

---

---

SUL  
CONGRESSO INTERNAZIONALE  
DI ELETTRICITÀ IN CHICAGO,  
1893

---

Il Congresso internazionale di elettricità, che si tenne in Chicago dal 21 al 27 agosto 1893, comprendeva due parti: il Congresso generale, al quale potevano essere invitati tutti gli elettricisti anche senza speciale delegazione dei rispettivi Governi; e la *Camera dei delegati*, la quale era costituita dai delegati ufficiali dei vari Governi. È a questa sezione ufficiale del Congresso che io ebbi l'onore di partecipare come delegato del Governo italiano; e dei lavori di questa io debbo rendere conto nella presente relazione.

Premesso un cenno sui Congressi anteriori, dal quale risulti lo stato delle questioni, di cui il Congresso ha dovuto occuparsi, esporrò dapprima i lavori della Camera dei delegati, e farò seguire le considerazioni svolte nelle discussioni e le riflessioni alle quali danno luogo le deliberazioni prese.

## CAPO I.

### Cenno sui Congressi anteriori.

1. *Congresso di Parigi, 1881.* — Il primo Congresso di elettricità, che era stato tenuto a Parigi nel 1881, aveva adottato un sistema di unità di misura per le grandezze elettriche, che fu accettato in tutti i paesi e divenne la base di tutte le misure e di tutte le contrattazioni. Quel Congresso deve a questo risultato la sua importanza. La scelta delle unità, fatta d'accordo

dagli scienziati e dai tecnici di tutte le nazioni, rese facilmente comparabili le esperienze di tutti gli studiosi e di quelli che fanno delle applicazioni elettriche l'oggetto di intraprese industriali; l'aver trovato per le principali unità di misura nomi convenienti e l'aver fatto accettare questi nomi dagli elettricisti di tutte le nazioni, tolse di mezzo la confusione che prima derivava dalla molteplicità dei significati che una medesima parola aveva nei diversi paesi; l'aver prescelto un sistema di misure assolute facilitò tutti i calcoli, così frequenti nelle applicazioni, coi quali da grandezze meccaniche si deve passare a grandezze elettriche, o viceversa; l'aver scelto le unità fondamentali in modo da collegare le unità elettriche col sistema metrico decimale fece sì che tutte le unità di misura, in uso nella scienza e nelle applicazioni industriali, costituissero un unico sistema completo ed armonico; l'aver fatto accettare questo sistema di misure dagli elettricisti di tutti i paesi ebbe, ed avrà, l'effetto di accelerare, almeno per i lavori scientifici, l'adozione del sistema metrico decimale anche in quelle nazioni, ove questo sistema non è attualmente di uso generale.

2. Il sistema di unità adottato da quel Congresso era quello stesso che già nel 1862 era stato prescelto dalla *Associazione britannica per l'avanzamento delle scienze*. Esso era il sistema elettromagnetico di Wilhelm Weber, e le unità che lo costituivano non differivano da quelle adoperate dal grande scienziato tedesco se non per una diversa scelta delle unità fondamentali di lunghezza, di massa e di tempo. Weber aveva adoperato nelle sue ricerche come unità fondamentali il millimetro, la massa di un milligrammo ed il minuto secondo di tempo solare medio. L'Associazione britannica invece ed il Congresso di Parigi adottarono come unità di lunghezza e di massa il centimetro ed il grammo; e inoltre, allo scopo di ottenere unità di grandezze più comode per la pratica, avevano scelto:

- 1.° Come unità pratica per le resistenze elettriche una resistenza eguale a  $10^9$  unità assolute;
- 2.° Come unità pratica di forza elettromotrice una forza elettromotrice eguale a  $10^8$  unità assolute;
- 3.° Come unità pratiche di intensità di corrente e di quantità di elettricità una intensità ed una quantità eguali a  $10^{-1}$  unità assolute;
- 4.° Come unità pratica di capacità elettrostatica una capacità eguale a  $10^{-9}$  unità assolute;

5.° Finalmente come unità pratiche di lavoro meccanico e di potenza meccanica un lavoro ed una potenza eguali a  $10^7$  unità assolute.

Le unità così definite costituiscono un sistema assoluto basato sulle unità fondamentali seguenti:  $10^9$  centimetri,  $10^{-11}$  grammi, e minuto secondo.

3. L'Associazione britannica aveva proposto già di dare ad alcune di queste unità pratiche nomi scelti in modo da ricordare quelli dei grandi elettricisti, ai quali sono più specialmente dovute le nozioni alle quali le unità di misura stesse si riferiscono. Per la unità pratica di resistenza essa aveva proposto il nome di *ohm*; per quella di forza elettromotrice il nome di *volt*; per quella di capacità elettrostatica il nome di *farad*.

Il Congresso di Parigi, mentre diede al sistema di unità della Associazione britannica, già diffuso ed universalmente adoperato fra i tecnici, una sanzione internazionale, accettò pure questi nomi; però dovette preoccuparsi di dare dei nomi anche alle altre unità di misura. L'aver infatti lasciata incompleta la lista dei nomi aveva dato luogo a confusioni deplorabili. Mentre alcuni, seguendo la proposta dell'Associazione britannica, cominciavano ad abituarsi ad esprimere la quantità di elettricità in *farad per volt*, ed a denominare conformemente le intensità di corrente, altri venivano proponendo per queste grandezze nomi diversi. Alcuni davano all'unità pratica di quantità il nome di *weber*, e denominavano per conseguenza l'unità di corrente: un *weber* per minuto secondo. Altri denominavano *weber* addirittura l'unità pratica di intensità; altri collo stesso nome designavano l'unità di intensità assoluta centimetrica (*C. G. S.*); altri davano il nome di *weber* all'unità assoluta di intensità nel sistema millimetro, milligramma, secondo, ossia all'unità della quale si era servito Wilhelm Weber nelle sue classiche ricerche. Di qui, come sopra si disse, una confusione, per rimediare alla quale era indispensabile che il Congresso stabilisse in modo definitivo ed imponesse colla sua autorità i nomi di tutte le unità componenti il sistema da esso adottato.

Il Congresso opinò che il solo modo di por termine alla lamentata confusione, derivante dalla pluralità dei significati attribuiti alla parola *weber*, fosse quello di escludere addirittura questo nome dal novero di quelli delle unità pratiche. All'unità pratica di intensità di corrente diede perciò il nome di *ampère*; a quella di quantità di elettricità diede il nome di *coulomb*; e man-

tenne quello di *farad* per l'unità pratica di capacità elettrostatica. Non si pensò a scegliere alcun nome per designare i coefficienti di induzione, perchè, in quel tempo, quando non avevano ancora acquistato alcuna importanza pratica, nè accennavano ad acquistarla i sistemi a corrente alternativa, i coefficienti di induzione non si annoveravano fra le grandezze elettriche di uso continuo.

4. Di un'altra necessità si preoccupò il Congresso di Parigi: di quella di dare ai pratici, oltre alle definizioni teoriche delle unità principali, definizioni pratiche e, se possibile, campioni corrispondenti.

Le unità dianzi definite non avrebbero potuto essere accolte nella pratica, se non alla condizione che si potessero definire le grandezze di alcune di esse per mezzo dei loro rapporti con grandezze della medesima specie facilmente riproducibili e conservabili come campioni. Nè il Congresso avrebbe prescelto il sistema elettromagnetico se non avesse creduto possibile determinare in un tempo non lontano, con sufficiente approssimazione, tali rapporti. Più d'ogni altra era sentita la necessità di avere un campione dell'*ohm*, od almeno di conoscere con sicurezza il rapporto dell'*ohm* con un campione di resistenza atto ad essere riprodotto, senza bisogno di ricorrere ogni volta a misure assolute.

La stessa necessità era già stata riconosciuta dalla Associazione britannica, la quale si era perciò occupata essa stessa di misure miranti ad ottenere, espressa in unità elettromagnetiche, la resistenza di fili metallici, ed a costruire campioni dell'*ohm*. Ma le sue misure non erano state esenti da inesattezze. Oltre a ciò la scelta di un metallo solido per costruire praticamente il campione dava luogo ad obiezioni. Era adunque indispensabile che nuove ricerche venissero a stabilire se e con quale precisione le resistenze elettriche si potessero sperimentalmente comparare colla unità elettromagnetica prescelta; era necessario inoltre por termine alle discussioni sul metallo da scegliersi per definire praticamente l'unità. Il Congresso del 1881 risolse questa seconda questione stabilendo, che il valore dell'*ohm* dovesse praticamente definirsi per mezzo della lunghezza di una colonna di mercurio a zero gradi, colla sezione trasversale di un millimetro quadrato. Ed in quanto alla prima questione, a quella relativa al valore dell'*ohm*, deliberò che lo studio di essa fosse affidato ad una Conferenza internazionale, che il Governo francese si sarebbe incaricato di convocare a Parigi.

5. Oltrecchè delle misure elettriche, il Congresso aveva dovuto occuparsi della scelta di una unità per le misure fotometriche. Infatti le più grandiose, e quasi le sole applicazioni industriali delle correnti elettriche erano allora quelle, che si facevano per la illuminazione. Anche delle misure fotometriche il Congresso deliberava di deferire lo studio alla Conferenza internazionale.

Alla medesima Conferenza si era rimesso lo studio di altre questioni, e propriamente di quelle relative alla organizzazione ed al coordinamento delle osservazioni sulla elettricità atmosferica e sui parafulmini. Ma di tale questione non ebbero ad occuparsi i Congressi posteriori.

6. *Conferenza internazionale di Parigi, 1882 e 1884.* — La Conferenza internazionale proposta dal Congresso venne convocata una prima volta nel 1882. In quella prima riunione essa prese ad esame i vari metodi per la misura assoluta delle resistenze, e discusse i risultati che con essi si erano fin d'allora ottenuti. Fra questi risultati essa non trovò una vera concordanza sufficiente per definire, secondo il compito ricevuto, la lunghezza della colonna di mercurio rappresentante l'*ohm*, con una approssimazione sufficiente per le ordinarie misure; essa quindi si limitò ad indicare agli sperimentatori di tutti i paesi quelli fra i metodi di misura che giudicava suscettibili di maggiore precisione, e ad esprimere il voto, che, col sussidio dei vari Governi, le ricerche con quei metodi si moltiplicassero. Intanto la Conferenza stabiliva la massima, che l'approssimazione nel valore dell'*ohm* avesse da ritenersi sufficiente quando, e solo quando, l'errore probabile non superasse un millesimo; e proponeva al Governo francese di convocare una seconda sessione nell'anno successivo.

7. Per ciò che riguarda l'unità di misura per la fotometria la Conferenza si trovò nella impossibilità di fare una scelta definitiva fra i campioni usuali di luce, completamente empirici e male confrontabili, e l'unità proposta dal Violle, la quale, benchè rispondente ad una più precisa definizione teorica, non era ancora sufficientemente sperimentata per essere ritenuta pratica. Essa perciò si limitava ad affermare l'importanza e l'urgenza della questione, votando la seguente deliberazione:

“ La Conferenza, riconoscendo che le ricerche fatte finora danno luogo a sperare che la luce emessa dal platino fondente potrà condurre ad un campione assoluto, emette il voto che queste esperienze vengano proseguite.

“ Come campione secondario usuale, la Conferenza raccomanda l'impiego della lampada Carcel del tipo adoperato per la verifica del gas, dovuto a Dumas e Regnault, od una lampada equivalente impiegata colle medesime cautele.

“ Le candele possono egualmente servire, se si ha sufficiente cura per assicurare l'identità di composizione, di forma, di costruzione e di consumazione.

“ Per le esperienze di precisione e per certe applicazioni, come pei fari, il confronto delle luci deve essere fatto mediante una analisi dei differenti elementi che le costituiscono.

“ La Conferenza reitera la decisione del Congresso del 1881, in virtù della quale qualunque determinazione di un focolare elettrico, ed in generale di qualunque focolare che irradii differenzialmente nelle diverse direzioni, deve comprendere, come elemento essenziale, la formola di questo focolare, cioè la relazione che esiste fra l'intensità luminosa e la direzione dei raggi. ”

8. La seconda sessione della Conferenza ebbe luogo a Parigi nella primavera del 1884. In essa si credette opportuno di dare senz'altro ritardo la definizione pratica dell'*ohm*, e quantunque non si avessero ancora dati sufficienti per assicurare che la differenza fra l'*ohm* così definito e la resistenza di  $10^9$  unità assolute fosse minore di un millesimo, come nella prima sessione erasi stabilito che dovesse essere, quantunque anzi si fosse quasi certi di commettere un errore di alcuni millesimi, tuttavia si votò una deliberazione fissante in 106 centimetri la lunghezza della colonna di mercurio rappresentante l'unità pratica di resistenza. Per ricordare che l'unità così fissata non era esattamente eguale a quella denominata *ohm*, si deliberò di dare ad essa il nome di *ohm legale*, e si formulò la sua definizione nel modo seguente:

L'*ohm legale* è la resistenza di una colonna di mercurio di un millimetro quadrato di sezione e di 106 centimetri di lunghezza alla temperatura del ghiaccio fondente.

A questa deliberazione si fece seguire il voto che il Governo francese volesse trasmettere questa risoluzione ai diversi Stati e raccomandarne l'adozione internazionale.

La Conferenza continuava poi l'opera sua dando nel modo seguente le definizioni dell'*ampere* e del *volt*:

“ L'*ampere* è la corrente la cui misura assoluta è  $10^{-1}$  unità elettromagnetiche C. G. S.

“ Il *volt* è la forza elettromotrice che mantiene la corrente di un *ampere* in un conduttore, la resistenza del quale è l'*ohm legale*.

“ In questo modo la Conferenza definiva, per mezzo di un campione, soltanto la prima delle tre unità di resistenza, di corrente e di forza elettromotrice; conservava per la seconda la definizione basata sulle misure assolute, e definiva la terza per mezzo delle due prime. „

9. Come unità di luce la Conferenza adottava senz'altra esitazione quella proposta dal Violle, e la precisava formulandone questa definizione:

“ L'unità di ciascuna luce semplice è la quantità di luce della medesima specie emessa in direzione normale da un centimetro quadrato di superficie di platino fuso alla temperatura della solidificazione.

“ L'unità pratica di luce bianca è la quantità totale di luce emessa normalmente dalla medesima sorgente. „

10. *Congresso degli elettricisti in Parigi, 1889.* — Nella occasione della Esposizione universale di Parigi nel 1889 fu tenuto in quella città un altro Congresso di elettricità, il quale ritornò sopra le unità di misura coll'intendimento di completare, colla guida dei bisogni messi in evidenza dalle allargate applicazioni elettrotecniche, il sistema di quelle già precedentemente fissate. E quantunque il Congresso non avesse carattere ufficiale, come quello del 1881, tuttavia le sue deliberazioni furono in gran parte, e quasi da pertutto, accettate. Tali deliberazioni si riferivano alle unità per il lavoro meccanico, per la potenza motrice, per la luce, per i coefficienti di induzione.

Come unità di lavoro venne adottato il *joule*, e come unità di potenza motrice venne adottato il *watt*. Entrambe le unità si definirono come uguali a 10<sup>7</sup> unità assolute C. G. S.; si indicarono però, d'accanto alle definizioni rigorose, i valori approssimativi del *joule* e del *watt* espressi rispettivamente per mezzo dell'*ampere* e dell'*ohm*.

Il nome di *watt* era già stato proposto in una conferenza tenuta a Filadelfia nel 1884, ma non era stato formalmente adottato.

Nell'adottare le sovradette unità di misura, il Congresso esprimeva anche il voto che non solo nella elettrotecnica, ma anche nella ordinaria meccanica industriale si avesse nell'avvenire ad adoperare come unità di potenza il *kilowatt*, abbandonando l'unità empirica a cui si dà il nome di *cavallo-vapore*.

Questa proposta non trovò, nel Congresso di meccanica industriale, che in quel medesimo tempo era riunito in Parigi, terreno abbastanza preparato per essere formalmente accettata;

ma non fu del tutto priva di effetto, perchè nelle scuole ed in quelle industrie che hanno più frequenti contatti colle industrie elettriche l'impiego del *kilowatt* andò diffondendosi con progresso lento ma continuo.

11. Per le misure fotometriche il Congresso, ormai convinto che l'impiego della unità di Violle non poteva diffondersi nella pratica, e che, a dispetto delle deliberazioni della Conferenza internazionale del 1884, la candela continuava ad essere l'unità preferita, cercò di mantenere il nome di candela senza rinunciare ai vantaggi teorici dell'unità di Violle. Ciò il Congresso credette di fare proponendo una nuova unità, detta *candela decimale*, la quale non era niente altro che la ventesima parte dell'unità adottata per la luce bianca dalla Conferenza del 1884.

12. La convenienza di stabilire un nome di una unità anche per esprimere il valore dei coefficienti di induzione pareva in quel tempo evidente, in grazia del notevole incremento che avevano ricevuto gli impianti elettrici per correnti alternative. Quindi erano state fatte varie proposte, e tra queste erano accolte col maggior favore quella di Ayrton e Perry, consistente nel dare all'unità il nome di *secohm*, quella caldamente raccomandata dagli elettricisti americani, secondo la quale il nome dell'unità avrebbe ricordato lo scienziato americano *Henry*, e quella la quale, tenendo conto dei fatti che nel sistema elettromagnetico le dimensioni di un coefficiente d'induzione sono quelle di una lunghezza, e che nel sistema di unità pratiche l'unità di lunghezza è di  $10^9$  centimetri, ossia un quadrante terrestre, consisteva nell'esprimere in quadranti anche i coefficienti d'induzione. Il Congresso adottò quest'ultima proposta denominando *quadrante* l'unità pratica.

13. Il Congresso si occupò anche di fissare alcune definizioni di grandezze, che frequentemente occorrono nello studio e nelle applicazioni delle correnti alternative, e così definì — la *frequenza*, — il *valor medio*, — il *valore efficace*, — la *resistenza apparente*.

Per la prima volta venne messa innanzi in quel Congresso, dal signor Hospitalier, la idea, per molti rispetti lodevole ed attraente, di stabilire, con una convenzione od intelligenza internazionale, alcune regole generali per le abbreviazioni dei nomi delle unità e per i simboli da adoperarsi per designare nelle formole le varie grandezze, che si presentano nella considerazione de' fenomeni elettromagnetici. L'idea fu accolta con favore

da molti; ma per la evidente difficoltà derivante dalle differenze delle lingue, e per la mancanza del tempo, essa non poté essere formalmente adottata.

14. *Congresso di Francoforte, 1891.* — Nel 1891 fu tenuto un altro Congresso a Francoforte sul Meno in occasione della Esposizione internazionale di elettricità. Neppure questo Congresso aveva carattere ufficiale, perchè fra i membri di esso non vi erano delegati dei governi. Esso poi non si occupò come i precedenti in modo speciale delle unità di misura. Tuttavia l'attenzione del Congresso fu chiamata sulle questioni relative alle unità, da due fatti.

Il primo fatto fu la formale proposta presentata al Congresso dal signor Hospitalier di stabilire una serie di convenzioni sulle abbreviazioni e sui simboli per le grandezze elettriche.

Il secondo fu la proposta presentata dai delegati dell'Istituto americano degli ingegneri elettricisti di dare il nome di *henry* all'unità di misura per i coefficienti di induzione.

Per studiare le proposte di Hospitalier e dell'Istituto americano fu dal Congresso nominata una Commissione, la quale però non poté addivenire ad alcuna deliberazione definitiva. La Commissione riconobbe tuttavia l'opportunità di prendere le due proposte in seria considerazione, e, nella impossibilità di esaurirne lo studio nel breve tempo che essa aveva a sua disposizione, espresse il voto che la soluzione delle questioni ad esse relative fosse preparata per il prossimo Congresso internazionale di Chicago.

## CAPO II.

### Congresso di Chicago.

15. *Origini del Congresso.* — Mentre per opera dei successivi Congressi tenuti in Europa il sistema delle misure elettriche andava formandosi nel modo sovra esposto, sorgeva in America e cresceva a grande importanza l'*American Institute of electrical Engineers*. Fondata da un nucleo d'elettricisti nell'occasione della Esposizione di Filadelfia del 1884, questa Società scientifica e tecnica crebbe rapidamente ed estese le sue diramazioni e la sua attività a tutti gli Stati Uniti. Dopo di essersi affermato come

il rappresentante dell'elettrotecnica americana, l'Istituto sentì il bisogno di partecipare al movimento scientifico mondiale. E poichè colle denominazioni stabilite nei vari Congressi per le unità di misura si erano ricordati i nomi di grandi scienziati europei, così sorsero nell'Istituto il desiderio ed il proposito di ottenere che nel medesimo modo venisse onorato il nome di alcuni dei maggiori scienziati americani.

Già al Congresso di Parigi del 1889 l'Istituto americano inviava delegati con l'incarico di proporre alcuni di questi nomi, e segnatamente quello di *henry*, col quale l'Istituto pensava, che si sarebbe dovuto designare l'unità di misura per l'induzione elettromagnetica. La proposta fu ripresentata da speciali delegati dell'Istituto al Congresso di Francoforte nel 1891, e come è stato detto più sopra, essa ebbe colà un principio di accettazione, poichè ne fu proposto lo studio per il successivo Congresso di Chicago.

Ma l'Istituto americano intendeva affermarsi solennemente per mezzo di un Congresso mondiale convocato in America, ed in quel Congresso era stabilito in precedenza che l'oggetto principale di discussioni internazionali dovesse essere quello relativo alle nuove denominazioni, e specialmente all'*henry*. L'Istituto faceva della adozione di questo nome questione di amor proprio nazionale.

Il proposito di riunire un Congresso in America e l'intenzione di sottoporre alle deliberazioni del medesimo le proposte dei nuovi nomi, furono fatte conoscere da delegati ufficiali dell'Istituto, tanto nel Congresso di Parigi del 1889, quanto in quello di Francoforte del 1891. Fin d'allora era fissata l'idea che il Congresso dovesse avere una sezione ufficiale.

16. *Organizzazione del Congresso.* — Il Comitato organizzatore, incaricato dall'Istituto di formulare il programma del Congresso, stabilì che questo dovesse riunire il carattere di un libero convegno di elettricisti, atto ad offrire ad essi l'opportunità per letture scientifiche e tecniche e per scambiarsi le idee sulle attuali questioni tecniche interessanti l'industria elettrica, e quello di una conferenza internazionale ufficiale incaricata di discutere le proposte sulle unità di misura, e rivestita del potere necessario perchè le deliberazioni potessero servire di base, quando ciò occorresse, a una convenzione internazionale.

Perciò fu stabilito che il Congresso risultasse di due parti, ossia di un Congresso generale e di un Congresso ufficiale.

Al Congresso generale si sarebbero ammesse tutte le persone conosciute come esperte nella scienza o nella tecnica elettrica od interessate nelle industrie relative. Speciali membri del Comitato esecutivo residenti ne' vari paesi avrebbero comunicata al Comitato stesso, per le rispettive nazioni, le liste delle persone, alle quali col detto criterio si sarebbero dovuti mandare gli inviti.

Il Congresso ufficiale, o la *Camera dei delegati*, doveva essere formata da un piccolo numero di membri delegati ufficialmente dai Governi delle varie nazioni collo speciale proposito di trattare le questioni relative alle unità di misura. Fu stabilito che il massimo numero di delegati concessi a ciascuna nazione dovesse essere cinque. Questo numero di delegati fu dato agli Stati Uniti, alla Gran Bretagna, alla Germania ed alla Francia; furono assegnati tre delegati all'Italia, all'Austria Ungheria, alla Svizzera e al Belgio; agli altri Stati furono assegnati ora due, ed ora un solo delegato.

Fu stabilito inoltre, acciocchè il carattere ufficiale della Camera dei delegati fosse meglio affermato, che una speciale Commissione di cinque membri, scelti nella Camera stessa nella prima riunione, dovesse esaminare i titoli degli intervenuti.

Risposero all'invito e mandarono delegati, oltre agli Stati Uniti, la Gran Bretagna, la Francia, l'Italia, la Germania, il Messico, l'Austria Ungheria, la Svizzera, la Svezia, il Nord America inglese.

17. *Costituzione della Camera dei delegati.*— I delegati presenti e partecipanti alle discussioni della Camera dei delegati furono i seguenti:

#### *Rappresentanti degli Stati Uniti.*

- Prof. H. A. ROWLAND, dell'Università John Hopkins di Baltimora.
- Dott. T. C. MENDENHALL, soprintendente dell'Ufficio geodetico degli Stati Uniti e di quello dei pesi e misure in Washington.
- Prof. H. S. CARHART, dell'Università di Michigan, Ann Arbor, Mich.
- Prof. ELIHU THOMSON, Lynn, Mas.
- Dott. E. L. NICHOLS, Università Cornell di Ithaca, N. Y.

#### *Rappresentanti della Gran Bretagna.*

- W. H. PREECE, F. R. S., ingegnere capo del *Post-Office* d'Inghilterra, presidente dell'Istituto degli ingegneri elettricisti di Londra.
- W. E. AYRTON, prof. nella *City and Guilds of London Central Institution*.
- Prof. SILVANUS P. THOMPSON, dott. sc. F. R. S., direttore del *City and Guilds Technical College*, di Londra.
- ALEX. SIEMENS, di Londra.

*Rappresentanti della Francia.*

- E. MASCART, membro dell'Istituto di Francia.  
 T. VIOLLE, professore al Conservatorio di arti e mestieri in Parigi.  
 DE LA TOUANNE, ingegnere governativo dei telegrafi, Parigi.  
 EDOARDO HOSPITALIER, professore alla Scuola di fisica e di chimica industriale della città di Parigi.  
 Dott. S. LEDUC, Nantes.

*Rappresentante dell'Italia.*

- GALILEO FERRARIS, professore di elettrotecnica nel R. Museo industriale in Torino.

*Rappresentanti della Germania.*

- H. E. HERMANN VON HELMHOLTZ, presidente del *Reichsanstalt* fisico-tecnico, professore all'Università di Berlino.  
 Dott. EMIL BUDDE, Berlino.  
 A. SCHRÄDER, membro dell'Ufficio imperiale dei brevetti, Berlino.  
 Dott. ERNESTO VOIT, professore al Politecnico di Monaco.  
 Dott. OTTO LUMMER, membro del *Reichsanstalt* di Berlino.

*Rappresentante del Messico.*

- A. W. CHAVEZ, Messico.

*Rappresentante dell'Austria.*

- Dott. JOHANN SAHULKA, professore nel Politecnico di Vienna.

*Rappresentanti della Svizzera.*

- A. PALAZ, professore dell'Università di Losanna.  
 RENÉ THURY, ingegnere a Ginevra.

*Rappresentante della Svezia.*

- M. WENNMANN, direttore dei telegrafi, Stoccolma.

*Rappresentante del Nord-America Inglese.*

- ORMOND HIGMAN, elettricista in Ottawa.

Le sedute della *Camera dei delegati* erano presiedute dal dott. H. Rowland e a tutte prese parte attiva von Helmholtz.

18. *Lavori della Camera dei delegati.* — Le sedute della Camera dei delegati durarono 6 giorni. Dopo di avere stabilito che la lingua ufficiale fosse la lingua inglese, la Camera prese nella sua prima seduta la deliberazione che a ciascuna nazione fos-

sero assegnati nelle votazioni tanti voti quanti erano i delegati a cui aveva diritto in conformità del piano di organizzazione. Qualora i membri di una medesima delegazione si trovassero discordi in qualche questione, ciascuno avrebbe diritto alla sua parte proporzionale nel voto del suo Governo.

Dopo di ciò la Camera prese tosto in esame le questioni e le proposte su cui doveva deliberare.

Ma nell'espone le idee svolte nella discussione ed i risultati di queste non è qui opportuno seguire l'ordine esatto nel quale la discussione si è svolta. Infatti, per esaurire, nei pochi giorni a sua disposizione, il proprio programma, la Camera dovette più d'una volta servirsi di Commissioni speciali elette nel suo seno ed i risultati dei lavori di queste Commissioni speciali dovettero essere presi in considerazione man mano che essi venivano comunicati, e quindi senza un ordine prestabilito. La presente relazione risulterà quindi più chiara seguendo quest'ordine: si enumereranno dapprima le questioni e le proposte che stavano davanti alla Camera; poi si daranno, riunite come in un quadro, le deliberazioni prese dalla Camera medesima; finalmente si indicheranno le principali considerazioni che si svolsero nelle discussioni e quelle alle quali le risoluzioni adottate possono dar luogo.

19. *Questioni e proposte presentate alla Camera dei delegati.* —

Le questioni e le proposte che la Camera dei delegati trovò dinanzi a sè si riferiscono tutte, coll'eccezione di una sola di secondaria importanza, la quale venne scartata, alle unità di misura, ai nomi delle medesime, ed alle notazioni.

V'era in primo luogo la questione se si avesse a dare una nuova definizione dell'*ohm*. La definizione dell'*ohm legale*, quale, forse con soverchia premura, era stata data dalla Conferenza parigina del 1884, non soddisfaceva alla condizione di una approssimazione sufficiente col valore della resistenza  $10^9$  C. G. S.; invece di essere inferiore ad un millesimo come aveva dichiarato dover essere la stessa Conferenza di Parigi nel 1882, tale differenza raggiungeva circa i tre millesimi. Per questa ragione il *Board of Trade* di Londra, non ostante le decisioni della Conferenza, aveva adottato per la lunghezza della colonna di mercurio che rappresenta l'*ohm* il valore di centimetri 106,3; e questo valore aveva incominciato ad adoperarsi da molti sperimentatori inglesi. D'altra parte le investigazioni ed i confronti istituiti dal prof. Dorn di Halle sulle varie determinazioni del-

l'*ohm* avevano condotto questo scienziato alla conclusione che la esatta lunghezza della colonna mercuriale rappresentante la resistenza  $10^9$  C. G. S. è compresa tra centimetri

106,2 e 106,3

e che è più vicina al secondo che al primo limite. E in base a questo risultato il *Reichsanstalt* tedesco in Charlottenburg, nel suo progetto per le determinazioni legali sulle unità di misura, aveva proposto l'adozione del valore 106,3, come quello che con solo quattro cifre esprime l'*ohm* colla massima esattezza.

Era dunque naturale che si presentasse la questione se convenisse sostituire all'*ohm* legale del 1884 una nuova unità basata su questi risultati, e conforme a queste proposte.

20. In secondo luogo rimaneva ancora, dopo la Conferenza di Parigi, insoluto il problema di dare alla pratica un sistema di unità di misura così definito da escludere completamente il bisogno di ricorrere alle misure assolute. A tal uopo sarebbe stato necessario avere dato una definizione pratica, non di una sola, ma di due unità di misura: non solamente dell'*ohm*, ma dell'*ohm* e dell'*ampère* o dell'*ohm* e del *volt*. Una via per risolvere questo problema poteva essere quella di definire praticamente l'*ampère* per mezzo della grandezza di un deposito elettrolitico. Anzi a questo riguardo si avevano proposte concrete. L'intensità di una corrente elettrica si può misurare con esattezza per mezzo della quantità di argento deposto elettroliticamente. Questa quantità è, per un *ampère* in un secondo, uguale a 1,11826 mg. se si sta ai risultati di F. e W. Kohlrausch, ed a 1,11794 se si sta alle determinazioni di Lord Rayleigh. Il *Board of Trade* ha assunto il valore 1,118, il quale può ritenersi come sicuro a meno di 0,001 mg., ed ha basato su questo numero una definizione dell'*ampère*.

Definiti in tal modo l'*ohm* e l'*ampère* risulterebbe definito praticamente, per mezzo della legge di Ohm, anche il *volt*.

La stessa proposta è stata fatta anche dal *Reichsanstalt* nel progetto sovraricordato.

Un'altra via, la quale però prima del Congresso di Chicago non era stata prescelta da alcuno, sarebbe quella di definire direttamente il *volt* per mezzo di una pila campione, per dedurre poi, per mezzo della legge di Ohm, una definizione indiretta dell'*ampère*.

Si presentava adunque al Congresso la questione se convenisse seguire alcuna di queste due vie e quale di esse.

21. In terzo luogo aspettavano ancora la sanzione di un corpo ufficiale le unità di lavoro e di potenza motrice stabilite dal Congresso di Parigi del 1889.

Il Congresso aveva poi dinanzi a sè la proposta dell'Istituto americano degli ingegneri elettricisti di designare col nome di *henry* quella unità di misura che nel Congresso di Parigi del 1889 era stata denominata *quadrante*, proposta che era stata uno dei moventi principali della convocazione del Congresso di Chicago.

Infine rimanevano aperte le questioni relative alla scelta di una unità fotometrica, e si doveva soddisfare la promessa di prendere in considerazione le proposte dell'Hospitalier per una convenzione sulle annotazioni.

Oltre che su queste questioni, le quali erano una eredità dei Congressi e delle Conferenze precedenti, la Camera dei delegati era chiamata a deliberare sopra una serie di proposte di nuove unità e di nuovi nomi, le quali erano state formulate da una Commissione appositamente nominata dall'Istituto americano degli ingegneri elettricisti.

Le unità, a cui qui si accenna, erano quelle di forza magnetomotrice, di flusso magnetico, di intensità magnetica, di riluttanza magnetica, di conduttività elettrica, di illuminazione; i nomi proposti erano rispettivamente: *gilbert*, *weber*, *gauss*, *oersted*, *mho*, e *candela metro*.

22. *Deliberazioni della Camera dei delegati.* — Le deliberazioni della Camera dei delegati relative alle questioni ed alle proposte sovranumerate furono tutte prese alla unanimità. Noi le riassumiamo qui tradotte con quella maggiore fedeltà che la differenza delle lingue consente; svolgeremo poi più sotto le principali considerazioni che si presentarono nella discussione e quelle riflessioni che le deliberazioni adottate ci sembrano meritare.

La Camera dei delegati deliberò di raccomandare ai vari Governi, rappresentati da delegati nel Congresso internazionale degli elettricisti, di adottare formalmente come unità legali per le misure elettriche le seguenti:

“ Come unità di resistenza l'*ohm internazionale*, che è basato sopra l'*ohm* uguale a  $10^9$  unità di resistenza del sistema C. G. S. di unità elettromagnetiche, ed è rappresentato dalla resistenza offerta ad una corrente elettrica costante da una co-

lonna di mercurio alla temperatura del ghiaccio fondente, della massa di 14,4521 grammi, di sezione trasversale uniforme e della lunghezza di 106,3 cm.

“ Come unità di corrente, l'*ampère internazionale*, che è un decimo della unità di corrente del sistema C. G. S. di unità elettromagnetiche e che è rappresentato abbastanza bene, per l'uso pratico, dalla corrente costante, che, fatta passare attraverso ad una soluzione di nitrato d'argento nell'acqua, ed in conformità colle annesse istruzioni<sup>1</sup> deposita argento nella ragione di 0,001118 grammi per minuto secondo.

“ Come unità di forza elettromotrice, il *volt internazionale*, che è la forza elettromotrice, la quale, agendo in modo continuo su di un conduttore la cui resistenza è un *ohm* internazionale, produce una corrente di un *ampère* internazionale, e che è rappresentato abbastanza bene per l'uso pratico da  $\frac{1000}{1434}$  della differenza di potenziale fra i poli della pila voltaica conosciuta sotto il nome di pila Clark ad una temperatura di 15° centigradi, e preparata nel modo descritto nell'annessa istruzione.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nelle seguenti istruzioni la parola “ voltmetro ad argento „ significa l'apparecchio, per mezzo del quale una corrente elettrica vien fatta passare attraverso ad una soluzione di nitrato d'argento nell'acqua. Il voltmetro ad argento misura la totale quantità di elettricità che è passata durante l'esperimento, e notando la durata di questo, si può dedurre il valore medio (rispetto al tempo) della corrente, o, se la corrente è stata tenuta costante, la corrente stessa.

Nell'impiego del voltmetro ad argento per misurare correnti di circa un *ampère* si debbono adottare le seguenti disposizioni:

Il catodo, su cui l'argento deve depositarsi, deve avere la forma di una tazza di platino di diametro non minore di 10 cm. e di 4 a 5 cm. di profondità.

L'anodo deve essere una lamina d'argento puro di circa 30 cm.<sup>2</sup> di superficie e di 2 o 3 mm. di grossezza.

Questa è sostenuta orizzontalmente nel liquido presso la superficie di questo per mezzo di un filo di platino passato attraverso a fori praticati nella lamina, presso il contorno, in punti opposti. Per evitare che l'argento disaggregato, che si forma sull'anodo, cada sul catodo, l'anodo deve essere avvolto con carta da filtro pura, assicurata al dorso della lamina per mezzo di ceralacca.

Il liquido deve consistere in una soluzione neutra di nitrato d'argento puro, contenente 15 parti in peso di nitrato su 85 parti d'acqua.

La resistenza del voltmetro varia alcun poco quando passa la corrente. Per evitare che questi cambiamenti abbiano un effetto troppo grande sulla corrente, deve essere inserita nel circuito una conveniente resistenza oltre quella del voltmetro. La resistenza metallica totale del circuito non deve essere minore di 10 *ohm*.

<sup>2</sup> Una Commissione, composta dei signori Helmholtz, Ayrton e Carhart, fu incaricata di preparare le istruzioni per la pila di Clark. La relazione di tale Commissione non fu ancora ricevuta.

“ Come unità di quantità di elettricità, il *coulomb internazionale*, che è la quantità di elettricità che si trasmette durante un minuto secondo in un circuito percorso da una corrente eguale ad un *ampère* internazionale.

“ Come unità di capacità elettrostatica, il *farad internazionale*, che è la capacità di un condensatore il quale è caricato ad una differenza di potenziale di un *volt* internazionale da una quantità di elettricità uguale ad un *coloumb* internazionale.

“ Come unità di lavoro, il *joule*, che è uguale a  $10^7$  unità di lavoro nel sistema *C. G. S.*, e che è rappresentato abbastanza bene per l'uso pratico dal lavoro fatto in un secondo da un *ampère* internazionale in un *ohm* internazionale.

“ Come unità di potenza, il *watt*, che è uguale a  $10^7$  unità di potenza nel sistema *C. G. S.*, e che è rappresentato abbastanza bene per l'uso pratico <sup>1</sup> dal lavoro fatto nella ragione di un *joule* per secondo.

“ Come unità di induzione l'*henry*, che è l'induzione in un circuito, quando la forza elettromotrice indotta in questo circuito è un *volt* internazionale, mentre l'intensità della corrente induttrice varia nella ragione di un *ampère* per minuto secondo.”

23. Queste sono le sole unità elettriche pratiche stabilite. Sulle proposte che erano state portate al Congresso, come sopra si è detto, relative alla adozione di una serie di altre unità e particolarmente di unità pratiche magnetiche, la Camera dei delegati votò unanimemente in senso negativo. Essa affermò anzi esplicitamente, ed all'unanimità, il parere che non si abbia a stabilire più alcun'altra unità pratica oltre a quelle sovradefinite. Essa deliberò di raccomandare per le misure magnetiche le unità assolute *C. G. S.*, e stabili che per ora non si abbiano a dare nomi speciali a tali unità.

24. Per ciò che riguarda l'unità di luce, la Camera dei delegati si limitò ad udire la relazione della Sottocommissione composta dei signori Violle, S. P. Thompson, Nichols, Budde, Lummer e Palaz, e ad approvarla. Tale relazione era la seguente:

“ La Commissione incaricata di prendere in esame i campioni di luce rassegna la seguente relazione.

“ La Commissione discusse lungamente intorno alle varie

<sup>1</sup> Le parole *abbastanza bene per l'uso pratico* (sufficiently well for practical use) sono di troppo, e sono dovute a una svista di redazione, la quale passò inosservata all'atto della firma del protocollo.

forme suggerite per campioni pratici, ed in particolare intorno alle due speciali forme di lampade designate rispettivamente coi nomi di lampada ad amil-acetato di von Hefner Alteneck e di lampada a pentano di Vernon Harcourt. La sola lampada pratica, attualmente presentata alla Commissione, è la nuova lampada di Hefner, la quale, ben che sia stata sottoposta a prove laboriose al Reichsanstalt ed ivi sia stata dichiarata esatta nel limite di due per cento, tuttavia non ha ricevuto alcuna larga prova in altri paesi. D'altra parte fu riferito che la lampada a pentano, nella sua nuova forma perfezionata, era in Inghilterra preferita per la fotometria delle fiamme a gas. Si rimprovera alla lampada a pentano che la composizione del pentano del commercio non è sufficientemente ben definita; ed alla lampada ad amil-acetato si rimprovera che il colore della sua luce è troppo rosso. Finalmente si fa l'obbiezione a tutte le lampade a fiamma libera, che esse vanno troppo soggette ad essere influenzate da variazioni nella pressione, nella temperatura e nella umidità dell'aria. Egli è ammesso, d'altra parte, che finora non fu trovata ancora alcuna lampada elettrica atta a servire come conveniente campione pratico. In tale stato di cose fuvvi una netta divisione di opinioni nella Commissione, tra quelli che propugnavano l'adozione della lampada di *von Hefner* come campione indipendente, e quelli che desideravano di conservare lo *statu quo* finchè ulteriori ricerche fossero state eseguite in vari paesi. Venne proposto dai dottori Budde e Lummer che la lampada di von Hefner, costrutta esattamente in conformità delle specificazioni del signor von Hefner Alteneck, fosse introdotta come campione pratico provvisorio di luce, e che il problema di determinare il suo valore in funzione dell'unità assoluta fosse lasciato ad ulteriori ricerche.

“ Posta ai voti, questa proposta ebbe due voti favorevoli e quattro contrari.

“ La seguente mozione, proposta dai signori Palaz e Thompson, e modificata dai dottori Budde e Lummer, fu allora approvata all'unanimità:

“ La Commissione, mentre riconosce il grande progresso verificatosi nella lampada campione di von Hefner Alteneck e la grandissima importanza delle ricerche eseguite nel Reichsanstalt, riconosce eziandio che altri campioni sono stati proposti e si stanno ora provando, e che vi sono serie obbiezioni a qualunque specie di campione, nel quale sia adoperata una fiamma

libera. Perciò la Commissione non è in grado di raccomandare, al giorno d'oggi, nè l'una nè l'altra delle lampade di von Hefner ed a pentano, ma raccomanda che tutte le nazioni vengano invitate a far ricerche in comune su campioni pratici ben definiti, e sulla conveniente realizzazione dell'unità assoluta. »

25. L'esame delle proposte di Hospitalier relative alle notazioni ed ai simboli fu affidato ad una Commissione, la quale presentò la sua relazione nella penultima seduta della Camera. Questa però dopo una viva discussione deliberò di prendere semplicemente atto della relazione e di stamparla come appendice ai processi verbali delle sedute.

26. Oltre le questioni prese in esame e risolte nel modo che abbiamo esposto, le quali tutte riguardavano le unità di misura, la Camera dei delegati ebbe a trattare un quesito, che le era presentato dagli interessati nella industria della illuminazione elettrica con lampade ad arco voltaico. Siccome è uso in tale industria di indicare per le lampade potenze luminose *nominali* talvolta molto differenti dalle reali, e siccome non per tutti i sistemi di lampade sono in uso a questo riguardo convenzioni uniformi, così si desiderava che la Camera dei delegati stabilisse come regola una relazione convenzionale tra la potenza luminosa nominale e le costanti della corrente elettrica. Ma dopo qualche discussione la Camera deliberò che questa non potesse considerarsi come materia di importanza internazionale, e che quindi la mozione non avesse da prendersi in considerazione.

---

### CAPO III.

#### Considerazioni svolte nelle discussioni e riflessioni intorno alle deliberazioni prese.

27. *Ohm internazionale.* — Le considerazioni che condussero il Congresso a modificare la definizione dell'*ohm* e a sostituire all'*ohm* legale del 1884 l'attuale *ohm* internazionale sono già state in gran parte indicate all'art. 19, nel quale abbiamo ricordato le risultanze delle indagini che furono eseguite sul valore dell'*ohm* dopo la conferenza internazionale di Parigi. In quell'articolo abbiamo anche notato come, indipendentemente da qualunque de-

terminazione di Congressi internazionali, il nuovo valore dell'*ohm* fosse già stato fissato dal *Board of Trade*, la deliberazione del quale sta per essere tradotta in legge, e come la stessa cosa fosse avvenuta in Germania per opera del Reichsanstalt. Era adunque a temersi che mantenendo l'antica definizione sarebbe in breve tempo sorta una confusione più grave a quella a cui si va incontro col modificarla; tanto più che l'*ohm* legale non aveva avuto sanzione giuridica in nessun paese, e in alcuni luoghi non erasi ancora sostituito all'antica unità di Siemens.

Oltre alla differenza di valore tra l'*ohm* internazionale e l'*ohm* legale si nota differenza nelle loro definizioni. La definizione dell'*ohm* internazionale è quella proposta per l'*ohm* pratico dal Reichsanstalt e differisce tanto da quella dell'*ohm* di Parigi quanto da quella dell'*ohm* del *Board of Trade* per questo, che in essa non è indicata l'area della sezione della colonna mercuriale, ma è indicata invece la massa della colonna medesima. Questa modificazione è razionale. Infatti nella preparazione di resistenze a mercurio secondo l'antica definizione si presenta la circostanza che non si è in grado di determinare la sezione del tubo di vetro, che il mercurio riempie, per mezzo di misure lineari, ed inoltre tale sezione non è nemmeno esattamente eguale a quella della colonnina di mercurio. Si è perciò obbligati a determinare in grammi, per mezzo di una pesata, la massa del mercurio riempiente il tubo, ed a dedurre da tale massa, dalla lunghezza misurata della colonna, e dalla densità del mercurio l'area della sezione. Ma qui entra in giuoco la relazione fra le misure di lunghezza e quelle di massa, che in origine erano state poste a base del sistema metrico decimale. Ora questa relazione è nota solamente con una approssimazione di 0,01 per cento al più; e l'incertezza che ne deriva intacca la determinazione dell'*ohm*, qualora sia necessaria per questa la misura della sezione della colonna del mercurio. Per contro, tale incertezza risulta eliminata se si adotta la definizione ora prescelta, perchè in essa la massa, che si misura direttamente, figura propriamente come elemento della definizione, e non soltanto come mezzo per il calcolo della sezione. Per il calcolo della massa il peso specifico del mercurio a 0° fu assunto in base alle migliori determinazioni conosciute come eguale a 13,5956.

Per queste considerazioni hassi a ritenere che la deliberazione del Congresso di Chicago sia completamente giustificata, e si può sperare che l'unità di resistenza ora fissata rimanga

definitiva, finchè almeno non abbiassi a cambiare radicalmente tutto il sistema delle misure elettriche.

Il referente però deve fare sulla definizione adottata un appunto, ed è il seguente: Siccome lo scopo, a cui si mirava nel dare per l'*ohm* una definizione pratica, era quello di eliminare completamente il bisogno di ricorrere nella pratica a misure assolute, così sarebbe stato più razionale l'escludere dalla definizione ogni accenno al valore dell'*ohm* in unità assolute. Per questo motivo sarebbe stato preferibile adottare senz'altro una definizione simile a quella proposta dal Reichsanstalt, la quale, del resto, è identica a quella adottata dall'*Electrical Standards Committee* della *British Association*.

28. *Ampère e volt internazionali*. — Per ciò che riguarda le definizioni dell'*ampère* e del *volt*, si è già detto più sopra, all'art. 20, quale fosse il *desideratum* della pratica. Sarebbe stato desiderabile potere completare l'opera de' precedenti Congressi e della Conferenza di Parigi col dare per l'una o per l'altra di queste due unità una definizione pratica, nella quale non si facesse alcun accenno alle unità assolute, e poi definire l'altra per mezzo di quella e dell'*ohm*. Soltanto così si sarebbe eliminato completamente il bisogno di ricorrere a misure assolute. La via migliore per arrivare a tale risultato pareva nettamente tracciata. Infatti le ricerche dei professori F. e W. Kohlrausch e di Lord Rayleigh, delle quali si è fatto cenno più sopra (art. 20), davano ormai, colla loro concordanza, la certezza di potere per mezzo dell'elettrolisi del nitrato d'argento definire l'*ampère* con un errore inferiore ad un millesimo. Questa via era stata prescelta già concordemente dal Comitato per le misure elettriche del *Board of Trade*, e dal Reichsanstalt; e la maggior parte dei delegati era andata a Chicago colla previsione che la Camera dei delegati avrebbe fatto lo stesso.

Nel fatto la convinzione sulla convenienza di definire fin d'ora nel modo detto, e recisamente, le unità in questione non si appalesò nella Camera dei delegati così radicata e così generale come si sarebbe potuto prevedere. Ma ciò che propriamente fece sì che la Camera non si decidesse risolutamente ad adottare questo partito, fu la dichiarazione fatta da Helmholtz che le ricerche eseguite nel Reichsanstalt lo avevano convinto della possibilità di dare per mezzo della pila campione di Clark una definizione diretta del *volt* altrettanto precisa, sicura e conveniente quanto quella che si voleva dare dell'*ampère* per mezzo

del voltmetro ad argento. Egli affermò che ciò si poteva fare con vantaggio, purchè nella preparazione e nell'impiego della pila campione si osservassero alcune cautele, che le ricerche del Reichsanstalt permettevano ormai di fissare. Il peso della opinione del grande scienziato favorevole alla definizione del *volt* colla pila Clark controbilanciò quello delle molte ragioni che militavano in favore della definizione voltmetrica dell'*ampère*; e la Camera dei delegati, mirando ad abbracciare entrambe le soluzioni, finì col non adottare nettamente nè l'una nè l'altra. Così si venne a definire l'*ampère* internazionale ed il *volt* internazionale per mezzo dei loro rapporti colle rispettive unità assolute elettromagnetiche C. G. S., e ad indicare i valori definiti per mezzo del voltmetro e della pila campione semplicemente come valori approssimativi sufficienti per la pratica usuale, senza pensare che in questo modo si rendeva inutile anche lo stesso epiteto: "internazionale". Questo sarebbe riuscito, invece, molto opportuno qualora lo si fosse adottato per designare l'*ampère* definito col voltmetro ad argento, ed il *volt* definito per mezzo di tale *ampère* e dell'*ohm* internazionale, oppure il *volt* definito colla pila di Clark, e l'*ampère* definito con tale *volt* e con l'*ohm* internazionale. Fra queste due soluzioni poi sarebbe stata più conforme alla opinione generale, e molto probabilmente più pratica la prima, quella cioè nella quale si definisce direttamente l'*ampère* internazionale e si deriva poi la definizione del *volt* internazionale dall'*ohm* e dall'*ampère* internazionale.

Tale soluzione, anzi, si imporrà da sè se non verranno formulate secondo la promessa di Helmholtz le istruzioni per la costruzione e per l'impiego della pila campione di Clark, o se si avvererà il dubbio che il ritardo della Commissione incaricata dalla Camera dei delegati di preparare tali istruzioni a presentare la sua relazione (tuttora attesa) sia appunto dovuto all'impossibilità attuale di ottenere colla pila Clark una esattezza nelle misure, paragonabile a quella che si può ottenere col voltmetro ad argento.

Queste considerazioni, che il referente con altri ha sostenuto nella Camera dei delegati, e che dovevano essere qui accennate, non tolgono però che nella pratica le deliberazioni del Congresso possano avere benefici effetti. Infatti l'affermazione contenuta nella definizione dell'*ampère* internazionale, che la misura elettrolitica offre una esattezza sufficiente per gli usi pratici, farà sì che nel fatto la definizione elettrolitica sarà quella di cui la pratica si servirà sempre.

29. *Joule e watt.* — Nelle definizioni del *joule* e del *watt* non è stato adoperato, come in quelle dell'*ohm*, dell'*ampère*, del *volt*, del *coulomb* e del *farad*, l'epiteto internazionale. Ciò si fece dietro un'osservazione messa innanzi dal referente. L'osservazione è stata questa: il *joule* e il *watt* sono unità appartenenti alla pura meccanica, le quali si possono definire indipendentemente da qualunque considerazione relativa a grandezze elettriche, tantochè fin d'ora vengono adoperate anche nei corsi elementari di meccanica. La loro definizione deve essere basata direttamente ed unicamente sulle unità fondamentali di lunghezza, di massa e di tempo, perchè nella meccanica le misure dei lavori si fanno per mezzo di tali grandezze. Anzi è desiderio più volte espresso quello che l'uso di queste unità assolute di lavoro e di potenza si introduca e si popolarizzi, non solo nell'industria elettrica, ma anche nella meccanica generale. Il Congresso di Parigi del 1889 aveva emesso formalmente questo voto, ed aveva deciso, come si è accennato al n. 10, che fossero fatte pratiche presso il Congresso di meccanica industriale, che allora era pure riunito in Parigi, acciocchè venisse adottato formalmente come unità industriale di potenza motrice invece del cavallo-vapore il *kilowatt*.

Per queste considerazioni il referente si oppose con successo a che si definissero, come da alcuni si proponeva, il *joule* e il *watt* per mezzo del *volt*, dell'*ampère*, e del *coulomb* internazionali; e inoltre ottenne che si sopprimesse per queste due unità l'epiteto di *internazionale*, il quale avrebbe fatto supporre che le due unità adottate fossero diverse da quelle basate sulle unità assolute.

Il referente crede che le definizioni sarebbero riuscite anche migliori, se nell'indicare la relazione approssimativa esistente tra il *joule* e le unità elettriche internazionali, si fosse considerato il *coulomb* internazionale invece dell'*ampère* durante un secondo, e dell'*ampère* si fosse parlato relativamente al *watt*. Egli osserva inoltre che la seconda parte della definizione del *watt* è inutile, e che in ogni caso le parole *abbastanza bene per l'uso pratico* (*sufficiently well for practical use*) dovrebbero essere soppresse.

Però le mende delle definizioni non diminuiscono il beneficio che deriverà dall'aver dato una sanzione ufficiale alle due unità di misura, le quali erano già diventate famigliari ai pratici.

30. *Henry.* — Coll'accettare l'*henry* fra i nomi delle unità di misura elettriche, il Congresso non solamente diede soddisfa-

zione ad un giusto desiderio degli Americani, ma fece anche cosa pratica, in quanto che sanzionò un nome che aveva già incominciato, anche fuori dell'America, a diffondersi ed a polarizzarsi fra gli elettricisti. Si può dire che la nuova denominazione era già entrata nella pratica prima che il Congresso la proclamasse.

La definizione che la Camera dei delegati ha formulato, ha il merito di eliminare le dubbiezze che derivavano dalla mancanza di una convenzione sul significato da attribuirsi alla parola *coefficiente di induzione* nel caso in cui questo coefficiente, per la presenza di ferro o di altro corpo magnetico, è variabile coll'intensità della corrente. Il nome *coefficiente d'induzione* era adoperato in due significati diversi: talora serviva a rappresentare il flusso d'induzione magnetica per unità d'intensità di corrente, talora per rappresentare la derivata del flusso rispetto all'intensità della corrente.

Ora colla definizione data, nella quale è detto: " ... quando la forza elettromotrice indotta... è un volt internazionale, mentre l'intensità della corrente induttrice varia nella ragione di un ampère per minuto secondo ", viene ad essere adottato il secondo significato. Solo è a lamentarsi che nella definizione, per evitare la dicitura *unità di coefficiente d'induzione*, la quale realmente non è soddisfacente, non si sia trovata per sostituire alle parole *coefficiente d'induzione* altra locuzione che *induzione*, la quale è già adoperata in troppi significati.

31. *Proposte di nuove unità e di nuovi nomi.* — Col respingere tutte le proposte che erano state presentate relativamente a nuove unità pratiche, oltre a quelle già definite, e a nuove denominazioni, la Camera dei delegati fece cosa indubbiamente lodevole. È certamente l'evidenza dei vantaggi, che nella pratica elettrotecnica si sono ricavati dall'introduzione di un sistema internazionale di unità, e dall'impiego di nomi convenienti per designarli, quella che di quando in quando fa pullulare nuove proposte analoghe a quelle che il Congresso trovò davanti a sé. Ma questa tendenza deve essere contenuta fra limiti ragionevoli. Se è evidente l'utilità di avere nomi speciali, brevi e comodi, per designare le unità fondamentali e quelle relative alle grandezze che servono a dare un'idea della potenza, del valore delle macchine, degli apparecchi, delle condutture, e della grandezza degli effetti che dai medesimi si possono ottenere, ed hanno perciò un'importanza industriale e commerciale, è evidente eziandio

che non si farebbe altro che complicare inutilmente e rendere meno ehiaro il linguaggio ed aumentare il pericolo di errori, quando si volessero stabilire e designare con nomi speciali unità di misura per tutte le grandezze, attraverso alle quali si svolgono i calcoli di un ingegnere, mentre questi sta studiando un apparecchio o un impianto, ma alle quali non si ha più da ricorrere in modo continuo nell'uso dell'apparecchio o dell'impianto medesimo.

Per introdurre tali unità non vi ha maggior ragione di quella che vi sarebbe per stabilire altrettante unità con nomi speciali per le velocità, le accelerazioni, i momenti delle forze, i momenti d'inerzia, le densità, i calori specifici e simili.

Le unità assolute *C. G. S.* servono senza alcuna difficoltà, all'infuori di quella derivante dal bisogno di far uso talvolta di potenze di 10, per tutti i bisogni della pratica; e quando esse si presentano non occorre quasi mai di nominarle. Spesso un nome sarebbe di puro imbarazzo. Perciò la Camera dei delegati fece cosa opportuna raccomandando l'uso delle unità assolute per le misure magnetiche e deliberando che ad esse non si abbiano per ora a dare dei nomi.



---

---

SULLA  
TRASMISSIONE ELETTRICA  
DELL'ENERGIA

---

(Lettura fatta nella solenne adunanza del 3 giugno 1894  
alla R. Accademia dei Lincei.)

SIRE, GRAZIOSISSIMA REGINA,

*Signore, Signori.*

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

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

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

Ed ora? Ora noi vediamo città intiere, dove per la illuminazione, per la locomozione, per il lavoro nelle officine e quasi per ogni casa l'energia viene distribuita mediante una rete di conduttori, che si diramano da gigantesche stazioni centrali; città dove si vive come in mezzo ad una grande macchina, che tutto abbraccia e tutto muove. Noi vediamo opifizi, o gruppi di opifizi, o città intiere, che per l'illuminazione, o per il lavoro delle macchine, ricevono l'energia da motori idraulici distanti decine di chilometri; e dopo di avere assistito nel 1891 ad un esperimento, nel quale da Lauffen sul Neckar a Francoforte sul Meno, alla distanza di 170 chilometri si è trasportato il lavoro di quasi

---

<sup>1</sup> Nella esposizione internazionale di elettricità di Vienna nel 1883 un operaio, incaricato di mettere in circuito una dinamo di Gramme, sbagliò gli attacchi ed inserì la macchina su reofori attivi. Questa si pose tosto in movimento funzionando come motore. L'osservazione fu fatta e pubblicata dal sig. HIPPOLYTE FONTAINE.

200 cavalli,<sup>1</sup> noi assistiamo in questi giorni all'esecuzione di una prima parte di un impianto col quale 50.000 cavalli dinamici, tolti alle cataratte del Niagara, saranno fra poco distribuiti elettricamente, per le industrie e per la illuminazione, dentro un raggio di centinaia di chilometri.<sup>2</sup>

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

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

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

<sup>2</sup> L'impianto attualmente in costruzione a Niagara Falls, che è la metà di quello definitivo progettato, è destinato a ricavare dalle cascate del Niagara circa 100000 cavalli dinamici, dei quali una metà si utilizzerà sul posto e l'altra metà verrà trasmessa a distanza con correnti elettriche. La zona, entro la quale è progettata la distribuzione, comprende fin d'ora la città di Buffalo, che è a circa 35 chilometri dalle cascate, ma potrà estendersi a distanze molto maggiori. Infatti la Società delle Cataratte ha già fin d'ora fatto proposte concrete per somministrare l'energia per la navigazione sul canale dell'Erie fino ad Albany (a circa 500 chilometri). Attualmente si stanno collocando le turbine. Per la trasmissione elettrica fu prescelto il sistema bifase con piccole frequenze. Le macchine dinamo-elettriche ed i motori elettrici saranno costruiti nelle officine della compagnia Westinghouse.

<sup>3</sup> Le esperienze del GAULARD, le quali richiamarono l'attenzione dei tecnici sui trasformatori a correnti alternative, e distrussero la credenza che tali apparecchi non potessero avere rendimenti accettabili, nè potessero servire a pratiche applicazioni, furono eseguite a Torino nella sezione internazionale di elettricità della esposizione generale del 1884. Gaulard non fu il primo ad immaginare i trasformatori, nè seppe applicarli nel modo più conveniente, ma ebbe il grande merito di avere avuto la fede nel successo e di averla sputa

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

A speciale importanza crebbe in pochi anni la trazione elettrica. Nata in Europa per opera di Siemens, questa trovò un immenso campo di applicazione sul vergine suolo degli Stati Uniti d'America, dove, colle disposizioni introdotte dallo Sprague, da Thomson ed Houston e dai Westinghouse, le carrozze elettriche corrono attualmente su più di diecimila chilometri di binari ed i fili conduttori coprono, in parecchie città, a guisa di pergolati, tutte quante le strade. Ove si ammettano tali pergolati, la preferenza data alla trazione elettrica per l'interno delle città si spiega facilmente pensando alla docilità de' veicoli, all'assenza di locomotive producenti fumo, e, date opportune condizioni di traffico, anche alla economia. Ma l'assenza del fumo potrà essere ragione sufficiente a consigliare questo modo di trazione anche in altri casi, segnatamente nella traversata di grandi gallerie. E la possibilità di ridurre il peso morto, la possibilità di utilizzare per l'aderenza tutto il peso del treno, o buona parte di esso, la facilità di superare le curve più strette e le più forti pendenze, e soprattutto la possibilità di adoperare l'energia de' corsi d'acqua solcanti, parallelamente alla strada, il thalweg delle vallate, potranno consigliare la trazione elettrica anche su alcune strade ferrate destinate al grande traffico. Col nuovo sistema potrà accadere che la trazione diventi la più economica appunto ove ora è la più costosa. Il problema tecnico è uno di quelli che fin d'ora si possono studiare e risolvere senza

---

infondere negli altri. Gli ingegneri Zipernowsky, Déri e Bláthy della fabbrica Ganz e C.° di Budapest, hanno il merito di avere costruito fin dal 1885 trasformatori a circuito magnetico chiuso e di averli adoperati in un sistema di distribuzione, ove non solo le lampade ne' circuiti secondari, ma anche i trasformatori sulla rete primaria sono inseriti *in parallelo*. Questo è il solo modo pratico per ottenere l'indipendenza non solo delle stazioni secondarie, ma di tutti gli apparecchi utilizzatori.

bisogno di nuove invenzioni. Le difficoltà attuali stanno tutte nell'inerzia; non nella inerzia delle persone, ma in quella dovuta alla grande massa del materiale e del servizio, che bisogna muovere o disturbare anche solo per fare un semplice esperimento. Erberto Spencer nel suo *Study of Sociology*,<sup>1</sup> volendo dimostrare che una organizzazione molto progredita è spesso un impedimento insuperabile a perfezionamenti ulteriori, si serve appunto dell'esempio delle strade ferrate. Qualunque proposta di un esperimento, il quale richieda una modificazione nel materiale fisso o mobile, od una alterazione qualsiasi nel servizio, incontra necessariamente obiezioni gravissime. L'importanza del disturbo o della spesa è infatti commisurata alla importanza del traffico ed alla corrispondente grandezza del materiale. E appunto in questi giorni noi assistiamo ad un fatto che conferma questa asserzione. Un ingegnere di bella fama, il signor Heilmann di Mühlhausen, desideroso di sperimentare la trazione elettrica sulle grandi strade ferrate, e convinto della impossibilità di indurre una amministrazione a modificare la strada ed il materiale, come occorrerebbe per trasmettere ai motori viaggianti la corrente prodotta in una stazione fissa, pensò di far viaggiare su treno anche la stazione; ideò, cioè di collocare su di un carro la macchina a vapore e la dinamo generatrice, che avrebbe dovuto somministrare la corrente elettrica a motori distribuiti lungo il treno. Egli pensava che, pur rinunciando, con questo ripiego, a buona parte dei pregi della trazione elettrica, tuttavia si sarebbero avuti risultati tali da incoraggiare ad esperimenti più completi. Ma neppure questo progetto non risultò attuabile, e l'ingegnere Heilmann si decise a riunire ogni cosa, la caldaia, la dinamo, i motori, tutto su di un unico carro costituente una locomotiva, nella quale gli apparecchi elettrici non fanno altro che sostituire gli organi meccanici, che nelle macchine ordinarie collegano gli stantuffi colle ruote motrici. La mostruosa locomotiva è in questi giorni l'oggetto di esperienze, dalle quali certamente non si hanno ad attendere risultati ottimi. Ma appunto perchè il congegno rappresenta un ripiego transitorio, lo scopo dell'esperimento sarà raggiunto anche quando i risultati sieno semplicemente mediocri.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Le esperienze colla locomotiva Heilmann si stanno facendo dalla Società delle strade ferrate dell'ovest in Francia, sulla linea Havre-Parigi.

Ma come per la illuminazione elettrica, così per il trasporto elettrico dell'energia meccanica, l'ultimo passo è stato segnato dall'impiego delle correnti alternative. E tale passo, benchè non sia ancora completo, è non pertanto sicuro ed accenna ad assumere una importanza straordinaria. Infatti fin d'ora, mentre ancora durano le questioni e i dubbi intorno ai sistemi definitivi, o preferibili, dei motori e delle reti di distribuzione, già si è fatta generale la convinzione che per mezzo delle correnti alternative il trasporto dell'energia si possa fare praticamente, e nel miglior modo, a grandissime distanze e su vastissima scala. E ciò che è più notevole e che interessa non soltanto questa applicazione speciale, ma tutta la elettrotecnica, è che, non appena fu posto il problema della trasmissione con correnti alternative, d'un tratto le idee dei tecnici intorno ai limiti dei potenziali praticamente adoperabili nella trasmissione ed alle distanze raggiungibili con questa si allargarono prodigiosamente. Fu una onda di fiducia che d'un subito invase il campo dell'elettrotecnica. Quando si cominciarono ad adoperare i trasformatori negli impianti per la illuminazione elettrica, si adottavano sulla rete primaria differenze di potenziali di 2500 o di 3000 volt, e pareva molto; nella trasmissione da Tivoli a Roma, destinata ancora essenzialmente alla illuminazione, si arrivava a 5000 volt e pareva di aver raggiunto il limite imposto dalla più elementare prudenza; attualmente si parla come di cosa affatto naturale e comune di differenze di potenziali di 10.000, di 15.000 e perfino di 20.000 e di 30.000 volt, e si intraprendono effettivamente impianti basati su questi valori. Ai potenziali adottati corrispondono le distanze raggiungibili; ed effettivamente i pratici vanno rapidamente famigliarizzandosi coll'idea di trasmissioni a distanze prima inaudite.

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

Esso ha dissipato i timori sull'impiego degli alti potenziali ed ha così dato una base alle larghe idee alle quali ho accennato.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Benchè durante le esperienze ufficiali della *Prüfungscommission*, le quali ebbero luogo dall'11 al 15, dal 18 al 22 e dal 25 al 27 ottobre 1891, i potenziali

Esso ha distrutto la credenza, alla quale i tecnici parevano rassegnati, che per l'uso delle correnti alternative non si avesse a sperare di trovare motori praticamente convenienti. Quella credenza era dovuta principalmente alla esagerata importanza che si soleva attribuire all'inconveniente de' motori sincroni di non potersi avviare da sè; e si dileguò quel giorno che si vide funzionare, come parte di un impianto notevole, un grande motore asincrono polifase.<sup>1</sup>

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

Finalmente l'esperimento di Lauffen ha fatto entrare nel

---

adoperati non si sieno elevati oltre a 8500 volt, tuttavia nel tempo, molto più lungo, per cui l'impianto funzionò, si raggiunsero talvolta potenziali più che doppi di questo.

<sup>1</sup> Il motore era trifase. — Era stato costruito dalla *Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft* di Berlino su disegni dell'ing. Dolivo Dobrowolsky.

<sup>2</sup> I motori a campo alternativo, come quelli di Thomson-Brown, ai quali qui si allude, si possono considerare come motori a campo rotante doppi, differenziali. Essi non possono mettersi in moto da sè, ma quando sono lanciati con una velocità angolare sufficiente, assumono andamento e proprietà analoghe a quelle dei motori a campo magnetico rotante (V. *Un metodo per la trattazione dei vettori rotanti od alternativi*, ecc. in *Opere di G. Ferraris* al vol. I a pag. 355 e nelle *Mem. Acc. di Torino*, vol. XLIV, 1893).

campo pratico i sistemi di distribuzione con correnti polifasi, i quali, se, fortunatamente, non sono sempre necessari, offrono pur sempre alla elettrotecnica un nuovo mezzo per la soluzione dei suoi problemi, che ogni giorno più vanno diventando larghi e multiformi. I pregi delle distribuzioni con correnti polifasi appaiono, in questi giorni, anche maggiori dopo che un ingegnosa proposta dell'ingegnere Scott<sup>1</sup> della Società Westinghouse ha messo in chiaro la possibilità di combinare, per mezzo di ordinari trasformatori, il sistema trifase col bifase, e di passare dall'uno all'altro a piacimento. L'artificio dello Scott si può facilmente generalizzare: date due correnti di fasi diverse, si possono ottenere, per mezzo di ordinari trasformatori, quante si vogliono correnti presentanti tutte quelle differenze di fasi che si possono desiderare.<sup>2</sup> Coi trasformatori sapevamo già trasformare i valori efficaci de' potenziali e delle correnti; ora sappiamo anche modificare comunque il numero e le fasi di queste. Nessun altro sistema di distribuzione di energia può presentare una plasticità paragonabile a quella delle odierne distribuzioni elettriche.

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

È legittimo prevedere grandiose applicazioni dei lavori chimici delle correnti nella metallurgia ed in altre industrie. L'energia del campo elettromagnetico è il prodotto di fattori vettoriali nettamente orientati; le azioni elettrolitiche, anch'esse orientate, si presentano adunque in prima linea fra quelle a produrre le quali la corrente elettrica è specialmente acconcia. Ad esse è serbato l'avvenire.

Per ora le applicazioni più progredite, oltre a quelle nelle quali l'energia è raccolta come lavoro meccanico, sono quelle ove questa è data, direttamente, come calore. In tali applicazioni si trae specialmente partito della proprietà per la quale colla corrente elettrica si può localizzare il calore, accumulandolo in piccoli spazi ed in piccole masse di materia presentanti piccole superficie irradianti, e produrre così elevatissime temperature. Ciò è quanto si fa nei fornelli elettrici ad alluminio; ciò è quanto

<sup>1</sup> Chas. F. SCOTT, *Polyphase transmission*, Lettura fatta davanti alla "National Electric Light Association", a Washington, D. C., 1.º marzo 1894 (vedi anche *The electrical World*, 24 marzo 1894, pag. 393).

<sup>2</sup> Vedi a questo proposito: Ch. PROTEUS STEINMETZ, *Transformation of alternating currents* (*The Electr. World*, April 7<sup>th</sup> 1884, vol. XXIII, n. 14, p. 464).

si fa nelle attuali lampade elettriche. E in ciò sta il segreto della economia della illuminazione elettrica. Luce è calore, ma del calore totale irradiato da un corpo caldo ha la lunghezza d'onda conveniente per impressionare il nostro occhio, come luce, una frazione tanto più grande quanto più è alta la temperatura del corpo. La superiorità di un faro elettrico in confronto di un faro ad olio, come quella di questo sui fari primitivi a legna, sta nella piccolezza dello spazio ove si accumula il calore ed in quella delle superficie dalle quali il calore è irradiato.

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

Una lampada elettrica ad arco, colla quale la luce di una candela normale si può ottenere con una spesa di energia minore di un mezzo watt, paragonata con una lampada a gas, colla quale ad una candela corrisponde una quantità di calore equivalente a più di novanta watt, rappresenta un progresso cospicuo. Ma certamente non è ancora l'ideale; della energia irradiata dalla lampada elettrica la luce rappresenta meno della decima parte. Perciò alcuni si compiacciono fin d'ora della speranza di poter fare molto di più; e pensano che un giorno si abbia a riuscire a produrre, per mezzo di regolari oscillazioni elettriche, direttamente la luce, senza passare per l'intermediario di quella forma disordinata di energia, che si dice calore. Se, come ora si ammette, le vibrazioni luminose sono oscillazioni elettriche, se sono

correnti di spostamento alternanti di grande frequenza, o che non si potranno esse produrre direttamente per utilizzarle, senz'altro intermediario, nella illuminazione? La difficoltà sta in questo, che la proprietà della energia elettromagnetica, di lasciarsi guidare con quelle rotaie che sono i fili metallici, non sussiste se non per frequenze molto minori di quelle della luce. La luce si può guidare come sappiamo: con specchi e con lenti, non con fili. E se pensiamo a distribuire correnti elettriche con le frequenze usuali per trasformarla poi sul luogo d'impiego in oscillazioni elettriche rapidissime, sorge un problema troppo nuovo, sul quale non è ancora possibile fare previsioni. La frequenza poi delle oscillazioni elettriche di Tesla e di Elihu Thomson, deve ancora essere moltiplicata per circa un milione per diventare paragonabile con quella delle oscillazioni luminose. Se tale moltiplicazione si possa fare con un rendimento pratico tollerabile, è questione alla quale per ora non si può rispondere. E di un problema tecnico come questo non è qui il luogo di trattare. La scienza si compiace dell'utile che la società sa ritrarre dalla applicazione dei trovati che ogni giorno essa mette a disposizione delle industrie, ma non lavora alla ricerca di quelle applicazioni, e non ha bisogno di esse per stimare la propria opera, nè la speranza di esso è stimolo necessario alla sua attività. Essa anzi sa che la preoccupazione per l'utile immediato offuscherebbe il faro verso cui s'affatica o guasterebbe il frutto del suo lavoro, che deve consistere nella ricerca disinteressata del vero.

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

Io quando mi trovo nella stazione centrale di un grande impianto elettrico, all'officina de' Cerchi, a Tivoli, a Deptford, od in una delle ciclopiche officine elettriche americane della *General Company* o di Westinghouse, ed ho davanti a me una di quelle poderose macchine dinamo elettriche che vi lavorano, e la contemplo, ed osservo la immane armatura, o la pesante corona dei magneti induttori girare nello spazio, libera, portata da un albero di acciaio su cui si affatica una macchina a vapore od una turbina di centinaia, e talora di migliaia di cavalli dinamici, e non vedo organi meccanici che ricevano e trasmettano il lavoro ad altre macchine, nè, in mancanza di tali organi, vedo alcun freno che trasformi sul posto quel lavoro in calore, ma

per rintracciare quel lavoro debbo ricorrere col pensiero a ciò che ho veduto fuori dell'officina, a chilometri di distanza, e ripensare ai filamenti di carbone incandescenti in migliaia di lampade, ed agli archi voltaici brillanti fra le punte di carbone, che vanno struggendosi per l'elevata temperatura, ed alle armature di motori, le quali girano da sè senza nulla di visibile che le sospinga, e girando comandano macchine, io quando vedo e penso a queste cose, sento irresistibilmente che prima che al pensiero della utilità pratica del meraviglioso meccanismo la mente si rivolge alla contemplazione del fenomeno. Prima della importanza industriale io sento l'importanza scientifica, prima dell'utile materiale l'utile intellettuale.

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

stretta relazione. Ma qui io voglio fermare l'attenzione specialmente su questo fatto: che l'estendersi delle applicazioni industriali della trasmissione elettrica dell'energia ha avuto una parte molto importante nell'introdurre, nel delineare e nel diffondere il concetto scientifico stesso dal quale deriva il loro nome: il concetto nuovo della scienza, di *trasmissione dell'energia*.

Il principio della conservazione dell'energia, che come teorema di pura meccanica è antico come Newton, è da circa mezzo secolo ritenuto nel mondo scientifico come una verità universale abbracciante tutti i fenomeni della natura. Esso è attualmente un articolo di fede scientifica; ormai, per il lungo uso e per le innumerevoli verificazioni, la convinzione, colla quale si crede in esso, è limitata soltanto dal pensiero che le leggi della meccanica e della fisica, o le stesse proprietà dello spazio, possano nel mondo a noi inaccessibile essere diverse da quelle che valgono pel mondo accessibile. Ma fino a questi ultimi anni, in tutti gli enunciati ed in tutte le applicazioni del principio sempre si era considerata una cosa solo: la quantità totale, od integrale, della energia, la quale si conserva e non può variare. Nulla si soleva dire intorno al suo movimento, nemmeno quando la natura stessa de' fenomeni studiati dava luogo a considerazioni di spazio e portava a paragonare quantità di energie esistenti in luoghi diversi, e nemmeno quando si conosceva per esperienza l'esistenza ed il valore di una velocità di propagazione finita e determinata. Si affermava, per esempio, che la massima parte dell'energia disponibile su questa terra ci viene mandata dal sole; che è il calor del sole quello che, innalzando dal mare i vapori, rifornisce di continuo i ghiacciai, le sorgenti, i torrenti e i fiumi, dà moto alle nostre macchine idrauliche e somministra l'energia a quella macchina immane per la quale incessantemente si modifica la crosta terrestre; che al calore del sole sono dovute le correnti atmosferiche e le marine; che è l'energia della radiazione solare quella che si accumula ne' tessuti vegetali, quando in essi si fissa il carbonio tolto alla anidride carbonica dell'atmosfera e dell'acqua, quella, per conseguenza, che gli animali trovano negli alimenti, e quella accumulata nel litantrace col quale noi andiamo alimentando i focolari delle nostre caldaie a vapore e le storte de' nostri gasometri. Ma con queste proposizioni si affermava unicamente l'equivalenza tra l'energia ricevuta qui sulla terra ed una parte di quella irradiata dal sole; si considerava l'energia non ancor partita dal sole e la si riconsiderava arri-

vata sulla terra; non la si considerava durante il viaggio. Durante il viaggio si consideravano le oscillazioni termiche e luminose e si studiavano le leggi della loro propagazione; la energia dovuta alle oscillazioni si considerava solamente nei corpi irradianti ed in quelli riceventi la irradiazione. Nello studio della grande macchina trasmittitrice si faceva, in sostanza, quello che ordinariamente si fa nello studio delle macchine industriali, ove si considera la energia spesa ad una estremità sul primo mobile e quella restituita all'altra estremità dall'ultimo mobile, mentre per gli organi intermedi si studiano le forze e i moti senza bisogno di pensare al modo nel quale in grazia di essi ed attraverso ad essi, da un capo all'altro della macchina, fluisce l'energia.

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

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

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

di Birmingham,<sup>1</sup> abbia messo alla luce, scavandolo dalla miniera delle formole del Maxwell, dove era racchiuso completo, ma allo stato latente, il suo teorema sul flusso della energia nel campo elettro-magnetico; un teorema, che, quantunque presentato soltanto pel caso speciale della energia elettromagnetica, ha avuto per effetto di mettere in evidenza un concetto molto più largo, il concetto della continuità della energia.

Questo concetto non è una conseguenza necessaria di quello della conservazione dell'energia, è un allargamento, è il complemento di questo; e perciò è importante. Col semplice principio della conservazione non si attribuiva all'energia nessuna individualità; si diceva: una quantità di energia, data in una determinata forma, può scomparire, a condizione che una quantità uguale di quella medesima forma, o di un'altra, comparisca simultaneamente in qualche luogo, dovechessia. Col principio della continuità, invece, si cerca di seguire nel suo movimento e nei suoi mutamenti ciascuna parte, ciascun singolo pezzo, si direbbe, della energia, come si seguirebbe un pezzo di materia, sul quale si fosse fatto un segno per identificarlo in altri luoghi e sotto altre condizioni. Secondo il nuovo modo di considerare le cose, diceva Oliver Lodge nel 1885, compreso d'entusiasmo, in una nota<sup>2</sup> a lui ispirata dalla pubblicazione della memoria di Poynting, secondo il nuovo modo di considerare le cose noi possiamo ragionare intorno alla via percorsa dall'energia ed avere sulla continuità della esistenza della medesima la stessa certezza che avremmo quando stessimo ragionando intorno alla via per cui ci arriva un bagaglio da qualche stazione lontana, comunque questo possa giungere a noi manomesso o trasformato.

La nozione della continuità dell'energia era, come ho detto, già contenuta, intiera e con tutto ciò che occorre per svolgerla ed analizzarla, nelle teorie del Maxwell. Clerk Maxwell, dando forma matematica precisa ai concetti divinati da Faraday, aveva espresso l'energia elettrica, quella magnetica e quella elet-

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

<sup>2</sup> OLIVER LODGE, *On the identity of energy: in connection with Mr. Poynting's paper on the transfer of energy in an electromagnetic field; and on the two fundamental forms of energy*. Philosoph. Magaz. London, vol. XIX, serie 5.<sup>a</sup>, maggio 1885, pag. 482.

tromagnetica non più per mezzo di integrali estesi alle superfici ed ai volumi occupati dai supposti fluidi elettrico e magnetico agenti a distanza con forze newtoniane, od a quelli occupati dai conduttori attraverso ai quali, col linguaggio ancora in uso, si suol dire che si trasmettono correnti elettriche, ma per mezzo di integrali estesi anche a tutto lo spazio frapposto fra i corpi elettrizzati, o fra i magneti, o fra i conduttori delle correnti. L'idea che l'energia avesse la sua sede in tale spazio era perciò legittima. Legittima, per conseguenza, era anche l'idea che le forze elettriche e le magnetiche dipendessero da una modificazione di un mezzo riempiente tale spazio. Il dover ammettere la presenza in ogni dove di un mezzo avente alcune proprietà analoghe a quelle di un solido elasticissimo non poteva più costituire una difficoltà, poichè la medesima necessità era già altrimenti imposta per la interpretazione dei fenomeni della luce; e neppure infirmava la legittimità dell'idea l'impossibilità di spiegare le forze maxwelliane per mezzo delle sole proprietà dei solidi elastici.<sup>1</sup>

Maxwell aveva fatto di più. Con quella trovata geniale che fu il suo concetto dello spostamento elettrico egli era riuscito a presentare ad a trattare le variazioni, rispetto al tempo, delle suaccennate modificazioni del mezzo come un fenomeno della stessa natura di quello a cui si dà il nome di corrente elettrica, ed allora, attribuendo, con una ipotesi ormai naturale, a questa corrente, alla corrente di spostamento, le note proprietà delle correnti di conduzione, egli potè scrivere equazioni differenziali tra le forze elettriche e le magnetiche esistenti in un campo elettromagnetico, le quali dimostrano che una modificazione di queste forze si deve trasmettere come si trasmettono nell'etere le vibrazioni luminose. Dalla sua teoria risultò che la velocità di propagazione nell'etere libero doveva essere uguale al rapporto tra le unità elettromagnetica ed elettrostatica di elettricità, e siccome già W. Weber e Kohlrausch, poi egli stesso, poi W. Thomson ed altri avevano trovato sperimentalmente che il rapporto delle unità era uguale alla velocità della luce, così si presentò come molto probabile la seducente ipotesi che il mezzo ove si propagano le forze elettriche e magnetiche e l'etere lu-

<sup>1</sup> L'impossibilità di spiegare le forze maxwelliane per mezzo delle ordinarie proprietà di un mezzo isotropo fu posta in chiaro da Beltrami; vedi E. BELTRAMI, *Sull'interpretazione meccanica delle formole di Maxwell*, Nuovo Cimento, serie 3.<sup>a</sup>, tomo XX, 1885, pag. 5 e pag. 97.

minifero fossero una medesima cosa. Prima ancora che la teoria elettromagnetica della luce ricevesse una più diretta conferma sperimentale era adunque naturale cercare nel mezzo dielettrico, o nell'etere, la sede, come delle forze, così dell'energia; ed anzi, poichè Maxwell aveva dato l'espressione dell'energia contenuta in una superficie chiusa comunque tracciata nello spazio, così era dal Maxwell stesso implicitamente dato tutto quanto occorreva per studiare col sussidio della pura matematica il modo di trasmettersi di essa.

Ma, come ho detto, il concetto era rimasto inavvertito, era allo stato latente; e fu il Poynting, solo nel 1884, appunto quando come ho notato, la nozione della trasmissione dell'energia, già diffusa e familiare, riempiva le menti dei tecnici lavoranti alla ricerca delle applicazioni industriali, fu il Poynting che lo vide chiaramente, e che, estraendolo dal suo ripostiglio, lo portò alla luce del giorno. A tal uopo gli bastò scrivere per mezzo delle formole di Maxwell l'espressione dell'energia elettrica e magnetica contenuta entro una superficie chiusa, comunque tracciata nello spazio, e differenziarla rispetto al tempo. Trasformando il risultato per mezzo delle equazioni di Maxwell, egli trovò che le variazioni della quantità totale di energia contenuta nella superficie sono uguali a quelle che si avrebbero se l'energia fluisse nello spazio in direzione perpendicolare al piano delle forze elettrica e magnetica, e propriamente nella direzione nella quale si avanzerebbe una vite destrorsa girante dalla prima di queste forze verso la seconda, e se in una unità di tempo, in un secondo, passasse attraverso ad ogni unità di superficie, ad un centimetro quadrato preso su tale piano, una quantità di energia proporzionale all'area del parallelogrammo fatto sulle due forze medesime prese come lati.

Ora ecco la conseguenza a cui conduce questo teorema. In un filo percorso da una corrente elettrica la forza elettrica è longitudinale mentre quella magnetica è perpendicolare al piano passante per l'asse, è tangenziale; il flusso dell'energia è adunque radiale e diretto verso l'interno. L'energia non fluisce nel filo longitudinalmente, ma entra dall'esterno normalmente alla superficie, ed entrata si trasforma in calore. Fuori del filo, a breve distanza da esso, la forza elettrica è radiale, colla forza magnetica, che è tangenziale, essa determina un piano approssimativamente normale al filo; il flusso di energia è longitudinale; l'energia fluisce all'esterno del filo; fluirebbe tutta all'esterno,

senza che alcuna parte di essa penetrasse nel metallo, se questo potesse avere una resistenza elettrica nulla: penetra in parte nel metallo e vi si perde trasformandosi in calore se vi ha una resistenza diversa da zero. Il filo non è un canale dentro al quale l'energia fluisca; è una rotaia lungo la quale l'energia scorre esternamente e nella quale una parte di questa si dissipa come calore. Il metallo del filo non è il materiale attivo del meccanismo trasmittente; è invece un materiale passivo, che nel funzionamento di tale meccanismo interviene colla sua cedevolezza. In mezzo al dielettrico circostante, che è il corpo ove le forze hanno sede e si trasmettono, il filo non fa altro che stabilire una linea di debolezza, la quale fa sì che la propagazione dell'energia avvenga in una direzione determinata; il filo non è la sede del fenomeno principale, ma semplicemente determina pel fenomeno un asse. Se il circuito elettrico è formato da due fili paralleli, l'energia corre frammezzo a questi come fra due guide. Se si ha un canapo concentrico, l'energia fluisce nello spazio isolante fra l'anima di rame ed il conduttore tubolare esterno. In tutti i casi essa si trasmette attraverso allo spazio non occupato dal metallo.

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

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

fili quanto quella che essa si trasmetta all'esterno. La difficoltà di capire il meccanismo della trasmissione è la stessa nelle due ipotesi, perchè come fuori dei fili, così dentro di essi nessun movimento è visibile. Ma possiamo considerare casi nei quali sussiste la continuità soltanto del dielettrico, o soltanto del metallo e da questi possiamo dedurre criteri sicuri per la scelta fra le ipotesi. Si ha la continuità del solo dielettrico, e non quella del metallo, nel caso di una trasmissione da una dinamo alternatrice ad armatura fissa, come quelle di Tivoli, o de' Cerchi, ad un motore a corrente alternante del medesimo tipo. In questo caso infatti la continuità metallica può esistere solo tra le parti fisse delle due macchine, le quali consistono, come si sa, in due corone di spirali; la continuità non esiste tra queste parti fisse e le mobili, le quali sono, come si sa, due stelle di magneti portate da alberi e giranti dentro alle due corone; queste due stelle girano nelle due corone di spirali senza toccarle, girano nell'aria. Ebbene, quantunque manchi la continuità metallica, tuttavia le due stelle si trasmettono dall'una all'altra il movimento, esattamente come farebbero due ruote dentate imbroccanti l'una nell'altra. Dunque alla trasmissione non è necessaria la continuità del metallo; lo strato di isolante che avvolge tutta la parte mobile della dinamo e quello che avvolge tutta la parte mobile del motore non impediscono la trasmissione; il dielettrico si lascia attraversare dall'energia elettromagnetica. La cosa risulta anche più evidente se, invece che ad una trasmissione diretta, pensiamo ad una trasmissione indiretta con trasformatori. Allora infatti non esiste continuità metallica nemmeno tra le parti fisse delle due macchine. Ma consideriamo ora un caso nel quale sia interrotta la continuità dell'isolante; immaginiamo che la camera dove è la dinamo, o quella dove è il motore, od entrambe sieno tappezzate con un grosso strato di metallo, che non lasci scoperta nè sulle pareti laterali, nè sul pavimento, nè sul soffitto, alcuna parte isolante. In questo caso non è più possibile nessuna trasmissione; noi non possiamo, in questo caso, far uscire anche solo un briciolo di energia elettromagnetica dalla camera ove è la dinamo, nè possiamo farne entrare un briciolo in quella dove è il motore. La parete metallica non lascia passare l'energia elettromagnetica; questa non esce, o non entra nella stanza, se non alla condizione che vi sia una finestrina ove essa possa passare; e questa finestrina è aperta all'energia se chiusa solo da materia isolante, come le finestre

delle nostre abitazioni sono aperte alla luce quando sono chiuse solamente con vetri. L'energia può penetrare, in parte, nel metallo della parete, ma quivi rimane trasformata in calore, e soltanto in questo stato potrà poi parzialmente passare dall'altra parte. Se il metallo costituente la parete potesse essere un perfetto conduttore, se non avesse una resistenza specifica, nemmeno questo fatto avverrebbe, l'energia elettromagnetica non peneterebbe nemmeno nell'interno di esso; un perfetto conduttore sarebbe per l'energia elettromagnetica un perfetto ostruttore. Se fosse completamente vero il fatto che le notevoli ricerche di Dewar e Fleming<sup>1</sup> fanno prevedere, che cioè alla temperatura dello zero assoluto la resistenza specifica dei metalli si annulla, si potrebbe dire che una parete metallica allo zero assoluto non solo costituirebbe uno schermo perfetto per l'energia elettromagnetica, ma non si lascierebbe nemmeno penetrare da essa, per effetto diretto di essa non potrebbe essere riscaldata, e rimarrebbe invariabilmente allo zero assoluto. È adunque forza concludere che delle due ipotesi, che l'energia elettromagnetica viaggi nel metallo o che viaggi fuori del metallo, nel dielettrico, solamente la seconda è accettabile. Lo scaldarsi che fanno i fili metallici congiungenti la stazione generatrice con la riceptrice non infirma questa ipotesi: anche nei congegni della ordinaria meccanica non sono già gli organi trasmettitori quelli che si scaldano, ma sono i perni, i cuscinetti, le guide, le rotaie.

Tanto queste idee, alle quali conduce intuitivamente la contemplazione diretta dei fatti, quanto quelle più precise, alle quali conduce la trattazione matematica di Poynting, riposano intieramente sul concetto fondamentale di Faraday e di Maxwell, che le forze elettriche e le magnetiche abbiano la loro sede in un mezzo riempiente lo spazio dielettrico. Ora questa ipotesi, che Maxwell aveva dimostrato matematicamente conciliabile coi fatti sperimentali, e che la coincidenza del valore del rapporto delle unità elettriche con quello della velocità della luce già rendeva immensamente probabile, riposa attualmente sopra una base sperimentale positiva. Le scoperte che formarono tale base hanno avuto un'importanza così straordinaria, e di esse è così piena in questi giorni la mente di quanti si interessano del

---

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

mondo fisico, che io non ho quasi bisogno di nominarle. Enrico Hertz nel 1888<sup>1</sup> riuscì a produrre, per mezzo di una serie di scariche oscillanti, regolari e rapidissime variazioni periodiche della forza elettrica, rapide oscillazioni elettriche, come si suole dire; e per mezzo di un conduttore aperto funzionante come risonatore riuscì a scoprire quelle oscillazioni nello spazio ed a seguirle; seppe produrre con quelle fenomeni d'interferenza e per mezzo di questi potè dimostrare che le oscillazioni si propagano attraverso allo spazio con una velocità determinata. Riuscì anzi a fare una approssimativa misura della velocità di propagazione, e la trovò uguale a quella della luce.

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

<sup>1</sup> H. HERTZ, *Ueber die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektrodynamischen Wirkungen*, Sitzungsberichte d. Berliner Akad. d. Wissenschaften, 2 febr. 1888; *Wiedem. Ann.* 34, pag. 551. — Idem, *Ueber elektrodynamische Wellen in Lufttraume und deren Reflexion*, *Wiedem. Annalen*, 34, 610; 1888.

<sup>2</sup> G. LAMÉ, *Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides*, Deuxième édition. Paris 1866, pag. 335.

nelle parti di essa da noi modificate e disposte pe' bisogni delle nostre industrie, il mezzo nel quale l'energia si trasmette, è uno solo, l'etere.

Intorno alla legge quantitativa della trasmissione il teorema di Poynting non dice ancora tutto. Il teorema ci assicura che la variazione della quantità totale di energia nell'interno di una superficie chiusa è quella che si avrebbe se il flusso di energia fosse in ogni punto uguale al vettor-prodotto della forza elettrica per la magnetica; non dice che effettivamente esso abbia tale valore. Noi potremmo sommare col flusso calcolato colla legge di Poynting, arbitrariamente, un altro flusso qualunque a distribuzione solenoidale senza punto modificare il flusso totale entrante nella superficie chiusa; il che vuol dire che la distribuzione del flusso indicata da Poynting non è che una fra infinite altre tutte conciliabili colle equazioni di Maxwell. Che fra le infinite possibili essa possa non essere sempre la distribuzione effettiva, risulta anche dalla considerazione di certe circolazioni di energia, che con essa si avrebbero in sistemi apparentemente statici; tantochè Hertz ebbe ripugnanza a servirsi del teorema. Ma che l'energia si trasmetta attraverso all'etere, non può ormai più essere posto in dubbio; e credere con Hertz che il principio della continuità dell'energia, quale fu nettamente delineato da Poynting, non trovi ancora nella scienza attuale un terreno preparato, è certamente una esagerazione.<sup>1</sup>

Intorno poi al meccanismo della trasmissione nell'etere si è cercato e si va cercando di diffondere alcune delle idee fondamentali per mezzo di finzioni o di modelli meccanici, alcuni dei quali, segnatamente quelli di Fitzgerald<sup>2</sup> e di Lodge,<sup>3</sup> hanno

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

<sup>2</sup> FITZGERALD, Proc. R. Dub. Soc. Gennaio 1885. — Vedi anche: Fitzgerald, *On the structure of Mechanical Models illustrating some properties of Aether*, Phil. Mag. 1885, pag. 438.

<sup>3</sup> OLIVER LODGE, *Modern views of electricity*, London, 1892.

indubbiamente contribuito in larghissima misura a popolarizzare le nuove teorie. Ma questi sono artifici utili soltanto per aiutare ne' primi passi gli studiosi meno addestrati alle astrazioni matematiche. Meno imperfettamente, ed in un campo più elevato, giovano a delineare le idee sulla proprietà dell'etere e sul meccanismo della trasmissione le ricerche teoriche, colle quali, in forma matematica, si confrontano le proprietà del mezzo elettromagnetico con quelle de' corpi elastici,<sup>1</sup> o si cercano le proprietà meccaniche che si dovrebbero attribuire ad un corpo acciocchè i suoi movimenti potessero soddisfare alle equazioni di Maxwell o di Hertz.<sup>2</sup> Tali ricerche possono anche avere una importanza grande per sè, perchè la dimostrazione di una analogia, o di una differenza, è per se stessa un trovato scientifico. Ma se si considerano come teorie elettromagnetiche, anche queste hanno puramente il carattere di modelli provvisori, l'ufficio dei quali è somigliante a quello dei ponti di servizio che si adoperano nei lavori architettonici: necessari durante la costruzione, questi ponti debbono essere demoliti ad opera finita; lasciati in posto, impedirebbero la vista dell'edificio. Le equazioni di Maxwell, o quelle di Hertz, compendiano quella parte delle nostre nozioni intorno al mezzo elettromagnetico, la quale è fin d'ora, nello stato attuale della scienza, riducibile a forma precisa; esse compendiano quanto effettivamente si sa per esperienza intorno alle proprietà meccaniche del mezzo. Conoscendo quelle equazioni, noi siamo autorizzati a dire che conosciamo l'etere, col medesimo diritto col quale diciamo di conoscere le proprietà de' corpi elastici, perchè conosciamo le equazioni che reggono l'equilibrio ed il moto di essi. Una teoria meccanica dell'etere può essere legittima se si accorda con quelle equazioni, ma non può aggiungere nulla a ciò che esse dicono, o se aggiunge, aggiunge troppo. Le equazioni di Maxwell e di Hertz costituiscono da sè una teoria meccanica, una teoria meccanica larga, senza una precisa specificazione del meccanismo; una così detta interpretazione meccanica di essa non fa che specificare il meccanismo, ed ha maggiore probabilità di allon-

<sup>1</sup> E. BELTRAMI, Mem. citata.

<sup>2</sup> Notevoli a questo riguardo i lavori seguenti: ERNESTO PADOVA, *Una nuova interpretazione dei fenomeni elettrici, magnetici e luminosi*, Nuovo Cimento, 1891, serie 3.<sup>a</sup>, tom. XXIX, pag. 225; HERMANN EBERT, *Zur Theorie der magnetischen und elektrischen Erscheinungen*, Ann. der Physik und Chemie, Neue Folge Bd. 51, 1891, pag. 268.

tanarla dal vero, che non di avvicinarla ad esso. Una teoria è tanto più probabile quanto più è astratta. Se essa si traduce in equazioni rispondenti ai fatti direttamente dati all'esperienza, essa è quanto oggi si può desiderare. Il progresso starà nel fare che le equazioni abbraccino domani un più largo numero di fatti sperimentali.

SIRE, GRAZIOSISSIMA REGINA,

*Signore, Signori.*

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

Il popolo più tecnico del mondo, il nordamericano, dopo di avere coperto di opifici il suo grande paese, incominciò col l'impiantarvi scuole industriali, ma attualmente è intento ad allestire, con uno slancio e con una larghezza di idee per noi

inaudita, istituti e laboratori per la scienza alta e pura. Noi, che per necessità storica procediamo in ordine inverso, noi, mentre intendiamo all'incremento delle nostre industrie e dei nostri commerci, serberemo nel tempo stesso agli studi l'antico culto. Ed oggi vedendo questa nostra serena e severa casa dedicata agli studi onorata dai Sovrani e da sì eletta adunanza di cittadini, sentiamo pieni i nostri cuori non solo di gratitudine, ma anche del conforto che ci arreca ogni nuova evidenza della saggezza, che veglia su di noi e di quella che ci circonda.

Luciano Galardi.

Il 25 novembre ultimo, 1881 nella casa di viale di Sant'Anna, in Parigi, nasce Luciano Galardi. L'infanzia è dedicata allo studio dell'energia elettrica. A quindici anni, per mezzo dei trasformatori a correnti alternate, realizza il primo esperimento che prevede e dimostra l'importanza pratica delle correnti alternative e dei trasformatori, costruiti a soli 30 anni, dopo un anno di crudele malattia, in mezzo alle distinzioni ed allo sconforto, nel momento stesso in cui il 1882, di cui egli era stato Papavero, presentava all'Esposizione di Torino l'importanza industriale dimostrata.

Ingegno singolarmente ardito ed intraprendente, egli si era, ancora giovanissimo, fatto conoscere con ricerche, alle quali aveva consacrato alcuni anni, nella fabbricazione di composti organici, e con qualche apparecchio elettrico da lui presentato alla Esposizione di Parigi del 1878. Ma la sua opera principale, quella che ha stampato indelebilmente il suo nome nella storia delle applicazioni elettrotecniche, quella che consumò troppo giovanilmente e troppo dolorosamente gli ultimi anni della breve ed ansiosa sua esistenza, è quella relativa ai trasformatori per correnti alternative. La prima applicazione della sua idea fu da lui tentata a Lodi nel 1882 con apparecchi primitivi ed inetti a dare un buon rendimento industriale; ma dopo due soli anni, nel 1884, egli presentava al pubblico apparecchi migliorati, e riusciva a farli funzionare in modo da ricavare rendimenti ottimali, impreveduti. Tali apparecchi furono da lui presentati per la prima volta nella sezione internazionale di elettricità della Esposizione generale italiana di Torino, e sarebbero bastati da

...che non si può ridurre ad un unico principio, e che per questo motivo è necessario che la scienza sia sempre in movimento, e che non si possa mai dire che essa ha raggiunto un punto di arrivo definitivo. E oggi vedendo questa nostra scienza e questa nostra tecnica, che sono in continuo movimento, e che si estendono in tutti i campi della vita, non si può non dire che esse sono in continuo movimento, e che non si può mai dire che esse abbiano raggiunto un punto di arrivo definitivo.

Signore, Signori.

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

Il popolo più tecnico del mondo, il nordamericano, dopo di avere coperto di opifici il suo grande paese, incominciò col l'impiantarvi scuole industriali, ma stranamente è intento ad assistere, con uno slancio e con una larghezza di idee per noi

---

---

## NECROLOGIA

---

(Dall'*Ingegneria Civile e le Arti Industriali*. Vol. XIV.)

### Luciano Gaulard.

Il 26 novembre ultimo (1888) nella casa di salute di Sant'Anna, in Parigi, moriva Luciano Gaulard. — L'iniziatore delle distribuzioni d'energia elettrica a grande distanza per mezzo dei trasformatori a correnti alternanti, colui che previde e dimostrò pel primo tutta l'importanza pratica delle correnti alternative e dei trasformatori, moriva, a soli 38 anni, dopo un anno di crudele malattia, in mezzo alle disillusioni ed allo sconforto, nel momento stesso in cui le idee, di cui egli era stato l'apostolo, prendevano un incremento immenso ed una importanza industriale illimitata.

Ingegno singolarmente ardito ed intraprendente, egli si era, ancora giovanissimo, fatto conoscere con ricerche, alle quali aveva consacrato alcuni anni, sulla fabbricazione di composti esplosivi, e con qualche apparecchio elettrico da lui presentato alla Esposizione di Parigi del 1881. Ma la sua opera principale, quella che ha stampato indelebilmente il suo nome nella storia delle applicazioni elettrotecniche, quella che consumò troppo immaturamente e troppo dolorosamente gli ultimi anni della breve ed ansiosa sue esistenza, è quella relativa ai trasformatori per correnti alternative. La prima applicazione della sua idea fu da lui tentata a Londra nel 1882 con apparecchi primitivi ed inetti a dare un buon rendimento industriale; ma dopo due soli anni, nel 1884, egli presentava al pubblico apparecchi migliorati, e riusciva a farli funzionare in modo da ricavarne rendimenti altissimi, impreveduti. Tali apparecchi furono da lui presentati per la prima volta nella sezione internazionale di elettricità della Esposizione generale italiana di Torino, e sarebbero bastati da

soli a dare a quella nostra Esposizione una importanza grandissima. Nel fatto, l'Esposizione torinese segnò, in grazia del Gaulard, una data importante nella storia delle applicazioni elettriche.

Gli apparecchi del Gaulard presentati alla Esposizione di Torino nel 1884 col nome di *generatori secondari*, sono noti ai lettori dell'*Ingegneria*, e sono note pure le esperienze che su di essi si fecero, qui a Torino, dal Gaulard stesso, dai membri della Giuria internazionale e da altri. Quelle esperienze posero in chiaro la perfetta applicabilità del principio su cui riposava il nuovo modo di distribuzione, assodarono che gli apparecchi trasformatori potevano presentare coefficienti di rendimento uguali, e talora anche superiori al 90 %, realizzavano finalmente un primo esempio di illuminazione elettrica a grande distanza. Colle macchine installate nei locali della Esposizione si poterono attivare, con discreto rendimento, lampade elettriche di differenti modelli, collocate nella stazione ferroviaria di Lanzo, alla distanza di trentaquattro chilometri, su di un circuito di circa ottanta chilometri di filo di rame di quattro millimetri di diametro. L'idea non era, nè avrebbe potuto essere nuova, ma la convinzione della attualità pratica della medesima, il coraggio dell'intrapresa, il merito della riuscita spettano indubbiamente al Gaulard. E se i generatori secondari presentati dall'ardito inventore erano suscettibili ancora di notevoli ed importanti perfezionamenti, che furono poi realizzati da altri, ciò non eliminava nè la benemerita dell'inventore, nè l'importanza dei suoi esperimenti. Il Giurì internazionale conferì al Gaulard, merita-mente, a titolo di incoraggiamento, i due terzi del grande premio di L. 15.000 stabilito dal Governo e dal Municipio di Torino.

Per una fatalità, il Gaulard, che aveva obbligato l'intero mondo elettrico a riconoscere l'immensa importanza dei trasformatori a corrente alternativa, incespicava poi in alcune modalità nel loro impiego, perdeva tempo e subiva la mortificazione di doversi arrestare mentre altri avanzavano rapidamente e trionfalmente sul cammino nel quale egli si era messo per primo. Allora lo sconforto e le difficoltà materiali e finanziarie finirono per portare il povero inventore ad uno stato di sovraccitazione di mente che lo condusse al manicomio, ed un anno dopo alla tomba.

Ultimamente anche il brevetto di privativa del Gaulard era stato dichiarato decaduto. Ma se oggidi noi vediamo multipli-

---

carsi e diffondersi le distribuzioni di elettricità per mezzo dei trasformatori e delle correnti alternative, le quali in America, per opera delle Società Westinghouse e Thomson Houston, in Inghilterra per opera del Ferranti, nell'Europa continentale per opera della Casa Ganz, trasformano ed utilizzano migliaia e migliaia di cavalli dinamici, noi, senza nulla detrarre al merito degli altri inventori e continuatori, non possiamo nel tempo stesso impedirvi di ripensare con immenso compiacimento alla nostra Esposizione di Torino, che fu la sede dei primi esperimenti, e di appendere, con sincero rimpianto e con perenne gratitudine, una corona sulla tomba di Luciano Gaulard, che ebbe fin d'allora e diffuse la fede nel successo.

---

