uniti, a Clifton, nel 1871, faceva registrare la domanda di brevetto, rinnovando la registrazione finchè non gliene mancarono i mezzi, e le cui rivendicazioni, tentate col processo del 1884, furono messe in tacere colla somma, a quanto dicesi, di mezzo milione di lire.

Ricorda pure il meccanico Innocenzo Manzetti, d'Aosta, che i giornali del 1865 annunziavano aver inventato un telefono elettrico, ma che per le condizioni sue finanziarie e per l'avvenuta morte a poca distanza non poté perfezionare ed i cui apparati rudimentali andarono dispersi.

Il dottor Brunelli prende in seguito a descrivere il telefono, a spiegare le nozioni d'acustica su cui è fondata la teoria del medesimo ed il modo di funzionamento. Parla dell'influenza della linea, dell'influenza della voce, della piccolissima intensità della corrente telefonica, del microfono, del circuito microtelefonico e di quanto occorre a completare una stazione telefonica.

Descrive l'ufficio telefonico centrale di Bologna che può servire per 500 abbonati; quello di Roma, ultimato nello scorso anno, con un bel commutatore multiplo della capacità totale di 5000 abbonati. Tocca la questione molto dibattuta in questi giorni dell'ufficio centrale

unico o di parecchi uffici centrali distinti in una medesima città, accennando agli studi e tentativi, specialmente in America, per eliminare gli inconvenienti dei grossi commutatori multipli attuali, e cita il commutatore unico della capacità di 20 mila abbonati impiantato ora in Saint-Louis del Missouri.

Per il servizio tra città e città occorrono commutatori speciali; ossia le linee interurbane fanno capo in generale all'ufficio telegrafico, dove è disposto un piccolo commutatore per collegare le linee stesse sia ad una cabina, cui può accedere il pubblico, per corrispondere direttamente, sia all'ufficio centrale della rete urbana, onde ogni abbonato può corrispondere dal proprio domicilio e parlare con un abbonato qualunque di altra città, che si trovi a domicilio.

Venendo per ultimo a studiare il circuito esterno, ossia la linea che serve a completare la comunicazione, il dottor Brunelli fa rilevare la necessità del doppio filo per evitare gli effetti d'induzione di altre linee, e la convenienza per le reti urbane delle linee sotterranee. L'invenzione del cavo di parecchi conduttori isolati con carta ha prodotto una vera rivoluzione nella pratica della telefonia. Questi cavi sono relativamente a buon mercato, ed occupano poco spazio; un condotto che avesse posto per 80 fili coperti di gutta-perca, potrà comprendere 408 fili isolati con carta, e la capacità di questi è ridotta ad un quarto, il che permette di quadruplicare la distanza a cui si può corrispondere. Tutte le Amministrazioni e Compagnie Americane hanno adottato questi cavi, tanto che oggidì per tre quarti le reti urbane sono sotterranee. Da noi se ne sta facendo solamente una prima applicazione in Milano.

Abbandonato l'uso dei fili di ferro, la lunghezza della linea non è più un ostacolo alla corrispondenza telefonica. Qualche anno fa si citava come una meraviglia la linea New York-Chicago, di 2530 chilometri; la massima distanza a cui oggi si telefona direttamente è di 3540 chilometri fra Boston e Galveston. In Europa abbiamo linee abbastanza lunghe: Parigi-Marsiglia (800 km.); Berlino-Budapest (970); Berlino-Memel (1012); Berlino-Parigi (1200).

Il solo ostacolo che si incontra è nella spesa del rame, dovendosi adoperare fili in generale di 5 mm., il che significa per il doppio filo kg. 350 di rame e quindi una spesa di circa mille lire al chilometro per il solo conduttore. Onde si comprende quale rivoluzione e quanta economia porterebbe sugli impianti l'invenzione di un *relais* telefonico che analogamente al *relais* telegrafico, applicato in stazioni intermedie, permettesse la riproduzione successiva della parola, non rendendo più necessario l'uso dei grossi fili diretti. Pochi mesi or sono una potente Compagnia americana prometteva il *premio di un milione di dollari* per tale invenzione, ed altro premio di 5 milioni di lire, per l'invenzione di un sistema telefonico a trasmissione multipla, che assicurasse un maggior rendimento alle linee presentemente in uso.

Sono pure oggetto di continui studi i sistemi di commutazione automatica per la soppressione degli impiegati negli uffici centrali, la questione degli abbonamenti ed il modo di percepire le tasse, che hanno tanta influenza sulla diffusione del servizio.

*

E qui molto opportunamente il conferenziere deplora che mentre all'estero tali questioni sono seriamente studiate, da noi quasi nessuno si occupa di telefonia, e l'Italia, che nella maggior parte delle applicazioni elettriche si mantiene in prima linea, in fatto di telefonia occupa pur troppo l'ultimo posto.

Così, ogni diecimila abitanti noi non contiamo che 4 abbonati, mentre l'Austria ne ha 10, la Francia 12, Belgio e Olanda 20, la Germania 33, l'Inghilterra 39, il Lussemburgo 72, e oltre a 110 la Svezia e la Svizzera.

La ragione principale di questa nostra inferiorità, secondo il dottor Brunelli, va ricercata nella legge sul servizio telefonico del 1892, tuttora vigente, la quale sanziona il principio del monopolio privato.

Una Società sceglie le sole città dove è più sicura di lauti guadagni, ed in queste, essendo esclusiva padrona del campo, preferisce di avere un piccolo numero di abbonati che possono pagare una tariffa elevata, anzichè estendere la propria rete e quindi i benefici del telefono a tutta la cittadinanza; poichè il costo di un ufficio centrale cresce col quadrato del numero degli abbonati, e il moltiplicarsi delle linee aeree aumenta le difficoltà degli impianti.

Se la telefonia urbana negli altri Stati è progredita, è perchè quasi dappertutto il servizio è passato nelle mani del Governo, il quale può con maggior impegno dedicarsi a diffonderlo, sapendo pure di ricavarne un utile indiretto nel secondare lo sviluppo delle industrie e del commercio.

La Germania nel 1897 e nel solo servizio interurbano ha guadagnato circa 25 milioni di lire, cioè più del doppio di quanto l'Italia ricava dalle poste e dai telegrafi uniti insieme.

Ond'è a far voti che almeno il nuovo progetto di legge, col quale, se non a migliorare il servizio urbano, si riuscirà ad iniziare anche da noi un vero servizio di telefonia interurbana ed internazionale, giunga felicemente e presto in porto nell'interesse supremo del paese, e soprattutto del decoro nazionale.

G. SACHERI.



Fototipia Ing. G. MOLFESE.