SULLE CORRENTI ELETTRICHE DELLA TERRA

MEMORIA

DI

CARLO MATTEUCCI

Presentata alla Società il 16 novembre 1866

L'oggetto di questa Memoria è quello di descrivere una lunga serie di esperienze cominciate sin dal 1863, e non più interrotte da quel tempo se non per brevi intervalli, sopra le così dette *correnti elettriche della terra*, intendendo con queste parole le correnti elettriche che circolano in un circuito misto formato di un filo metallico e di uno strato terrestre, e che non dipendono da cause note e esistenti o nella parte metallica del circuito o nelle sue estremità comunicanti col suolo.

Le conclusioni di questo lavoro non comprendono pur troppo nè una spiegazione di queste correnti, fondata sopra una teoria fisica conosciuta, nè la cognizione intera delle leggi del fenomeno. Noi confidiamo però che anche i risultamenti ottenuti siano di tale importanza ed esattezza da ricompensare i lunghi e perseveranti sforzi che furono necessari per ottenerli. Speriamo anzi di essere assoluti da chi vorrà prendere a studiare seriamente quest'argomento, se non abbiamo condotto più avanti e a compimento queste ricerche, sembrandoci risultare evidente dalle esperienze fatte, che oramai i mezzi richiesti per estenderle e completarle sieno tali da superare le forze di un privato.

Parte storica.

Fin dal tempo in cui fu scoperto il galvanometro, cioè poco dopo le famose esperienze di Œrsted e di Ampère, si citano fenomeni di correnti elettriche ottenute applicando le estremità del galvanometro nei diversi punti di uno strato terrestre.

Crediamo che Fox è il primo che ha visto deviare l'ago di un galvanometro, introducendo le lastre di rame congiunte ai capi del filo del galvanometro nei vari punti di un filone di minerale di rame. Becquerel poco dopo il Fox pubblicava una lunga serie di esperienze sopra le correnti elettriche da lui ottenute immergendo gli elettrodi del galvanometro nella terra presa in condizioni diverse d'umidità e di natura.

È appena necessario di dire che tutte queste esperienze non erano che casi diversi del principio generale della pila, cioè di eterogeneità nelle lastre metalliche in contatto col suolo e dei liquidi di cui il suolo era imbevuto nei punti in contatto degli elettrodi. Sarebbe facile, anche supponendo di usare elettrodi omogenei e dai quali non si hanno correnti elettriche immergendoli nell'acqua, di far vedere segni determinati di correnti elettriche usando liquidi di una composizione chimica diversa o di diversa temperatura in contatto degli elettrodi. Sarebbe questa una maniera di ripetere, usando la terra per conduttore intermediario, le esperienze tentate, sopratutto dal Nobili, molti anni sono, sulle azioni chimiche reciproche di diversi liquidi. Lo stesso si deve dire di correnti elettriche ottenute con elettrodi su cui si sieno formate le così dette polarità secondarie.

Questi diversi modi di ottenere correnti elettriche in un circuito misto non hanno che fare collo studio di cui ci siamo occupati, se non per la cognizione importantissima e indispensabile delle cagioni d'errore che s'introducono nelle esperienze colle quali si cerca di scoprire e di studiare le correnti elettriche della terra, assolutamente indipendenti da quelle cagioni.

Io credo che il primo caso di correnti elettriche proprie della terra, e che si potrebbero chiamare, come l'ha fatto Airy, *correnti elettriche*

terrestri spontanee, se non osservato, certamente descritto e pubblicato, è quello che fu scoperto nella notte del 17 novembre 1847 in Pisa nei fili telegrafici, e che descrissi in una lettera diretta ad Arago e pubblicata nei *Comptes rendus* dell'Accademia delle Scienze di Parigi. Quel fatto consisteva nell'esistenza di una corrente elettrica straordinaria che circolava nei fili telegrafici con tanta intensità e costanza da mantenere attratte le ancore dell'elettro-calamite degli apparecchi per tutto il tempo in cui si vedeva nel cielo una magnifica aurora boreale. Questo fatto fu poco dopo osservato negli Stati Uniti, e da quell'epoca in poi sono frequenti le osservazioni di correnti elettriche nei fili del telegrafo associate all'apparizione delle aurore boreali. Quando si pensa che d'altra parte è nota la relazione costante che esiste fra le aurore boreali e le indicazioni mostrate dagli apparecchi che servono a misurare la forza magnetica della terra, è impossibile di non riconoscere tutta l'importanza di quelli studi. Ed infatti, poco dopo quelle osservazioni, non tardarono lavori speciali diretti a cercare l'esistenza delle correnti elettriche della terra e delle loro leggi, indipendentemente dall'apparizione delle aurore boreali.

Noi non faremo che citare brevemente questi lavori fatti prima di quelli da noi intrapresi, e che sono dovuti ai signori Baumgarten, Barlow, Loyd, Walker, e specialmente a Lamont che ha più degli altri esteso e variato questi studi.

Per chi ha studiato queste Memorie coll'attenzione meritata dall'importanza dell'argomento e dall'autorità di quegli esperimentatori, è pur troppo difficile di non giungere alla conclusione che i risultamenti incerti, e così poco concordi fra loro da essi ottenuti, sono principalmente dovuti al metodo d'esperimentare e alle cause disturbatrici necessariamente introdotte da quel metodo. La maggior parte di quelle esperienze sono state eseguite sopra circuiti telegrafici e quindi sopra un filo metallico stabilito in mezzo ad altri fili metallici adoperati per le corrispondenze e perciò percorsi dalle correnti elettriche degli uffizi nel momento delle esperienze. Si sa che i fili delle linee telegrafiche non sono mai fra loro e dalla terra isolati in maniera da non esservi segni di corrente nei fili laterali quando si chiude il circuito con uno dei fili stessi. Oltre di ciò le comunicazioni dei fili metallici del telegrafo colla terra si fanno ora con

una lastra di rame immersa nei pozzi, ora congiungendo i fili coi tubi di ferro delle trombe, ora colle rotaie. Nelle Memorie citate manca generalmente l' indicazione del modo con cui sono costruite le linee, del loro isolamento, delle comunicazioni di queste linee colla terra. Non è nemmeno detto, il più delle volte, se i numeri riferiti sono ottenuti da esperienze fatte, come è probabile, nel tempo in cui le linee servivano alle corrispondenze telegrafiche.

Noi crediamo inutile di distenderci sulla critica delle esperienze accennate e dei risultati ottenuti. Di questa critica si è incaricato recentemente un distinto fisico svizzero, il sig. Dufour di Losanna, e ci contentiamo di riferire colle sue stesse parole la conclusione a cui è giunto: « È dunque » evidente (dice il sig. Dufour), che se si vogliono intraprendere ricerche » sulle correnti elettriche della terra che presentino garanzie serie di » esattezza, bisogna impiegare linee speciali e assolutamente indipendenti » dalla rete telegrafica ».

Fra coloro che ci hanno preceduti in queste ricerche, solamente il sig. Lamont sembra essersi preoccupato del metodo di sperimentare e delle cause di errore introdotte dai metodi seguiti. Perciò l' illustre astronomo di Monaco confessa esso stesso di non avere ancora trovato in queste esperienze *un punto di partenza perfettamente sicuro*, e chiude la sua Memoria colla confessione, che le cose da lui pubblicate fino a quel tempo *non devono essere considerate che come poche indicazioni generali e preliminari.*

In una parola, non credo di mettere innanzi una proposizione esagerata, affermando che da tutti i lavori che ho citato, sarebbe impossibile di ricavare la dimostrazione dell'esistenza del fenomeno di una corrente elettrica che circola in un filo metallico teso sulla terra e isolato da questa e di cui le estremità sono immerse nel suolo, indipendentemente dalle eterogeneità degli elettrodi e dalle varie cagioni d'errore evidentemente introdotte in quelle esperienze, chiamando con questo nome cagioni già conosciute e che non hanno che fare con uno strato elettrico proprio della terra.

Metodo di esperimentare.

La descrizione di questo metodo deve comprendere la parte metallica del circuito misto; le comunicazioni fra le estremità del filo metallico e il suolo, e gli strumenti usati per scoprire e misurare la corrente.

Filo metallico. — Anzi tutto dirò che nessuna delle esperienze riferite in questa Memoria è stata eseguita sopra un filo metallico appartenente a una linea telegrafica composta di più fili. Tutte le volte che ho usata una linea telegrafica, questa era a un sol filo; e le esperienze erano fatte o nei mesi in cui il servizio telegrafico non si faceva per quel filo o nelle ore in cui sicuramente quel servizio era interrotto. Prima di cominciare le esperienze, la linea era stata visitata e riparata per togliere i contatti coi rami degli alberi o coi muri delle case, e per rinnovare le saldature delle unioni. Il filo era il solito filo di ferro delle linee telegrafiche di 3 o 4 millimetri di diametro. Le estremità del filo metallico erano congiunte cogli strumenti o cogli elettrodi immersi nel suolo per mezzo di un pezzo di filo di rame coperto di gutta-percha, saldato subito fuori degli uffizi telegrafici, ed era interrotta ogni comunicazione fra la linea e i fili soliti che entrano negli uffizi. L'isolamento della linea era sempre provato prima di cominciare le esperienze e fu sempre tale nei giorni asciutti da non dare una deviazione sensibile a un galvanometro di 2000 giri.

In molte delle esperienze che riferiremo fu usato un filo di rame di due millimetri di diametro coperto di gutta-percha, il quale era in qualche caso disteso sul suolo, in altri sepolto a una piccola profondità sotto la superficie della terra e il più spesso sospeso a piccole aste di legno, come si usano nei telegrafi da campo.

Elettrodi. — Naturalmente è questa la parte del circuito misto che ha richiesta la maggiore attenzione e che io ho potuto disporre evitando le cause d'errore, dopo di essermi assicurato nelle esperienze di elettrofisiologia che elettrodi di zinco amalgamato, immersi in una soluzione satura e neutra di solfato di zinco, non eccitano fra loro corrente elettrica e non acquistano polarità secondarie pel passaggio di una corrente voltaica.

Gli elettrodi che ho adoprato sono lastre rettangolari di zinco laminato,

larghe 6 a 8 centimetri e alte 12 a 16 centimetri, perfettamente amalgamate e congiunte al filo metallico per mezzo di un serrafili a vite con due buchi, in uno dei quali entra il filo e nell'altro l'estremità di un'appendice lasciata alla lastra di zinco.

La lastra di zinco pesca in una soluzione satura e neutra di solfato di zinco, contenuta in un cilindro di porcellana come quello degli elementi di Grove. Importa di scegliere questi cilindri in modo che non sieno troppo porosi da lasciare facilmente scolare il liquido.

Il cilindro di porcellana così preparato è immerso nell'acqua di pozzo o di fonte, che deve essere la stessa alle due estremità. A contenere quest'acqua, in cui pescano i cilindri di porcellana, ho usato modi diversi. Talvolta, dopo avere praticato nel suolo una specie di fosso di varia profondità da un mezzo sino a due metri, ho fatto nel fondo di questa buca una cavità come una cassula larga 10 a 12 centimetri e tanto profonda che il cilindro di porcellana posato sul fondo venga col suo orlo alla pari del fondo della buca. Perchè poi l'acqua versata in questa specie di cassula non sia presto assorbita dal terreno, rivesto la cassula di uno strato di argilla manipulata, come si usa nelle fabbriche di maiolica.

Altre volte uso dei vasi da fiori, i quali sono immersi nel terreno, e comprimo il terreno intorno al vaso. In alcuni casi finalmente il cilindro di porcellana è introdotto e fissato in un grosso pezzo di sughero, il quale permette che il cilindro resti galleggiante sull'acqua di un pozzo e quasi interamente immerso; il filo di rame coperto di gutta-percha congiunto alla lastra di zinco, è avvolto attorno ad una funicella, per mezzo della quale si fa discendere il galleggiante nel pozzo.

Ho fatto molte esperienze preliminari per assicurarmi dell'omogeneità degli elettrodi così preparati. È molto facile di ottenere questa omogeneità e di conservarla coi cilindri porosi. Si comincia dall'avere un certo numero di questi cilindri nuovi, dall'empirli alla stessa altezza della soluzione di solfato di zinco: si scelgono quelli che non s'imbevono troppo facilmente e che non lasciano scolare il liquido, e i due scelti, dopo essere stati ben asciugati con un panno pulito, s'immergono insieme in un recipiente pieno della stessa acqua. In questo modo anche con un galvanometro di 20000 giri si trovano presto i due elettrodi quasi perfettamente omogenei. Non di

rado avviene che, lasciati i cilindri immersi nell'acqua per un certo tempo, o ritirati e poi immersi, si vede insorgere una qualche corrente fra i due elettrodi. Se la causa della differenza insorta fosse dovuta alle lastre di zinco, ciò che è il caso più raro, bisogna riamalgamarle: se l'eterogeneità insorta è invece dovuta ai cilindri di porcellana, allora bisogna ritirarli dall'acqua, asciugare più volte i cilindri con un panno e anche rinnovare l'acqua in cui sono immersi.

Più difficile è di trovare omogenei i vasi di terra cotta pieni d'acqua in cui s'immerge i cilindri porosi, e per riuscire bisogna lasciarli per qualche giorno imbeversi d'acqua e poi provarli, e allora se ne trovano, fra molti, due fra i quali non si hanno segni d'eterogeneità.

In alcune esperienze usai di praticare una buca di mezzo metro alle due estremità del circuito e di empirla dello stesso terreno, in ognuna delle quali poi immergeva un vaso di terra cotta. Più volte mi sono assicurato prima di cominciare l'esperienza che non vi era corrente fra gli elettrodi, immergendo i due vasi di terra in due buche di un mezzo metro fatte in contatto fra loro.

Ho cercato pure, tutte le volte che mi era permesso, d'invertire la posizione dei vasi di terra e di notare le differenze, se vi erano, delle deviazioni ottenute nei due casi, per scoprire se l'eterogeneità dei vasi stessi interveniva, e in quanta parte, nella corrente trovata.

Ho voluto finalmente conoscere se in qualche caso fosse stato possibile sostituire agli elettrodi che ho descritto due lastre di rame immerse nel suolo, ciò che sarebbe stato molto più semplice e comodo, ed ho trovato che, qualunque fosse lo stato di quelle lastre prima di sottoporle all'esperienza, cioè di usarle o diversamente pulite o ossidate come si trovano più frequentemente, si otteneva sempre al galvanometro di duemila giri una deviazione da principio molto forte e di cui era impossibile di prevedere il senso. Accadeva però costantemente, tenendo chiuso il circuito e lasciando le lastre di rame sepolte e fisse in terra, che quella deviazione diminuiva lentamente, e dopo 18 o 20 ore era scomparsa. A questo punto bastava però di muovere un po' una delle lastre, di calcare la terra attorno, di gettare un po' d'acqua sul suolo dove le due lastre erano immerse, perchè insorgesse una deviazione, la quale adagio adagio spariva. Accadeva anche

che, tolte dal suolo le lastre quando la deviazione era cessata, ricompariva la deviazione, rimettendole in terra o dove erano prima o in altri punti. È appena necessario di dire che, facendo passare una corrente attraverso il circuito misto cogli elettrodi di rame, si trovavano poi gli effetti delle polarità secondarie.

In conclusione: non vi sarebbe alcuna sicurezza nei risultati, usando in queste esperienze sulla corrente elettrica della terra elettrodi di rame: però usando questi elettrodi dopo averli lasciati sepolti in terra per 24 ore e a circuito chiuso, si ottengono le correnti proprie della terra, colla stessa deviazione e colla stessa costanza che cogli elettrodi di zinco ed anche con una intensità maggiore, e questo probabilmente per la maggiore estensione e profondità degli elettrodi di rame rispetto a quelli di zinco.

Galvanometro. — Disgraziatamente non ho potuto usare sempre in questa lunga serie d'esperienze lo stesso galvanometro: pure in due serie delle più importanti ho usato costantemente un galvanometro di duemila giri, con un sistema discretamente astatico, e che non ha subìto variazione in tutto il seguito delle esperienze.

Quando ho voluto avere un'idea dello stato elettrico dell'atmosfera, ho usata un'asta di legno sottile e di 6 a 7 metri d'altezza. All'estremità superiore di quest'asta era fissato un isolatore di porcellana, che portava un braccetto di ferro con una piccola puleggia. Per mezzo di un cordoncino di seta e della puleggia sollevavo un filo di rame coperto di gutta-percha che all'estremità superiore era scoperto per un lungo tratto avvolto a spirale, nella quale mettevo una specie di cartoccio fatto con diversi strati di esca che era accesa al momento dell'esperienza. L'estremità inferiore di quel filo di rame era congiunta alla pallina di un elettroscopio a pile a secco.

Esperienze in un circuito misto di lunghezza non maggiore di un chilometro, in uno strato orizzontale.

Le esperienze in queste condizioni sono state tentate molte volte, tenendo gli elettrodi di zinco ora in contatto, ora a distanze variabili di 10, 20, 50 e 100 metri. Sono appunto queste le esperienze che soglio pre-

mettere a quelle fatte sopra circuiti molto più lunghi e colle quali mi assicuro che non vi è eterogeneità fra gli elettrodi di zinco formati come furono descritti. Ho potuto così accertarmi le tante volte che, se vi era in qualche occasione una piccola deviazione e quasi trascurabile, essa dipendeva dai vasi di terra cotta, e che non vi era nessuna regolarità nelle correnti così ottenute, portando i vasi a diverse distanze dentro quei limiti. Infatti si vede talvolta crescere la corrente allontanando i vasi, e poi diminuire, sparire ed anche invertirsi portando i vasi a distanze maggiori. In questi casi ho potuto sempre riconoscere che vi era una differenza manifesta nelle qualità fisiche del terreno. Così si trova corrente avendo un elettrodo in un terreno carico di terriccio e l'altro in una terra argillosa: vi è corrente operando nella sabbia vicina al mare e avendo gli elettrodi ad una distanza diversa dalla spiaggia. Però gli effetti di queste differenze di terreno non si manifestano mai, se non in contatto dei vasi dove sono gli elettrodi. Perciò una volta trovati due punti a 15 o 20 metri di distanza, fra cui si ha corrente, si è certi di farla cessare, praticando in quei punti due buche di un metro di diametro al più, empiendole della stessa terra e in questa rimettendo i vasi cogli elettrodi.

È quindi utile, come già lo dissi, quando si opera sopra circuiti misti a grandi distanze, di immergere i vasi in due buche empite dalla stessa terra, seppure, come non ho mancato di fare tutte le volte che ho potuto, non si ha la certezza che la deviazione rimane invariabile alternando la posizione degli elettrodi coi loro vasi.

A eliminare il dubbio che la differenza del terreno in cui sono immersi gli elettrodi possa intervenire nei risultati trovati quando i circuiti erano molto lunghi, ho sempre usato di fare ad ognuna delle stazioni estreme quattro o cinque buche alla distanza di 10 o 20 metri l'una dall'altra, e di provare via via mutando la posizione dei vasi.

Passo ora a descrivere le esperienze fatte sopra circuiti misti molto più lunghi di quelli descritti, fino alla lunghezza di un chilometro. A questo oggetto ho scelto un vasto prato orizzontale in prossimità dell'Arno e precisamente nelle Cascine di Firenze. Il terreno di questo prato, almeno sino alla profondità di 25 o 30 centimetri, necessaria per immergere i vasi di terra degli elettrodi, aveva apparentemente le stesse qualità fisiche, cioè quelle di un terreno arenoso, come suol essere nelle vicinanze dei fiumi.

Gli elettrodi di zinco sono stati messi successivamente a mezzo metro di distanza, poi a 11 metri, poi a 148, poi a 750, poi a 1060. Ad ognuna di queste stazioni, come già dissi, facevo quattro o cinque buche per variare in ogni caso la posizione degli elettrodi. Le esperienze si facevano allontanandosi successivamente, poi ritornando addietro nelle stesse buche, distendendo via via la matassa di filo di rame coperto di gutta-percha unito con un capo ad uno degli elettrodi e poi rifacendo la matassa e tornando addietro.

Il filo di rame coperto di gutta-percha fu tenuto ora disteso sul suolo, ora sospeso sopra dei paletti, ora sepolto nell'erba. È inutile di aggiungere che nel fare queste esperienze si usarono tutte le precauzioni già descritte per ottenere e conservare l'omogeneità degli elettrodi.

Il risultato ottenuto da queste esperienze, ripetute più volte con tutte le precauzioni per ottenerle esatte, fu *che in un circuito misto, formato di un filo metallico e di uno strato di terra presso a poco orizzontale, di una lunghezza compresa dentro un chilometro, in giorni di cielo sereno e aria calma, non si trova col galvanometro di due mila giri una corrente propria della terra.*

Però in un circuito di questa lunghezza notai in un giorno di temporale forte e vicino, delle deviazioni brusche nell'atto delle cariche.

Esperienze in un circuito misto della lunghezza di sei chilometri in uno strato press'a poco orizzontale.

Ho potuto coll'assistenza del Corpo del Genio stabilire sulla vasta pianura di San Maurizio, a 22 chilometri da Torino, pianura destinata a manovre militari, due circuiti misti, ognuno dei quali consisteva in uno strato di terra e in un filo di rame di due millimetri di diametro coperto di gutta-percha. Uno di questi fili era teso nella direzione del meridiano magnetico, l'altro in un piano normale a quel meridiano. I due fili avevano la stessa lunghezza circa, cioè 6400 metri. Il filo di rame era sospeso a piccole aste di legno, come si usano nella costruzione delle linee telegrafiche da campo. Alle

estremità delle due linee era scavata una buca di forma rettangolare, profonda e lunga due metri, e larga un metro: nel fondo di questa buca era praticata una cavità larga e profonda 30 centimetri, la quale era rivestita di argilla tanto da non lasciare filtrare l'acqua. Tutte le quattro cavità erano empite dalla stessa acqua, che era quella di una ricca gora di uno dei canali che traversano la pianura; in questa acqua erano immersi i cilindri di porcellana cogli elettrodi di zinco.

Le prime esperienze furono dirette ad assicurarsi dell'eguale conducibilità delle due linee miste.

Dirò anzi tutto che i due fili metallici, Nord-Sud e Est-Ovest, erano interrotti quasi alle loro metà e in quel punto entravano in una stanza ove avevo posti i galvanometri.

Nel maggior numero di queste esperienze usai un galvanometro di 1500 giri con un sistema astatico: disgraziatamente quest'istrumento soffrì tali guasti nell'essere trasportato a Torino finite le esperienze, da non poter più essere adoperato.

Per misurare la conducibilità dei due circuiti misti facevo passare ora nell'uno, ora nell'altro, la corrente di un buon elemento Daniell, e stabilivo con un reostata la conducibilità dei due circuiti. La differenza fin da principio fra le due linee era ben piccola, e non ebbi che a scavare di qualche centimetro le due buche della linea che aveva la resistenza maggiore, per renderle ambidue di uguale e costante resistenza.

Provai anche ad empire due grandi buche fatte quasi in contatto della terra stessa ricavata nel formare le buche alle estremità delle linee. E in queste buche così empite praticai le due cassule già descritte e vi introdussi i soliti elettrodi: quando questi erano adoperati, essendo stati ben preparati, non si trovava alcuna corrente introducendo poi gli elettrodi nelle buche.

Dopo questi studi preliminari cominciai una serie d'osservazioni che ha durato circa un mese, dal 12 marzo al 15 aprile del 1864, essendo la stagione generalmente serena e l'aria fredda e asciutta: vi furono due o tre giorni di forte vento d'Est e un giorno di pioggia con temporale. Per lo spazio di 10 giorni le osservazioni non furono mai interrotte notte e giorno, e due soldati che si davano la muta furono messi a sorvegliare presso ogni buca.

Il galvanometro usato era di 1500 giri e dava una deviazione fissa di 60° con un elemento Daniell introdotto in uno dei circuiti misti.

Ecco i risultati ottenuti dalla lunga serie di osservazioni fatte nei modi e nel tempo che ho descritto:

1° Nei circuiti misti, formati di un filo di rame e di uno strato di terra press'a poco orizzontale e lungo circa 6 chilometri, vi è sempre una corrente elettrica che circola con intensità e in direzioni determinate secondo la direzione di quei circuiti rispetto al meridiano magnetico: quella corrente non può assolutamente essere attribuita all'eterogeneità degli elettrodi o degli strati terrestri in contatto degli elettrodi stessi.

2° Queste correnti hanno un'intensità che cresce fino a un certo punto in ragione della profondità in cui sono immersi gli elettrodi sotto la superficie della terra, da centimetri 50 sino a 2 metri. La maggiore conducibilità che hanno le linee miste secondo la profondità in cui sono immersi gli elettrodi, spiega la variazione trovata nella intensità delle correnti elettriche terrestri in quelle circostanze. È questo un risultato conforme a quello che si ottiene dopo la pioggia e che è dovuto all'umidità maggiore del terreno in contatto degli elettrodi.

3° Quando le buche in cui sono immersi gli elettrodi sono profonde due metri o più, o gli elettrodi sono immersi nelle acque dei pozzi, la estensione delle lamine di zinco e il diametro dei vasi porosi hanno poca influenza sull'intensità delle correnti terrestri.

4° Nel circuito disteso lungo il meridiano magnetico o Sud-Nord, la corrente elettrica ebbe sempre una direzione costante e un'intensità che variò molto debolmente e manifestando un certo periodo. Durante un mese d'osservazioni, diverse centinaia di osservazioni danno che la corrente terrestre fu sempre diretta nella parte metallica del circuito dal Sud al Nord, e mai l'ago del galvanometro si fissò sullo zero nè nel quadrante opposto, e le sue oscillazioni furono sempre piccole e lentissime.

5° Paragonando fra loro le deviazioni poco diverse ottenute in nove interi giorni di osservazioni costanti, essendo la stagione calma e serena, si deduce che la corrente nel circuito Sud-Nord presenta nelle 24 ore due *massimi* e due *minimi* d'intensità. I due *minimi* sono, uno nel giorno e l'altro nella notte, presso a poco nelle stesse ore, cioè dalle undici a un'ora.

Dopo un'ora nella notte la corrente aumenta e dalle cinque alle sette del mattino si nota un *massimo;* nel giorno questo *massimo* oscilla fra le tre e le sette dopo mezzogiorno.

Le differenze fra il *minimo* e il *massimo* d'intensità sono un po' più grandi che fra 1 e 2.

6° Nel circuito perpendicolare al meridiano magnetico i risultati sono molto diversi e soggetti a grandi variazioni. È frequente il caso in cui si veda l'ago rimanere a zero; spesso oscilla da una parte e dall'altra dello zero, andando da 2 a 3 gradi sino a 14 e 15 della stessa parte. La direzione della corrente più frequentemente osservata in questo circuito fu dall'Ovest all'Est nella parte metallica. In generale l'ago non si fissa mai e fa oscillazioni qualche volta anche molto ampie e con rapidità.

7° Non fu mai notato che le differenze di temperatura, che furono da zero sino a +18 e +20° C, e la varia umidità dell'aria, nè la pioggia avessero influenza sulla direzione della corrente esistente nel circuito disteso lungo il meridiano magnetico.

8° Questi risultati non hanno variato mutando la posizione della porzione metallica del circuito, cioè usando il filo metallico disteso sul suolo invece che sospeso sugli alberi.

Esperienze sopra circuiti misti di lunghezza varia da 2 a 300 metri fino a molti chilometri, essendo gli elettrodi immersi nel suolo a una differenza di altezza fra loro più o meno grande.

Le prime esperienze di questo genere sono state fatte sulla collina della Villa della Regina presso Torino. Il circuito misto ivi stabilito si componeva di un filo di ferro isolato nei modi soliti e lungo in linea retta circa 600 metri, in una direzione intermedia fra S.E. e N.O.: le due estremità di questo filo erano unite ai soliti elettrodi di zinco immersi nel suolo a una differenza di livello di 150 metri. Anche in queste esperienze le buche in cui gli elettrodi erano immersi erano state empite colla stessa qualità di terra, e poi vi erano state praticate le cassule o cavità già descritte, rivestite di

argilla. In alcune esperienze i cilindri di porcellana e gli elettrodi di zinco erano messi a galleggiare nell'acqua di due pozzi, come fu già descritto.

Queste esperienze hanno durato mesi e mesi, in diverse stagioni, e non di rado l'ago del galvanometro è stato osservato per giorni interi a piccolissimi intervalli di tempo.

Ho trovato costantemente in questo circuito una corrente elettrica ascendente nel filo metallico, di una intensità che nei giorni sereni e calmi era costante o subiva piccolissime oscillazioni.

Spesso alternavo la posizione degli elettrodi, portando in basso l'elettrodo che era in alto e viceversa: la corrente non variò mai di direzione e pochissimo d'intensità.

Per un certo tempo ho usato in queste esperienze lo stesso galvanometro di 1500 giri, che mi ha servito nelle esperienze sui circuiti di 6 chilometri, nel campo di San Maurizio, e l'intensità della corrente, che chiamerò della collina, era sempre molto maggiore di quella della corrente trovata nel circuito di 6 chilometri.

La corrente ascendente della collina fu di 20 a 25 gradi a questo galvanometro, mentre quella trovata nei circuiti di 6 chilometri, e dove per conseguenza la resistenza era molto più grande, non superò mai 5 a 6 gradi nella linea del meridiano magnetico.

L'intensità della corrente ascendente non mutò sostituendo al filo di ferro isolato, il filo di rame coperto di *gutta-percha,* nè si notarono differenze, essendo questo filo disteso sul suolo coperto di erba o coperto dalla neve.

Ho visto crescere l'intensità della corrente mettendo gli elettrodi nel suolo, da 10 centimetri di profondità, in fondo a buche di 1 a 2 metri di profondità: così nelle buche meno profonde la corrente ascendente era di 15 a 16 gradi, e nelle buche molto profonde e nei pozzi di oltre 20 gradi. Allorchè gli elettrodi sono in uno strato molto superficiale, la deviazione è meno fissa che allorquando gli elettrodi pescano nell'acqua dei pozzi. In questo secondo caso la deviazione rimane costante, anche per ore e ore, se il giorno è sereno e tranquillo, e non muta invertendo la posizione degli elettrodi nei pozzi, come già fu detto.

Credo utile di riferire i numeri esprimenti le deviazioni trovate in alcuni giorni del luglio del 1864, essendo gli elettrodi di zinco immersi in

buche profonde di 2 metri. L'elettricità atmosferica era d'intensità mediocre e costantemente positiva. Il cielo fu in parte sereno e in parte nuvolo e temporalesco. Il galvanometro che adoperavo era di 2000 giri.

Giorno	Ora	Deviazione prodotta dalla corrente ascendente terrestre nel filo metallico	Stato del cielo	Giorno	Ora	Deviazione prodotta dalla corrente ascendente terrestre nel filo metallico	Stato del cielo
Luglio 15	7 am.	23°.....	Elettricità + abbondan.	Luglio 16	12. 20	25°	
	7. 30	23 a 26	Cielo sereno e +27° C		1	25	
	7. 45	23 a 26			2. 30	23	
	8	23 a 24			3	19	
	8. 12	22 a 23			4. 30	30	
	8. 18	23			5	28	
	8. 20	24			5. 30	27	
	8. 30	23 a 24			6	28	
	9	23 a 24 ..	Elettr. positiva minima		7	27	
	9. 20	23 a 25			7. 30	28	
	10	25			8	28	
	10. 30	22	Nuvole sparse e +27° C		8. 30	28	
	11	24			9	27	Temporale.
	11. 30	24			9. 30	28	
	12	23			10. 30	27	
	12. 30	25		» 17	5.30 am.	29	Sereno e bello; dopo pioggia della notte.
	1	24 a 25			8	30	
	1. 30	23 a 24			9	34	
	2	24			9. 15	35	
	2. 30	27			9. 35	35	
	3	24			10	35	
	3. 18	23 a 24			10. 30	34	
	3. 30	28			10. 50	33	
	4	16			11	33	
	4. 30	17			11. 10	34	
	5	18			11. 30	33	
	6	18			11. 40	33	
	6. 30	19			12	31	
	7	20			12. 20	31	
	7. 30	21 a 22			12. 30	31	
	8	22			1. 50	29	
	8. 30	24			2	28	
	9	20			2. 30	26	
	9. 30	22			3. 30	25	
	10	24			4. 10	24	
	10. 30	25			4. 35	28	
	11	25			4. 40	28	
» 16	4 am.	25			5. 25	27	
	7	23 a 24			6. 30	28	
	9. 30	25			7	25	
	10	24			7. 15	25	
	11	25					

È impossibile di scorgere nei numeri riferiti una qualche relazione fra l'intensità della corrente terrestre e l'ora del giorno. L'aumento osservato sul finire del giorno 16 e nel mattino del 17, è probabilmente dovuto alla pioggia caduta in quell'intervallo; e infatti non si manca mai di ottenere quest'effetto spargendo con un inaffiatoio due o tre secchi d'acqua intorno agli elettrodi. Alle prime ore di ognuno dei giorni riferiti mi accertavo dell'omogeneità degli elettrodi, tenendoli immersi assieme nell'acqua

e di tanto in tanto invertendoli di posizione. La precauzione più importante è quella di assicurarsi frequentemente che l'acqua conservi un livello costante nelle cavità in cui sono immersi i cilindri di porcellana degli elettrodi.

Riferirò ancora i numeri di una delle osservazioni fatte avendo gli elettrodi galleggianti in due pozzi, uno in cima e l'altro alla base della collina, come già dissi. I numeri riportati furono ottenuti col galvanometro di 1500 giri.

Giorno	Ora	Deviazione prodotta dalla corrente ascendente nel filo metallico	Stato del cielo
Luglio 25	12.15 am.	32°	Sereno.
	2.24	32	
	5.30	40	
	5.50	42	
	6.20	42	
	7.45	40	
	8.30	40	
	10	42	
	11	40	
	12	40	
	12.30	40	
	2	40	
	2.30	42	
	3	40	
	4	40	
	5	40	
	8.30	40	
	9	40	
	9.30	40	
	10	40	
	10.30	41	
	12.30	41	

Anche in questa esperienza la posizione degli elettrodi fu per due volte invertita.

Evidentemente, usando gli elettrodi galleggianti nell'acqua dei pozzi, la deviazione è più costante che tenendo gli elettrodi nelle buche fatte in terra, dove accade che l'acqua in cui pescano i cilindri va via via calando. Devo qui osservare che, avendo potuto adoperare un pozzo posto

sulla metà della collina di Torino, ripetei queste esperienze avendo la stessa lunghezza di prima di filo metallico, e in un caso uno strato di terra lungo dalla base della collina circa alla metà e nell'altro caso dalla metà in cima, e tenendo sempre gli elettrodi immersi in pozzi: nelle esperienze in cui il circuito terrestre era circa la metà di quello usato prima, la deviazione fissa della corrente ascendente fu di 10°, cioè molto minore di quella ottenuta fra la base e la cima della collina.

Credo utile di descrivere ancora i risultati principali ottenuti da una serie non interrotta d'esperienze fatte in tutti i mesi dell'estate scorsa nelle colline intorno a Firenze.

La linea era composta del solito filo di rame coperto di gutta-percha, sospeso sugli alberi e interrotto circa alla metà per entrare nel laboratorio, dove i due capi erano immersi in due vasetti pieni di mercurio assieme ai fili del galvanometro di 1500 giri. In molte esperienze ho usata un'altra linea simile, che mi permetteva di provare fra loro i due elettrodi immersi quasi a contatto, ora nella stazione inferiore, ora nella superiore. Gli elettrodi erano le solite lastre di zinco amalgamate, immerse nella soluzione del solfato di zinco, e questa contenuta nei cilindri di porcellana immersi alla loro volta nell'acqua di pozzo o di fonte contenuta in due vasi di terra cotta, come quelli da fiori, sepolti nella terra.

È inutile di ripetere che questi elettrodi erano provati prima, immersi assieme nell'acqua o in terra alle due estremità, e che si usavano tutte le precauzioni per essere certi dell'omogeneità degli elettrodi. Alle due estremità, scegliendo un terreno che ha circa la stessa natura, solevo fare due buche, larghe e alte un metro, che riempivo della stessa terra, ed in queste buche così preparate introducevo i vasi coi due elettrodi. In ogni giorno d'esperienza cominciavo sempre e finivo, invertendo la posizione dei vasi e assicurandomi così che le deviazioni erano indipendenti dagli elettrodi, e che questi, provati in contatto, erano sensibilmente omogenei.

I due elettrodi erano fra loro a una differenza di livello di circa 55 metri.

Contemporaneamente alle osservazioni delle correnti elettriche nel circuito, studiavo alle stazioni estreme l'elettricità atmosferica nel modo già descritto. Nei giorni sereni ho sempre trovato fortissimi segni d'elettricità positiva presso la stazione superiore, e nulli o molto deboli i segni della

stessa elettricità in fondo alla vallata presso la stazione inferiore: e lo stesso accadeva in questa stagione anche quando vi erano temporali. Nella stazione superiore invece i segni cambiavano secondo l'intensità e la distanza dei temporali, come lo diremo in seguito. Scelgo i numeri ottenuti nei giorni 2, 3 e 4 di luglio, essendo l'aria calda e secca, e quasi sempre serena, meno un temporale molto lontano che accadeva il 3 luglio in alcune ore dopo il mezzogiorno.

Nel giorno 2, dal mattino fino alle 10 della sera, *la corrente fu sempre ascendente nel filo metallico e fissa fra* 15° *e* 16° *nel mattino e fra* 11° *e* 12° *dopo il mezzogiorno.* I risultati del 3 giugno furono i seguenti:

Ora	Deviazione
8 am.	13° a 14°
9.42	15
12	8
1.16	12
1.30	12 a 13
2.32	18
2.40	18
2.45	18
2.48	15
3	18
3.12	15
3.43	18
3.50	18
4. 5	15
4.20	18
4.40	17
5.40	18
8.50	14
9.30	30
10.15	15

Avendo lasciati gli elettrodi in posto tutta la notte, la corrente era fissa fra 14° e 15° al mattino dopo, e rimase la stessa deviazione invertendo la posizione degli elettrodi.

Riferirò anche i numeri ottenuti il 30 maggio, nel quale si verificò una specie di tempesta, cioè soffiava un forte vento di scirocco e per alcun tempo il cielo era coperto di grossi nuvoli traversati da scariche elettriche in distanza e vi fu pioggia.

Stato del cielo	Ora	Deviazione della solita corrente ascendente nel filo metallico
Pioggia per qualche tempo.	7 ant.	22°
	8	18 a 20
	9.14	23
Vento forte.	12	20
	12.20	21
	12.30	20
	12.37	18
	12.45	20
	1	20
	1.15	15
	1.20	10
	1.30	8
	1.40	5
Nuvole temporalesche bassissime e minacciose, lampi e tuoni e pioggia.	1.45	l'ago oscilla fra 5° e 0°
	1.50	
	2. 5	
	2. 8	
	2.10	
	2.15	
	2.30	
	2.36	
Forte pioggia che dura fino alle 4 p. m. con tuoni e lampi, e grosse nuvole nere sulla linea.	2.40	10
	2.50	10
	2.53	15
	3	20
	3.10	20
	3.15	20
	3.18	22
	3.20	25
	3.25	23
	3.30	20
	3.35	25
	3.38	25

Sino a questo momento l'ago oscillava leggermente: ma dopo, sotto l'azione del temporale, l'ago, benchè sempre dalla parte da cui lo tiene la corrente ascendente, fece grandi oscillazioni, e alla fine del giorno la deviazione era quasi fissa verso 60°. Abbiamo già detto che il 2 giugno a cielo sereno e tornata l'aria calda e asciutta, la deviazione era ristabilita e fissa fra 15 e 16 gradi.

In un temporale del giorno 7 ho tenuto l'elettroscopio in funzione per molto tempo nella stazione intermedia, e costantemente avevo grandi oscillazioni dell'ago fino allo zero, quando l'elettroscopio dava segni di elettricità negativa o dava segni debolissimi di elettricità positiva. Anche sotto i forti colpi di vento queste oscillazioni si verificavano. Invece, la

deviazione solita della corrente ascendente cresceva lentamente o bruscamente, secondo che l'elettroscopio indicava un aumento corrispondente nei segni dell'elettricità positiva o un aumento brusco della stessa elettricità nell'atto in cui scoccava un lampo.

In molte altre serie d'esperienze, che credo inutile di riferire, ho trovato sempre nei giorni calmi e sereni una deviazione quasi costante: e questo non accadeva più sotto i temporali ed anche nei giorni sereni sotto i forti colpi di vento e le grandi oscillazioni della pressione atmosferica.

Passo ora a descrivere le esperienze eseguite sopra un circuito misto, in cui il conduttore metallico, che era un filo di ferro di tre millimetri ben isolato, aveva circa 45 chilometri di lunghezza.

Le due stazioni estreme, che erano Pontedera e Volterra, avevano fra loro una differenza di altezza di circa 540 metri.

Le esperienze sono state fatte nelle due notti degli 11 e 23 luglio, a cielo sereno e calmo.

Le esperienze cominciavano alle ore 7,30 p. m. e finivano alle 4,45 a. m.

Nella linea fra Pontedera e Volterra gli uffizi telegrafici sono chiusi nella notte, e per essere anche più certo che nessuna corrente del telegrafo poteva introdursi durante le esperienze nelle linee, feci interrompere la linea da una parte e dall'altra a un palo o due di distanza dall'uffizio e al di là dell'interruzione feci saldare un pezzo di filo di rame coperto di gutta-percha, che alla stazione di Volterra scendeva immediatamente in terra riunito all'elettrodo di zinco immerso nel suolo nel modo solito, mentre alla stazione di Pontedera, dove era il galvanometro, il filo di rame sopradetto andava al capo del galvanometro, avendo fatto comunicare l'altro capo pure a un filo di rame coperto di gutta-percha che terminava alla terra unito all'altro elettrodo di zinco.

Ecco i numeri delle due esperienze, in ambedue delle quali la deviazione costante dell'ago indicava la solita corrente ascendente nel filo metallico.

17 luglio		*23 luglio*	
Ora	Deviazione	Ora	Deviazione
7.30 pm.	17°	8 pm.	6°
8	11	8.15	20
8.30	13	8.30	30 a 40
9	10	8.45	28
9.30	12	9	20
10.15	10	9.20	10
10.30	12	9.25	20
11	10	9.30	22
11.15	16	9.45	30
12.30	10	10	20
1	15	10.15	10
1.30	15	12.30	25
2	14	2.35	40
2.30	15	3	36
3	18	3.55	38
4	21		
4.30	8		
4.45	10		

In queste esperienze, e sopra tutto in quella della notte degli 11 luglio, la deviazione era stata sensibilmente costante anche nell'intervallo fra una osservazione e l'altra, e le variazioni si facevano lentissimamente. Questa costanza però non fu così assoluta come quella notata nelle esperienze precedenti e a circuito corto, avendo l'ago in queste esperienze fra Volterra e Pontedera mostrato costantemente una specie di tremito in un arco che non fu però mai maggiore di un grado. Oltre di che tanto nelle esperienze degli 11, quanto in quelle del 23 luglio, avvenne nella prima notte per tre volte, nella seconda per quattro, ad intervalli varii di tempo, che l'ago deviato e quasi fisso scese improvvisamente a 0° e oscillò il più spesso per pochi secondi e una volta sola per circa un'ora nel quadrante opposto, non prendendo mai una direzione fissa e tornando con un movimento brusco a fissarsi sotto la corrente ascendente.

Devo ritenere, ma non potrei affermarlo assolutamente, che questi movimenti straordinari dell'ago sono indipendenti dagli errori delle esperienze, annoverando fra questi anche il caso di una corrente Voltaica introdotta per un momento nel circuito a Volterra, dove io non era.

L'ultima serie delle esperienze che mi resta a riferire è quella che riguarda gli studi fatti sopra una lunga linea telegrafica da Ivrea a Courmayeur, prima nell'ottobre del 1864 e poi di nuovo nel novembre del 1866.

Le esperienze furono fatte nei tre tratti diversi di cui si compone quella linea. Il primo tratto fra Ivrea e St-Vincent, quasi parallelo al meridiano, è lungo 36 chilometri, essendo fra le due estremità una differenza di livello di 281 metri. Il secondo tratto di linea fra St-Vincent e Aosta è lungo 25 chilometri e la differenza di livello è di 83 metri. Infine il terzo tratto fra Aosta e Courmayeur all'estremità della vallata ai piedi del Monte Bianco è lungo 27 chilometri e la differenza di livello delle due estremità è di 642 metri.

Nel 1864 le esperienze furono fatte separatamente nei tre tratti di linea che abbiamo descritti: nelle esperienze del 1866 furono adoperati i due tratti soli, cioè da Ivrea a Aosta e da Aosta a Courmayeur.

Il filo della linea era il solito filo di ferro di 3 a 4 millimetri di diametro. Prima delle esperienze, la linea intera era stata visitata, riparata ed isolata con cura, sicchè non vi era movimento sensibile nell'ago introducendo una corrente nella linea, mentre il capo opposto era isolato in aria. Ho usato i soliti elettrodi di zinco già tante volte descritti, ora messi a galleggiare sull'acqua dei pozzi quando ho potuto, ora immersi in buche fatte in terra piene della stessa acqua, che era quella della Dora. Fra Ivrea, St-Vincent e Aosta le esperienze sono sempre state fatte nella notte, quando gli uffici telegrafici erano chiusi: nelle ultime esperienze fra Aosta e Courmayeur, dove il servizio telegrafico cessa nel settembre, le esperienze poterono farsi a qualunque ora del giorno e con sicurezza. I risultati ottenuti nella prima serie d'esperienze, e già descritti in un estratto inserito nei *Comptes rendus* del 19 settembre 1864 dell'Accademia di Parigi, sono i seguenti. Le correnti elettriche ottenute nelle tre linee della val d'Aosta, malgrado la resistenza molto più grande della porzione metallica di queste linee in paragone della linea di 600 metri sulla quale avevo operato nelle colline presso Torino, davano allo stesso galvanometro correnti molto più forti, misurate da deviazioni più o meno fisse di 40° a 60° e sino a 80 gradi, in vece di 20, 25 al più ottenuti sulla linea corta. Tutte le volte che le deviazioni si fissavano, e questo accadeva anche per lo spazio di un'ora, la deviazione indicava una corrente ascendente nel filo metallico. Però si notava un certo tremito nell'ago, e di tanto in tanto, come nelle esperienze fra Pontedera e Volterra, l'ago discendeva improvvisamente a 0° e oscillava per qualche istante o intorno a 0°, o anche nel quadrante opposto, per poi ritornare alla deviazione fissa dovuta alla corrente ascendente nel filo metallico.

Anche in questo caso ho tutta la ragione di credere, ma non potrei affermarlo assolutamente, che nessuna corrente Voltaica sia stata introdotta per qualche istante nel circuito per produrre quelle oscillazioni.

Le esperienze fatte nel novembre del 1866 furono tentate in condizioni migliori, e quando la corrispondenza fra Courmayeur e Aosta era cessata da due mesi.

In queste esperienze io fui assistito dal sig. Eccher, Aiuto della Cattedra di Fisica di questo Museo, e al suo zelo ed amore per la scienza devo se in circostanze di clima e di luogo non comode, sopratutto nella stagione invernale, si sono usate tutte le precauzioni possibili perchè le esperienze riuscissero le più esatte possibili.

In queste esperienze si avevano ad ognuna delle estremità tre vasi simili di terra immersi in un terreno press'a poco uguale e a qualche distanza fra loro, e successivamente si misurava la corrente dopo aver portati gli elettrodi di zinco immersi nei cilindri di porcellana e riscontrati ben omogenei, ora in un vaso di terra, ora nell'altro, essendo in tutti i vasi alle due estremità la medesima acqua.

Le esperienze fra Aosta e Courmayeur furono fatte il 3 novembre 1866 alle 8 a. m.: l'elettricità atmosferica a Courmayeur era debolmente positiva; la notte aveva nevicato sulle alture e la nebbia si era dissipata solo al sorgere del sole. Alle 8,45′ la linea fu provata per conoscerne l'isolamento, che era perfetto.

Esse diedero i risultati seguenti:

Ora	Deviazione	Limiti dell' oscillazione dell'ago	Osservazioni
9.15 am.	30°	20° — 43	Sono usate le buche estreme che chiameremo N° 1 e N° 1°.
9.30	41	30 — 51	Ago quasi fermo e oscilla quasi sempre fra 38 e 45.
9.45	52	50 — 55	Ago quasi immobile.
10	.....	.....	Tolte le comunicazioni l'ago va a 0°; sono rimesse fra le buche N° 1 Courmayeur o N° 2 Aosta.
10.10	50	40 — 55	
10.20	51	49 — 54	Ago quasi fermo.
10.30	52	50 — 58	Oscillazione lenta.
10.40	54	.....	Assolutamente fermo.
10.45			Segni d'elettricità positiva più forti del mattino.
10.58	54	45 — 60	Oscillazioni debolissime.
11	.....	.....	Tolte le comunicazioni l'ago va a 0° e rimesse fra buca N° 3 Aosta e N° 2 Courmayeur.
11.10	52	46 — 60	Ago quasi fermo.
11.20	52	46 — 60	Id.
11.35	47	30 — 51	Fra le buche N° 3 e N° 3 dalle due parti, l'ago oscilla.
11.45	45	25 — 50	Id.
11.55	44	.....	Ago fermo.
12	.....	.....	Levate le comunicazioni e rimesse fra buca N° 1 Aosta e N° 3 Courmayeur.
1. 5	36	30 — 50	Piccole oscillazioni.
1.10	34	20 — 42	Quasi quieto.
1.15	36	20 — 48	Oscilla. Le buche sono N° 1 e N° 1 delle due parti.
1.20	38	29 — 50	Lievi oscillazioni.
1.25	42	35 — 50	Oscilla appena.
1.30	.....	.....	Levate le comunicazioni e rimesse fra N° 2 Aosta e N° 1 Courm.
1.35	45	40 — 52	Lievi oscillazioni.
1.40	49	.....	Ago fermo.
1.45	52	.....	Id. ; fra le buche N° 2 da ambe le parti.
1.55	52	.....	Id.
2	.....	.....	Buche N° 2 da ambe le parti.
2. 8	48	40 — 52	Quasi fermo. Buche N° 3 da ambe le parti.
2.15	19	.....	Ago fermo.
2.20	50	45 — 53	Lievi oscillazioni.

Devo aggiungere che alle due stazioni di Aosta e di Courmayeur furono anche adoperati due elettrodi di rame, che erano due lamine di questo metallo di circa un terzo di metro quadrato di superficie, sepolte a circa un metro di profondità. Queste lamine furono adoperate come elettrodi, dopo essere state da due giorni sepolte. Nel giorno 3 di novembre, con questi elettrodi di rame e ad intervalli di più ore di tempo si ebbe una deviazione quasi fissa e nello stesso senso che cogli elettrodi di zinco, che fu dalle ore 12 alle ore 12,48′ di 65°, di 70°, di 69°, e dalle 2,40′ fino alle 3,30′ di 69° e di 68°.

Tutte le deviazioni riferite indicavano *una corrente ascendente* nella porzione metallica del circuito.

Descriverò per ultimo le esperienze fatte sulla linea fra Ivrea e Aosta lunga circa 160 chilometri, e di cui le estremità sono fra loro a una differenza di livello di 364 metri. Le esperienze furono condotte esattamente come quelle descritte distesamente fra Aosta e Courmayeur, ed eseguite nei giorni 5 e 6 novembre. L'elettricità atmosferica sempre positiva era a Aosta assai più intensa che nelle esperienze fatte a Courmayeur.

La corrente che circolava in questa linea era costantemente ascendente nella parte metallica del circuito, e per molte ore la deviazione oscillò fra 40 e 50 gradi.

Nel giorno successivo l'aria era interamente serena, il sole vivo, e i segni d'elettricità atmosferica furono più forti che mai.

L'ago durò deviato per diverse ore e quasi fisso fra 60 e 64 gradi per una corrente ascendente nel filo metallico.

Anche fra Ivrea e Aosta si provarono le lastre di rame immerse nel suolo alla profondità di un metro, come elettrodi, e la deviazione ottenuta, essendo l'ago quasi immobile, fu di 64 a 65 gradi.

CONCLUSIONI GENERALI.

Le esperienze descritte in questa Memoria dimostrano le proposizioni seguenti:

1° Se si ha un filo metallico isolato dal suolo o sospeso ad una certa altezza o in contatto col suolo stesso, e di cui le estremità sono immerse nella terra, in buona comunicazione con essa e per mezzo di elettrodi perfettamente omogenei, e colla certezza che non esiste forza elettromotrice nè fra alcuna parte del circuito metallico, nè fra la terra e gli elettrodi, si trova che vi è in quel filo una costante circolazione d'elettricità, tutte le volte che questo filo, essendo le sue estremità immerse press'a poco ad una stessa altezza e in uno strato orizzontale, la lunghezza rettilinea del filo è almeno di sei chilometri, o se essendo questo filo molto più corto, le sue estremità sono immerse nel suolo ad una altezza diversa fra loro:

2° Allorchè il filo metallico è lungo 6 chilometri e di cui le estremità sono immerse in uno strato orizzontale, vi è in quel filo una corrente in direzione costante, diretta dal Sud al Nord, se il filo è disteso al meridiano: se questo filo è disteso nella linea equitoriale, i segni della corrente elettrica che vi circola sono molto variabili e senza una direzione fissa;

3° In un filo metallico molto più corto, a cominciare da 300 metri, vi è una circolazione costante di elettricità se le estremità sono immerse nel suolo a diverse altezze fra loro. In questo caso la corrente è costantemente ascendente nel filo metallico;

4° Questa corrente ascendente ha una intensità che, malgrado la maggiore resistenza del circuito, cresce colla lunghezza dei circuiti, e cresce anche colla differenza di livello dei punti in cui le estremità del filo sono immerse. Però nei circuiti molto lunghi e a grande differenza di altezza fra le estremità, l'intensità della corrente ascendente non è più così costante come lo è nei circuiti corti.

Questi risultati mutano in presenza dei temporali ed anche nelle grandi perturbazioni atmosferiche: in questi casi l'intensità della corrente terrestre ed anche la sua direzione sono soggette a notevoli variazioni.

Ipotesi sull'origine della corrente terrestre.

Sarò brevissimo sopra questo punto, mancando ancora a queste ricerche l'ampiezza necessaria per giungere in un fenomeno necessariamente oscuro e forse complesso ad una spiegazione rigorosa.

Quando si pensa che la resistenza alla corrente elettrica di uno strato terrestre è quasi nulla, e che essa non varia colla lunghezza di questo strato, non vien fatto di vedere analogia fra queste correnti terrestri e le correnti derivate propriamente dette.

Legate come sono le correnti terrestri coll'apparizione dell'aurora boreale e colle grandi variazioni del magnetismo terrestre, si presenta naturalmente la probabilità di un'intima relazione fra queste correnti e le cause del magnetismo della terra e dello stato elettrico della terra stessa e dell'aria.

Se, come è provato dall'esperienza, la terra è un corpo carico d'elettricità negativa; se, come in fatti avviene, la tensione di questo stato elettrico della terra cresce coll'altezza dei punti terrestri, si può concepire che un filo metallico, di cui un'estremità tocca il fondo di una vallata e l'altra una sommità, debba essere percorso da una corrente elettrica ascendente, come appunto fu trovato di un'intensità proporzionale alla differenza dei potenziali elettrici di quei due punti.

Siccome poi lo stato elettrico della terra varia anche nei giorni sereni nelle varie ore del giorno, potrebbe anche da questa legge dell'elettricità atmosferica aver origine la corrente elettrica terrestre nei fili metallici toccanti il suolo colle loro estremità, purchè molto lunghi.

Ma fenomeni così oscuri e complessi richiedono una grande riserva nei tentativi che si fanno per spiegarli, ed è solo da quelle nuove o più perseveranti ricerche che abbiamo invocate nel principio di questa Memoria, che si può attendere una maggiore luce sopra un fenomeno tanto importante per la fisica terrestre.