

# SULLE DIFFERENZE DI LONGITUDINE DETERMINATE MEDIANTE LA TELEGRAFIA CON O SENZA FILI

NOTA di G. SILVA

Nelle operazioni di longitudine si tende opportunamente a sostituire ai segnali fatti con la telegrafia ordinaria segnali radiotelegrafici, ma non sembra che i dispositivi finora adottati nell'uso di questi possano condurre al grado di precisione raggiunto con l'impiego di quelli.

Col desiderio di contribuire allo studio riguardante la migliore disposizione da dare agli apparecchi al fine di eliminare per quanto è possibile gli errori sistematici, ritengo opportuno ricordare e chiarire anzitutto il problema tecnico che si tratta di risolvere, così da mettere in luce le cause da cui i detti errori sistematici provengono. In seguito riferirò i risultati di esperimenti che ho avuto occasione di fare preparandomi a partecipare o partecipando ad operazioni di longitudine. Per quanto si tratti di esperimenti fatti saltuariamente e senza un preciso programma, essi conducono a qualche interessante conclusione e mostrano quanto sia utile uno studio accurato degli apparati in determinazioni di longitudine di primo ordine, alle quali soltanto intendo riferirmi.

I. IL PROBLEMA TECNICO DELLE DETERMINAZIONI DI LONGITUDINE DI PRECISIONE. — Poichè la differenza di longitudine tra due stazioni non è che la differenza dei due tempi locali (per es. siderali) ad un medesimo istante, conviene anzitutto precisare che si intende per *tempo segnato dall'orologio* e come si passa da esso al *tempo (locale) esatto*. Si consideri l'istante in cui, ad ogni secondo dell'orologio, si forma il contatto elettrico destinato a chiudere il circuito di una (dirò della *prima*) delle elettrocalamite del cronografo, strumento indispensabile nelle determinazioni di tempo di precisione. In detto istante viene lanciata nel circuito una corrente elettrica, che in un tempuscolo iniziale ha intensità rapidamente crescente secondo la legge

$$I = \frac{E}{R} \left( 1 - e^{-\frac{Rt}{L}} \right) \quad [1]$$

in cui  $t$  rappresenta il tempo,  $E$  la forza elettromotrice,  $R$  la resistenza del circuito ed  $L$  il suo coefficiente di autoinduzione. La legge è soltanto approssimata perchè presuppone costante  $L$  e quindi anche la permeabilità magne-

tica del nucleo dell'elettrocalamita. Con la stessa approssimazione si può dire che con quella legge crescono pure l'intensità del campo magnetico, l'intensità di magnetizzazione del nucleo dell'elettrocalamita e l'attrazione di questo sull'ancora della prima leva, destinata alla registrazione dei secondi dell'orologio. Quando tale attrazione raggiunge e sorpassa quella della molla antagonista applicata alla leva, questa si mette in moto e, ad es. in un cronografo a secco, a un certo punto della corsa, fora con la sua punta la striscia cronografica.

È inutile aggiungere che intanto l'intensità  $I$ , continuando a crescere, raggiunge, praticamente dopo un brevissimo tempo, il valore di regime  $\frac{E}{R}$  che teoricamente, secondo la (1), dovrebbe raggiungere solo per  $t = \infty$ . Importa invece ben fissare che la registrazione, rispetto al momento della chiusura del circuito, avviene con un certo ritardo  $\tau$ , dipendente dalla forza elettromotrice del circuito, dalle caratteristiche dell'elettrocalamita, dalla tensione della molla antagonista, dalle distanze del nucleo dall'ancora e della punta dalla carta, dall'inerzia e dall'attrito della leva.

Quella parte del ritardo  $\tau$  che dipende dall'extracorrente di chiusura  $\frac{E}{R} e^{-\frac{Rt}{L}}$  può calcolarsi mediante la (1) quando si conosca la costante di tempo  $\frac{R}{L}$ . In un cronografo tipo Fuess del costruttore Mioni, con elettrocalamite a filo piuttosto grosso, la detta costante, per correnti poco intense, è circa 80. Aggiungerò qui che nei relais polarizzati di Siemens usati nelle longitudini italiane la stessa costante è circa 110. E per  $\frac{R}{L} = 100$  la corrente raggiunge

$$\frac{1}{4} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{3}{4} \quad \frac{9}{10}$$

dell'intensità finale rispettivamente dopo

$$0^s.003 \quad 0^s.007 \quad 0^s.014 \quad 0^s.023$$

il che dimostra che già questa parte del ritardo è apprezzabile. Quanto all'altra parte, essa varia con le condizioni di rettifica del cronografo, per es. a seconda della tensione della molla. Si può riconoscere ciò facilmente ascoltando i colpi che la leva cronografica batte ad ogni secondo all'atto della chiusura del circuito e i colpi successivi battuti all'atto dell'apertura. Un aumento di tensione della molla, ad es., fa ritardare i primi e anticipare i secondi e l'orecchio percepisce facilmente un diverso ritmo delle battute. Questo avviene specialmente se la forza elettromotrice del circuito è debole, o la tensione della

molla è già forte, per modo che il valore di  $I$ , relativo all'inizio del movimento della leva cronografica, sia prossimo al valore limite  $\frac{E}{R}$  al quale tende assintoticamente; infatti più rilevante risulta allora una variazione  $dt$  del tempo corrispondente a una medesima variazione  $dI$  dell'intensità di corrente.

Ora, come *tempo segnato dall'orologio* possiamo intendere o quello *intrinseco* nel quale si considera come istante iniziale di ogni secondo dell'orologio il momento in cui si forma il contatto elettrico, o quello *cronografico* in cui quell'inizio del secondo si fa coincidere con il momento in cui viene bucata la striscia cronografica (\*). Questo secondo tempo al quale si ricorre d'ordinario presenta dunque il ritardo  $\tau$  rispetto al primo e perchè alle imperfezioni dell'orologio non se ne aggiungano altre in causa del cronografo, questo ritardo  $\tau$  deve essere costante. Poichè quanto più piccolo è  $\tau$ , tanto più piccole ne saranno le variazioni, converrà usare un cronografo molto pronto sia dal punto di vista elettrico sia da quello meccanico e converrà inoltre impiegare una forza elettromotrice non troppo debole, e una tensione della molla antagonista non troppo forte; sarà ancora opportuno che la distanza della punta cronografica dalla striscia sia minima. Ancor più importa che la forza elettromotrice sia costante (onde la necessità di usare accumulatori o pile non facilmente polarizzabili) e che le viti di rettifica che regolano la tensione della molla e la posizione e la corsa della punta non siano più toccate dopo l'inizio delle osservazioni.

Ciò non esclude che un aumento del magnetismo residuo nel nucleo della elettrocalamita durante una serata di osservazione, una variazione di temperatura che alteri la tensione della molla, od altra causa non possano far variare e con carattere progressivo il ritardo  $\tau$ . Il fatto talora notato di un andamento dell'orologio diverso nel corso delle osservazioni di una sera dall'andamento medio diurno, può bensì essere del tempo *intrinseco*, perchè dovuto alle diverse condizioni in cui si trova il contatto elettrico a seconda che esso fa funzionare o no il cronografo, ma può anche dipendere, almeno in parte, dal cronografo, che viene a formare parte integrante dell'orologio, quando, come sempre si fa, si ricorre al tempo *cronografico*.

Un ragionamento analogo al precedente può essere fatto per la registrazione cronografica della *seconda* elettrocalamita comandata dal tasto o meglio dal micrometro autoregistratore, con i quali si fanno le osservazioni astronomiche di tempo: il foro segnato dalla *seconda* punta sulla striscia cronografica

(\*) Se il cronografo è a penna, è possibile registrare non soltanto la chiusura, ma anche l'apertura del circuito ad ogni secondo dell'orologio, e allora il tempo *intrinseco* potrà riferirsi indifferentemente all'istante di chiusura o a quello di apertura del circuito e il tempo *cronografico* all'istante della corrispondente registrazione.

avverrà con un ritardo  $\rho$  rispetto all'istante in cui avviene il contatto del tasto o del micrometro autoregistratore.

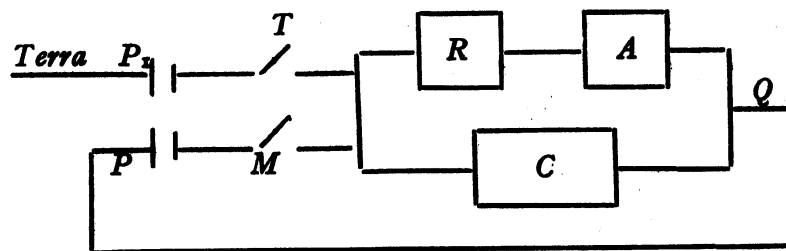
La differenza  $\rho - r$ , anche se non dipende soltanto dalle caratteristiche dei due circuiti elettrici, può dirsi la *parallasse elettrica* delle punte del cronografo, per distinguerla dalla *parallasse meccanica*  $p$  che sussiste se, a cronografo fermo, i forellini segnati dalle punte non sono in perfetta corrispondenza su una linea normale alla striscia cronografica. E, attribuito a  $p$  il debito segno, potremo chiamare *parallasse totale* la somma  $p + \rho - r$ . Questa si suole determinare mediante la chiusura simultanea dei circuiti delle due elettrocalamite mediante un tasto apposito (di parallasse), *ma gli esperimenti che riferirò in seguito dimostrano come questo procedimento non possa dare risultati sempre sicuri.*

Supponiamo ora noto il tempo esatto  $T$ , ad es. siderale, in cui avviene una chiusura del contatto elettrico del micrometro autoregistratore nelle determinazioni di tempo. Letto sulla striscia cronografica il tempo  $t$  dell'orologio in cui avviene la corrispondente registrazione, la quantità  $\Delta t = T - t$  suole dirsi la *correzione dell'orologio*. In realtà l'esatta correzione del tempo *cronografico* è  $T + p + \rho - t = \Delta t + p + \rho$  e l'esatta correzione del tempo *intrinseco* è  $T + p + \rho - (t + r) = \Delta t + p + \rho - r$ . Ma se un altro determinato istante viene fissato chiudendo il circuito della seconda elettrocalamita *allo stesso modo che si fa col micrometro* e si rileva il tempo cronografico  $t_1$  corrispondente, sarà  $t_1 + \Delta t$  il tempo siderale esatto relativo a quell'istante e nessuna importanza ha il conoscere le quantità  $p, \rho, r$ .

Nelle osservazioni di passaggi al meridiano, il valore teorico  $T$  suddetto, risulta noto, almeno nella media dei vari appulsi relativi a una stella, a meno degli errori di osservazione e di posizione della stella, e tra detti errori vanno in particolare considerati, perchè *sistematici*, l'equazione personale e quella strumentale. Lo scambio degli osservatori e degli strumenti nelle operazioni di longitudine ha appunto lo scopo di eliminare almeno in gran parte, queste due equazioni; l'uso, se possibile, delle stesse stelle nelle due stazioni di longitudine, elimina pure l'influenza degli errori delle ascensioni rette stellari. Pur non escludendo la possibilità di altri errori *sistematici* di osservazione nelle determinazioni di tempo, specie se l'ubicazione degli strumenti non è buona, o se una forte differenza di latitudine delle due stazioni conduce a una diversa influenza di eventuali difetti strumentali, possiamo ammettere come verificata, dopo un conveniente numero di osservazioni, la supposizione fatta sopra che permette il calcolo di  $\Delta t = T - t$ .

Difficile, ed anzi generalmente impossibile, riesce invece nelle operazioni di longitudine fissare uno stesso istante nelle due stazioni chiudendo il circuito della seconda elettrocalamita *allo stesso modo in cui viene chiuso dal micrometro*. Ricorderò che nelle operazioni di longitudine col metodo della telegrafia ordinaria, onde avvicinarsi a questa condizione, tale circuito è duplice: il

vero circuito della seconda elettrocalamita del cronografo viene chiuso sempre dall'ancora di un relais polarizzato e fra contatto a quest'ancora e registrazione sul cronografo esisterà un certo ritardo costante  $\rho_1$ . Il circuito del relais è invece diverso a seconda che serve alle determinazioni di tempo o allo scambio di segnali. Nel primo caso la corrente elettrica di una pila locale  $P$ , al momento della chiusura del circuito mediante il micrometro  $M$  passa in due rami: uno costituito dal relais  $R$  e da un milliamperometro  $A$ , l'altro costituito da una resistenza regolabile  $C$  (cassetta di resistenze). Dopo questa derivazione, la corrente torna, riunita in  $Q$  in un solo ramo, alla pila  $P$ . Dirò  $\rho_2$  il ritardo che intercede fra il contatto al micrometro  $M$  e il contatto che ne consegue all'ancora del relais  $R$  e sarà  $\rho = \rho_1 + \rho_2$ .



Nel secondo caso, se la stazione deve emettere un segnale, la corrente fornita da una pila di linea  $P_1$ , di cui un polo è in comunicazione con la terra, passa, al momento della chiusura del circuito mediante il tasto dei segnali  $T$ , nei due rami della derivazione sopradescritta, in  $Q$  si riunisce e percorre la linea telegrafica congiungente le due stazioni, si divide nella seconda stazione in una derivazione eguale alla precedente e all'altro capo della derivazione passa alla Terra della seconda stazione. Dirò in questo caso  $\rho'_2$  il ritardo che intercede fra il contatto al tasto dei segnali  $T$  e quello che ne consegue all'ancora del relais  $R$ .

Con disposizione del tutto analoga, può esser lanciata una corrente nello stesso relais  $R$  mediante una pila di linea e un tasto di segnali dell'altra stazione; indicherò in tal caso con  $\rho''_2$  il corrispondente ritardo fra emissione del segnale e contatto all'ancora del relais.

Il milliamperometro  $A$  e la resistenza in derivazione  $C$  hanno lo scopo di rendere sempre (ed in entrambe le stazioni) uguali le intensità di corrente che vengono a passare per il relais, ma al valore di regime l'intensità giunge con legge diversa nei differenti casi, sicchè il valore per il quale il relais agisce e l'ancora provoca il contatto viene raggiunto dopo i tempuscoli ( $\rho_2, \rho'_2, \rho''_2$ ) non rigorosamente uguali, e diversi risulteranno perciò i ritardi totali  $\rho = \rho_1 + \rho_2$ ;  $\rho' = \rho_1 + \rho'_2$ ;  $\rho'' = \rho_1 + \rho''_2$ , delle varie registrazioni della seconda punta del cronografo. Sicchè, detto  $t_2$  il tempo cronografico della registrazione di un segnale, emesso per es. dalla stazione stessa, sarà  $t_2 - \rho$  il

tempo cronografico dell'emissione del segnale e  $t_1 - p - \rho' + \Delta t + p + \rho =$   
 $= t_1 + \Delta t + (\rho_2 - \rho'_2)$  il tempo siderale esatto dell'emissione stessa. Nel calcolo  
ordinario, in cui si trascurano i ritardi degli apparati, i tempi dei segnali  
 $t_1 + \Delta t$  hanno dunque l'errore  $\rho'_2 - \rho_2$  o rispettivamente  $\rho''_2 - \rho_2$  se si tratta  
di segnale emesso dall'altra stazione.

È da notare però che nei relais polarizzati la leggerezza dell'ancora e la  
piccolezza della sua corsa rende abbastanza piccoli i ritardi  $\rho_2$ ,  $\rho'_2$ ,  $\rho''_2$ , e quindi  
piccolissime le loro possibili differenze. Inoltre, quando nelle due stazioni di  
longitudine si adoperano relais identici e si rettificano per modo da essere egual-  
mente sensibili, quando si impiegano eguali forze elettromotrici nelle due sta-  
zioni, quando la linea telegrafica che le congiunge è uniforme e bene isolata,  
quando si ha cura di regolare esattamente le resistenze elettriche aggiunte  
perchè risulti sempre la stessa in entrambe le stazioni la intensità della corrente  
che attraversa il relais, le differenze  $\rho'_2 - \rho_2$  e  $\rho''_2 - \rho_2$  risulteranno rigorosa-  
mente uguali nelle due stazioni e nella media degli scambi dei segnali le  
stesse non avranno effetto alcuno sulla determinazione di longitudine.

La difficoltà di soddisfare a tutte le condizioni suesposte rende inevita-  
bile qualche piccolo errore sistematico anche nelle moderne operazioni tele-  
grafiche di longitudine, che pur hanno acquistato un alto grado di sicurezza.  
Non saranno quindi superflue in eventuali nuove operazioni di questo genere  
le cure più minuziose nell'impiego degli apparati: sarebbe vana altrimenti una  
grande estensione delle osservazioni in ogni sera e per molte sere di seguito,  
che può diminuire soltanto l'effetto degli errori accidentali.

Nelle applicazioni della radiotelegrafia alle operazioni di longitudine non  
sono stati ancora trovati e studiati dispositivi elettrici tanto atti all'elimina-  
zione degli errori sistematici quanto nelle applicazioni della telegrafia ordi-  
naria. I metodi auditivi possono dar origine ad equazioni personali notevoli e  
quindi meno costanti e meno facilmente eliminabili; l'uso stesso delle coinci-  
denze tra segnali radiotelegrafici ritmici e suoni ordinari o telefonici provocati  
(direttamente o indirettamente) dal contatto elettrico dell'orologio non può  
dar origine a risultati precisi senza un esame particolare dei ritardi inter-  
cedenti tra i contatti elettrici, le loro registrazioni cronografiche (come i  
ritardi  $\rho$  ed  $r$ ) o tra i contatti elettrici e i suoni da essi provocati.

Si supponga ad es. di osservare, come fanno usando il metodo di Hänni  
gli operatori della Commissione geodetica svizzera (<sup>1</sup>), le coincidenze tra segnali  
radiotelegrafici ritmici e contatti elettrici dell'orologio, più esattamente le coin-  
cidenze tra gli istanti iniziali di quelli e gli istanti iniziali di questi; ciò permet-  
terà di conoscere il tempo *intrinseco*  $t$  dell'orologio al momento della ricezione  
di un dato segnale e il tempo *esatto* di questa ricezione sarà  $t + \Delta t + p + \rho - r$ .

(<sup>1</sup>) F. BAESCHLIN, *Uhrvergleichungen auf drahtlosem Wege nach der Koinzidenz-  
methode. Astr. Nachr.* Bd. 219, n. 5249.

Se il contatto, anzichè all'orologio, fosse affidato al cronografo e avvenisse nel *preciso* istante della registrazione cronografica di ciascun secondo, come nel caso di alcune misure francesi di differenza di longitudine e nel caso di una misura speditiva italiana (<sup>1</sup>), l'osservazione di coincidenze darebbe il tempo *cronografico*  $t_x$  di un determinato segnale e il tempo *esatto* di questo sarebbe  $t_x + \Delta t + \rho + \rho$ .

Dunque, a prescindere dall'errore personale nella stima delle coincidenze, il calcolo dei tempi dei segnali fatto con la formula  $t + \Delta t$  o  $t_x + \Delta t$ , senza tener conto dei ritardi, porta agli errori  $\rho + \rho - r$  o  $\rho + \rho$ . Di altrettanto risulterebbe errata la longitudine della stazione rispetto al meridiano della stazione che emette i segnali ritmici, se il tempo siderale, relativo a questo meridiano, dei segnali stessi fosse *esattamente* noto e fosse del tutto trascurabile il tempo di propagazione dei segnali. È chiaro da queste considerazioni che il metodo non può prestarsi allo scopo di dedurre un valore di alta precisione della differenza di longitudine fra la stazione in cui si osservano le coincidenze e la stazione in cui vengono emessi i segnali. Ma se con gli stessi apparecchi, mantenuti nelle identiche condizioni, un medesimo osservatore eseguisce lo stesso tipo di operazioni in diverse stazioni, le differenze di longitudine che risultano tra queste saranno scevre dagli errori *sistematici* sia dei tempi locali di ricezione dei segnali, sia dei tempi della loro emissione relativi al meridiano della stazione trasmittitrice.

Con apparati facilmente trasportabili il procedimento acquista somma importanza per gli studi geodetici, potendo condurre alla determinazione della deviazione della verticale in longitudine con facilità uguale a quella con cui si può avere la deviazione in latitudine. Se poi le osservazioni suddette vengono fatte contemporaneamente in due stazioni e vengono scambiati osservatori ed apparati, la differenza di longitudine tra esse risulterà indipendente anche da ogni errore nei tempi di emissione dei segnali, tempi che anzi non sarà necessario conoscere. La difficoltà più forte che sarà da superare per raggiungere una grande precisione sarà in tal caso una effettiva *costanza* degli errori di carattere sistematico. L'equazione personale potrà variare da una stazione all'altra se diversa è l'intensità con cui si ricevono i segnali.

Quanto ai ritardi cronografici è molto istruttivo quanto venne fatto nelle longitudini francesi nominate poco fa; in esse la correzione  $\rho + \rho$  è stata determinata direttamente con metodo ingegnoso, contro il quale però può essere forse rivolta la stessa obiezione che vale per il metodo del tasto di parallasse nella determinazione di  $\rho + \rho - r$ , obiezione di cui discorro nel § II di questa Nota. Quella correzione  $\rho + \rho$  ha importi notevoli: Nella dif-

(<sup>1</sup>) Vedasi G. ROMAGNA MANOIA, *La longitudine del Faro di Derna*, *Annali idrografici*, Vol. IX 1921-22.

ferenza di longitudine Parigi-Biserta <sup>(1)</sup> in cui il ritardo  $\rho$  era esclusivamente quello cronografico essa è per il cronografo di Biserta 0<sup>s</sup>.18—0<sup>s</sup>.19 nel primo periodo, 0<sup>s</sup>.10—0<sup>s</sup>.12 nel secondo; nel cronografo di Parigi essa varia da 0<sup>s</sup>.00 a 0<sup>s</sup>.10 nel primo periodo, da 0<sup>s</sup>.05 a 0<sup>s</sup>.17 nel secondo. Nella differenza di longitudine Parigi-Uccle <sup>(2)</sup> la stessa correzione, nella quale però  $\rho$  comprende anche il ritardo di un relais intermediario, varia da un minimo di 0<sup>s</sup>.045 a un massimo di 0<sup>s</sup>.110 per gli apparati di Parigi e da un minimo di 0<sup>s</sup>.144 a un massimo di 0<sup>s</sup>.218 per gli apparati di Uccle.

In tali casi la determinazione di questo errore sera per sera ha evidentemente la stessa importanza delle osservazioni stellari e delle osservazioni dei segnali. E siccome è facile che in questa determinazione si insinui qualche errore sistematico, ne viene la necessità che ogni osservatore porti con sé nello scambio fra le due stazioni anche gli apparati di registrazione; soltanto allora si può sperare in una eliminazione degli errori sistematici di questa natura.

L'eliminazione degli errori sistematici potrà risultare anche più agevole mediante apparati radiotelegrafici autoregistratori, quando questi siano di funzionamento sicuro. Con i cronografi più spesso usati, che richiedono forte intensità di corrente si dovrà ricorrere probabilmente nella ricezione dei segnali radiotelegrafici a un relais intermediario, che converrà mantenere anche nelle registrazioni del micrometro autoregistratore dello strumento dei passaggi. Avremo quindi, come nel metodo telegrafico ordinario un ritardo  $\rho = \rho_1 + \rho_2$  nella registrazione dei passaggi stellari ed un ritardo  $\rho' = \rho_1 + \rho'_2$  nella registrazione dei segnali radiotelegrafici. Sicchè, ammesso eguale il tempo intercedente tra la emissione del segnale e la ricezione negli apparati radiotelegrafici delle due stazioni, il problema sarebbe risolto quando in queste la differenza  $\rho'_2 - \rho_2$  risultasse uguale. Ma non è da escludere che collegando opportunamente gli *audion* degli apparati radiotelegrafici al micrometro autoregistratore, si possa raggiungere una soluzione migliore col rendere  $\rho_2 = \rho'_2$ . È sperabile che il continuo progresso della tecnica strumentale, specialmente in fatto di radiotelegrafia, renda possibili e facili operazioni di somma precisione anche fra stazioni molto distanti tra loro (ad es. le operazioni progettate nella Riunione dell'Unione astronomica internazionale del 1922 a Roma) e ciò possa essere utile, dal punto di vista geodetico, non solo alla determinazione del geode, ma anche al problema che già si affaccia di ricercare le possibili, anzi certe, sue variazioni.

II. ESPERIENZE CON DISPOSITIVI ELETTRICI USATI NELLE OPERAZIONI DI LONGITUDINE FATTE COL METODO DELLA TELEGRAFIA ORDINARIA. — Nel 1921, nell'occasione di un progetto, poi tramontato, di determinazione

<sup>(1)</sup> *Annales du Bureau des Longitudes*, Tome IX, 1913.

<sup>(2)</sup> *Annales de l'Observatoire royal de Belgique*, Nouv. Série, Tome XIV, fasc. I.



di una differenza di longitudine, mi accinsi ad esperienze preliminari sugli apparati che avrebbero dovuto essere adoperati col metodo della telegrafia ordinaria, esperienze che mi condussero a un risultato impreveduto al riguardo della parallasse delle punte del cronografo.

Allo scopo di determinare la differenza  $\rho'_2 - \rho_2$  fra i ritardi che il relais che fa funzionare la seconda punta cronografica presenta a seconda che è inserito nel circuito locale o in quello di linea, procedetti in due diverse maniere.

Nella prima mi proposi di determinare la parallasse totale  $p + \rho - r$  col metodo ordinario del tasto di parallasse che consiste nel chiudere contemporaneamente col detto tasto il circuito della prima elettrocalamita del cronografo e quello del relais. Per il ritardo  $\rho$  si dovrà intendere la somma  $\rho_1 + \rho_2$  se si tratta del circuito locale del relais, quale è quello della figura a pag. 7 nel qual caso uno dei contatti del tasto di parallasse viene a sostituirsi al micrometro  $M$ , oppure la somma  $\rho_1 + \rho'_2$  se si tratta del circuito di linea, nel qual caso quello stesso contatto viene a sostituirsi al tasto per segnali  $T$ . Per avere a mia disposizione anche un circuito di questa seconda specie, l'ho formato sostituendo alla linea telegrafica una forte resistenza che potevo variare a volontà. Nelle esperienze fatte i due circuiti, come pure quelli delle elettrocalamite del cronografo, furono posti in condizioni diverse da una volta all'altra, variando le forze elettromotrici, le resistenze delle cassette  $C$  poste in derivazione ai relais di entrambe le stazioni e la resistenza rappresentante la linea. Ebbi invece cura che l'intensità di corrente (di regime) che attraversava il relais e l'amperometro raggiungesse sempre la stessa intensità, e precisamente milliampères 7.5.

Varie serie di esperienze mi diedero i seguenti risultati:

$p + \rho_1 + \rho_2 - r$	$p + \rho_1 + \rho'_2 - r$	$\rho'_2 - \rho_2$
	- 0 <sup>s</sup> .002	- 0 <sup>s</sup> .007
	.000	- .005
+ 0 <sup>s</sup> .005	+ .001	- .004
	- .002	- .007
- 0 .026	- 0 .025	+ .001
- .025	- .023	+ .002
	- 0 .022	- .001
	- .023	- .002
- 0 .021	- .022	- .001
	- 0.23	- .002

Le variazioni della parallasse totale dalle prime esperienze alle successive sono dovute probabilmente a variazioni dei ritardi  $\rho_1$  ed  $r$  dei circuiti del cronografo. Concordanti e molto piccoli risultarono invece tutti i valori di  $\rho'_2 - \rho_2$ ;

i leggeri divarii possono benissimo spiegarsi anche con gli errori di osservazione essendo ogni parallasse ottenuta in media da 20 o 30 appulsi. Nella seconda maniera usata per la determinazione di  $\rho'_2 - \rho_2$  facevo chiudere, come il solito, ad ogni secondo, da un primo orologio il circuito della prima elettrocalamita del cronografo, mentre un secondo orologio chiudeva analogamente il circuito locale del relais, oppure quello di linea. Venivo così a fare con il cronografo il confronto dei due orologi in due modi diversi. E precisamente, detta  $x$  la frazione di secondo che intercede fra il contatto elettrico al primo orologio, e il contatto elettrico immediatamente successivo del secondo orologio, la distanza tra ciascuna registrazione della prima punta e la registrazione immediatamente successiva della seconda punta veniva a rappresentare rispettivamente  $x + p + \rho_1 + \rho_2 - r$  oppure  $x + p + \rho_1 + \rho'_2 - r$ .

In tre serie diverse ottenni i risultati seguenti:

Serie	$x + p + \rho_1 + \rho_2 - r$	$x + p + \rho_1 + \rho'_2 - r$	$\rho'_2 - \rho_2$
I	0 <sup>s</sup> .430	0 <sup>s</sup> .388	- 0 <sup>s</sup> .042
II	0 .543	0 .506	- .037
III	0 .177	0 .152	- .025

Vista la divergenza tra questi valori di  $\rho'_2 - \rho_2$  e quelli ottenuti col tasto di parallasse, feci altre tre serie di esperienze nelle quali determinai ogni volta il valore di  $\rho'_2 - \rho_2$  tanto col tasto di parallasse quanto con il confronto fra i due orologi.

L'intensità di corrente che attraversava il relais fu sempre di milliampères 7.5 nella prima serie, 7.8 nella seconda, 8.4 nella terza. Nel caso del circuito locale ottenni i seguenti valori della parallasse totale delle punte  $p + \rho_1 + \rho_2 - r$  o, nel caso dei confronti fra due orologi, del divario  $x + p + \rho_1 + \rho_2 - r$  delle loro registrazioni; l'ultima riga contiene le medie dei valori singoli:

Serie I		Serie II	
$p + \rho_1 + \rho_2 - r$	$x + p + \rho_1 + \rho_2 - r$	$p + \rho_1 + \rho_2 - r$	$x + p + \rho_1 + \rho_2 - r$
- 0 <sup>s</sup> .004	0 <sup>s</sup> .768	+ 0 <sup>s</sup> .008	0 <sup>s</sup> .713
+ .001	.765	+ .005	.716
- .001		+ .005	.710
- .001	0 .767	+ 0 .006	0 .713

### Serie III

$p + \rho_1 + \rho_2 - r$	$x + p + \rho_1 + \rho_2 - r$
+ 0 <sup>s</sup> .006	0 <sup>s</sup> .742
+ .003	.751
+ 0 .004	0 .747

La concordanza dei valori ottenuti in ogni serie può servire a indicare il grado di approssimazione raggiunto nei risultati.

Variando di volta in volta le condizioni del circuito di linea ottenni invece i seguenti valori di  $p + \rho_1 + \rho'_2 - r$  o di  $x + p + \rho_1 + \rho'_2 - r$  che, confrontati con i valori medii soprascritti, danno le corrispondenti differenze  $\rho'_2 - \rho_2$ . Indicando con  $\Delta$  quelle ottenute col metodo del tasto di parallasse e con  $\delta$  quelle ottenute col metodo dei confronti degli orologi, le quantità  $\Delta - \delta$  mostrano il divario dei risultati conseguiti con i due metodi.

Serie	$p + \rho_1 + \rho'_2 - r$	$\rho'_2 - \rho_2 = \Delta$	$x + p + \rho_1 + \rho'_2 - r$	$\rho'_2 - \rho_2 = \delta$	$\Delta - \delta$
I	- 0 <sup>s</sup> .007	- 0 <sup>s</sup> .006	0 <sup>s</sup> .726	- 0 <sup>s</sup> .041	+ 0 <sup>s</sup> .035
	+ .001	+ .002	.773	+ .006	- .004
	- .009	- .008	.738	- .029	+ .021
II	+ .005	- .001	.689	- .024	+ .023
	+ .006	.000	.717	+ .004	- .004
III	+ .003	- .001	.716	- .031	+ .030

Dai divarii  $\Delta - \delta$ , talora molto forti e non certo imputabili ad errori di osservazione, segue che i risultati ottenuti con uno dei due metodi non possono essere esatti ed è certo, a mio parere, che sieno illusorii i valori ottenuti col tasto di parallasse. È infatti naturale che nei cronografi tipo Fuess, che hanno i due rocchetti di una elettrocalamita a fianco dei due rocchetti dell'altra, la chiusura contemporanea dei due circuiti provochi una influenza perturbatrice reciproca delle due elettrocalamite e che l'intensità di magnetizzazione dei nuclei di ferro dolce, atta ad attrarre l'ancora, sia raggiunta in tal caso con legge diversa da quella che vale generalmente nelle determinazioni di tempo e nello scambio dei segnali, quando le chiusure dei due circuiti non sono contemporanee. Variando la direzione della corrente nelle elettrocalamite e le condizioni di rettifica del cronografo quell'influenza perturbatrice può variare od anche annullarsi; ma nel tipo dei cronografi sopraindicato *non si potrebbe certo fondarsi sul metodo del tasto di parallasse per ottenere la parallasse totale* qualora essa fosse necessaria o qualora sulla sua costanza si volesse fondare una prova di costanza dei ritardi cronografici. Non sarebbe però difficile modificare la costruzione del cronografo allontanando le due elettrocalamite, o interponendo tra esse opportuni schermi per modo da togliere la suddetta influenza perturbatrice.

Limitandoci, per quanto si è detto, ai valori di  $\rho'_2 - \rho_2$  ottenuti col metodo dei confronti degli orologi, osserveremo che essi sono molto variabili da una volta all'altra. Le variazioni sono spiegabili con le varie condizioni dei circuiti elettrici, poichè, ed es. la resistenza di linea venne talvolta costituita con sole

resistenze di una cassetta, di minima autoinduzione, e tal'altra, almeno in parte, con rocchetti avvolti intorno a nucleo di ferro dolce di autoinduzione fortissima.

È da ritenere che l'essere una vera linea telegrafica, congiungente due stazioni di longitudine, costituita da tratti diversi tra loro, e talora diversi da una sera all'altra, il presentarsi di cattivi contatti nelle stazioni telegrafiche intermedie o di dispersioni lungo la linea, non abbiano da costituire irregolarità dei circuiti così forti come quelle artificialmente provocate in queste esperienze. Ma il fatto spesso notato di dover cambiare da sera a sera, o nella stessa sera, da uno scambio di segnali all'altro, i valori delle resistenze che si devono inserire nella cassetta *C* in derivazione al relais, perchè in questo venga a passare sempre la stessa intensità di corrente, come pure le differenze tra i valori di queste resistenze nelle due stazioni dimostrano che le condizioni ideali, già indicate, perchè gli errori sistematici restino completamente eliminati, non sono sempre soddisfatte. È probabile che i valori stessi delle suddette resistenze od altre misure, possano servire, dopo particolari studi degli apparati, a calcolare questi errori e a liberare quindi da essi i risultati ottenuti.

Se si considera che l'incertezza dovuta agli errori accidentali di una buona differenza di longitudine moderna è espressa da un error medio eguale appena a mezzo centesimo di secondo, risulta evidente quanto importanti abbiano ad essere gli studi che assicurino lo stesso limite anche agli errori di carattere sistematico.

III. ESPERIENZE CON DISPOSITIVI USATI IN OPERAZIONI DI LONGITUDINE FATTE CON METODO RADIOTELEGRAFICO. — Alcune esperienze analoghe alla precedente ho fatto nell'autunno del 1922 partecipando alle operazioni di longitudine con metodo radiotelegrafico fra Genova, Milano, Napoli, Padova (<sup>1</sup>). In queste, come il solito, la prima elettrocalamita del cronografo era chiusa dal pendolo normale di ciascun Istituto, dando origine al ritardo  $\tau$  fra tempo intrinseco e tempo cronografico. Nelle determinazioni di tempo e nella registrazione con un tasto ordinario di segnali radiotelegrafici uditi nella cuffia telefonica, il micrometro autoregistratore o rispettivamente il tasto chiudevano direttamente il circuito della seconda elettrocalamita del cronografo dando origine al ritardo, indicato sopra con  $\rho_1$ , fra contatto al tasto o al micrometro e registrazione sulla striscia cronografica. È naturale che i ritardi  $\tau$  e  $\rho_1$  e la parallasse  $p$ , comuni alle registrazioni delle determinazioni di tempo e dei suddetti segnali auricolari, non portano alcun errore sul tempo esatto calcolato

---

(<sup>1</sup>) Vedansi notizie preliminari nelle note: A. ANTONIAZZI, *Esperimenti fatti per determinare a mezzo della radiotelegrafia, le differenze di longitudine fra Genova, Milano, Napoli e Padova (Atti del R. Istituto Veneto di S. I., A. tomo LXXXII, 1922-23)*; E. BIANCHI, *Sulle determinazioni di differenza di longitudine ecc. a mezzo della radiotelegrafia* (in questo Volume pag. 318 e seg.).

per questi ultimi. Quindi nelle differenze di longitudine che da essi si deducono rimangono soltanto come errori di carattere sistematico le equazioni strumentali delle determinazioni di tempo, certamente assai piccole se non del tutto trascurabili, e le equazioni personali probabilmente sensibili, ma che possono essere studiate e in gran parte eliminate dati gli scambi effettuati fra gli osservatori.

Nella registrazione automatica di altri segnali radiotelegrafici il circuito della seconda elettrocalamita del cronografo veniva chiuso dall'ancora di un relais polarizzato e naturalmente il ritardo precedente  $\rho_1$  intercedeva tra contatto a quest'ancora e registrazione cronografica. Per provocare il contatto dell'ancora le cose erano disposte nel modo seguente: una corrente di intensità compresa fra 5 e 10 milliampères, dovuta a una forza elettromotrice di 100 volts, attraversava permanentemente il relais, e, tra filamento e placca, gli *audion* di uno speciale apparato radiotelegrafico dovuto al Pession (1).

In tali condizioni, l'ancora doveva rimanere in istato di riposo (circuito del cronografo aperto). Ma quando, per effetto dell'azione del segnale radiotelegrafico su tutto l'apparato ricevitore e in particolare su quegli *audion*, la detta corrente diminuiva di intensità, l'ancora del relais si spostava e chiudeva il circuito della seconda elettrocalamita del cronografo.

Detto  $\rho_2$  il ritardo fra la ricezione del segnale e il contatto all'ancora del relais, e quindi  $\rho_1 + \rho_2$  il ritardo totale della sua registrazione sul cronografo, è chiaro che i tempi esatti calcolati per questi segnali saranno immuni, come i precedenti, dai ritardi  $p, r, \rho_1$ , ma conterranno interamente l'errore  $\rho_2$ . Perchè questo errore sistematico si elimini nelle differenze di longitudine sarebbe necessario che esso fosse costante ed uguale in tutte le stazioni. Per avere una idea sulla costanza e sull'entità di questo ritardo ho cercato di ottenere mediante un contatto elettrico lo stesso effetto prodotto dal segnale e allo scopo posi in derivazione al relais una resistenza ohmica. Questo circuito derivato rimaneva ordinariamente aperto e quindi senza alcun effetto sulla corrente permanente del relais; chiudendolo invece (col tasto di parallasse o mediante il contatto elettrico di un orologio) soltanto una parte della corrente che attraversava gli *audion* veniva a passare per il relais e la sua ancora si spostava come al momento dei segnali radiotelegrafici. Naturalmente il ritardo  $\rho_2$  di funzionamento del relais che si ha in tal caso sarebbe da ritenersi uguale a quello che si ha nella registrazione cronografica del segnale radiotelegrafico, se fosse uguale la diminuzione di corrente provocata in entrambi i casi nel relais e se questo si trovasse sempre nelle stesse condizioni di sensibilità. Poichè il funzionamento del relais era più sicuro nelle mie esperienze che non nelle registrazioni automatiche dei segnali è probabile che il ritardo  $\rho_2$  sia stato maggiore in queste che non in quelle.

(1) Ved. *L'Elettrotecnica*, n. 25, 15 ottobre 1922.

Se con un tasto di parallasse si chiude contemporaneamente al circuito della prima elettrocalamita dell'orologio, il circuito della seconda, oppure la derivazione del relais, la parallasse totale registrata dal cronografo, qualora non esistesse l'influenza perturbatrice reciproca delle due elettrocalamite, rappresenterebbe rispettivamente  $p + \rho_1 - r$  oppure  $p + \rho_1 + \rho_2 - r$  e la differenza darebbe  $\rho_2$ . Se analogamente si fa chiudere il circuito della prima elettrocalamita da un primo orologio ad ogni secondo e quello della seconda, oppure quello della resistenza in derivazione al relais, da un secondo orologio nel quale il contatto elettrico avviene con un ritardo  $x$  rispetto al contatto del primo, la distanza delle due registrazioni sulla striscia cronografica rappresenterà  $x + p + \rho_1 - r$  oppure  $x + p + \rho_1 + \rho_2 - r$  e la differenza darà ancora  $\rho_2$ .

Alcune osservazioni fatte a Padova al principio e alla fine delle operazioni di longitudine mi diedero:

N.	1922	Con il tasto di parallasse			Con confronti
		$p + \rho_1 - r$	$p + \rho_1 + \rho_2 - r$	$\rho_2$	fra due orologi
1	Sett. 30	- 0 <sup>s</sup> .032	- 0 <sup>s</sup> .022	0 <sup>s</sup> .010	—
2	Ott. 2	- .011	+ .001	.012	—
3	» 3	- .013	+ .003	.016	—
4	Nov. 9	- .012	+ .004	.016	—
5	» »	- .013	+ .003	.016	—
6	» »	- .011	+ .007	.018	—
7	» »	- .016	+ .008	.024	0 <sup>s</sup> .032
8	» »	- .010	+ .016	.026	.063

Mi limito per ora a notare la divergenza fra i valori di  $\rho_2$  ottenuti con i due metodi nelle due ultime serie, divergenza che comprova quanto è stato detto nel paragrafo precedente.

Una serie più numerosa di osservazioni ho fatto a Genova. Quivi nelle determinazioni di tempo venne usato l'impianto elettrico preesistente, nel quale uno stesso accumulatore di sei volts dà la forza elettromotrice di entrambi i circuiti delle due elettrocalamite del cronografo e serve contemporaneamente all'illuminazione del campo dello strumento dei passaggi. Nella registrazione dei segnali radiotelegrafici (auricolari e automatici) la corrente della seconda elettrocalamita era invece fornita da 4 pile a secco: dirò  $\rho'_1$  in tal caso il ritardo della registrazione cronografica del contatto al tasto o all'ancora del relais.

A seconda dei casi l'uso del tasto di parallasse mi dava  $p + \rho_1 - r$  oppure  $p + \rho'_1 - r$  oppure  $p + \rho'_1 + \rho_2 - r$  da cui potèi trarre  $\rho'_1 - \rho_1$  e  $\rho_2$ ; analogamente

il metodo dei confronti fra due orologi mi dava  $x + p + \rho_1 - r$  oppure  $x + p + \rho'_1 - r$  oppure  $x + p + \rho'_1 + \rho_2 - r$ , d'onde ancora  $\rho'_1 - \rho_1$  e  $\rho_2$ .

I risultati ottenuti sono indicati qui sotto:

N.	1922	Col tasto di parallasse			Con i confronti tra due orologi	
		$p + \rho_1 - r$	$\rho_1' - \rho_1$	$\rho_2$	$\rho_2' - \rho_1$	$\rho_2$
1	Ott. 23	—	—	—	+ 0 <sup>s</sup> .002	+ 0 <sup>s</sup> .042
2	»	+ 0 <sup>s</sup> .004	+ 0 <sup>s</sup> .003	—	.000	+ .025
3	Ott. 24	+ .013	+ .014	—	+ .005	+ .060
4	»	+ .012	+ .020	—	+ .016	+ .046
5	»	+ .006	+ .029	—	+ .005	+ .043
6	»	+ .008	+ .025	—	+ .002	+ .038
7	Ott. 25	— .004	— .002	0 <sup>s</sup> .052	+ .006	+ .049
8	»	+ .001	+ .003	.040	+ .001	+ .039
9	»	+ .007	+ .002	.046	+ .001	+ .049
10	»	+ .006	.000	.051	+ .003	+ .038
11	»	+ .005	+ .001	.054	— .003	+ .044
12	»	— .008	— .002	.053	+ .004	+ .040

Nota qui soltanto la generale concordanza nel segno dei valori di  $\rho'_1 - \rho_1$  la quale mostra che il tenere per il circuito della seconda elettrocalamita una forza elettromotrice diversa nei due casi (determinazioni di tempo e registrazione dei segnali) può dar origine ad un errore sistematico, anche se ben piccola è la differenza del voltaggio. L'errore è però piccolissimo e il fatto va piuttosto notato perchè mostra il notevole grado di precisione dei risultati di queste esperienze.

Qualche altra ricerca ho fatto a Napoli; quivi il circuito elettrico della seconda elettrocalamita del cronografo comprendeva la stessa forza elettromotrice (6 pile Leclanché) nel caso delle registrazioni del micrometro dello strumento dei passaggi e del tasto per i segnali auricolari; a questa forza elettromotrice veniva invece ad aggiungersi quella di un accumulatore di 4 volts nel caso della registrazione del contatto dell'ancora del relais. Indicherò quindi con  $\rho_1$  e con  $\rho'_1$  il ritardo nei due casi.

Con l'uso del tasto di parallasse potevo dunque ottenere la quantità  $p + \rho_1 - r$  oppure  $p + \rho'_1 + \rho_2 - r$  la differenza delle quali  $\rho_2 + \rho'_1 - \rho_1$  esprime l'errore sistematico dei tempi calcolati per i segnali automatici, come pure, escludendo l'accumulatore, potevo determinare  $p + \rho_1 + \rho_2 - r$  e quindi  $\rho_2$ , od anche  $\rho'_1 - \rho_1$ . Analoghi risultati mi poteva dare il metodo dei confronti dei due orologi.

Le poche esperienze fatte mi condussero ai seguenti valori di  $\rho'_1 - \rho_1$

Col tasto di parallasse			Con i confronti fra due orologi		
-0 <sup>s</sup> .005	-0 <sup>s</sup> .004	-0 <sup>s</sup> .014	-0 <sup>s</sup> .008	-0 <sup>s</sup> .008	-0 <sup>s</sup> .005

Com'è naturale, aumentando la forza elettromotrice del circuito della seconda elettrocalamita, il ritardo delle sue registrazioni diviene più piccolo e risulta quindi  $\rho'_1 > \rho_1$ . Anche qui il valor medio  $-0<sup>s</sup>.007$  di  $\rho'_1 - \rho_1$  è quantità assai piccola, ma non sarebbe del tutto trascurabile in operazioni della più alta precisione.

I valori ottenuti per  $\rho_2$  furono:

Col tasto di parallasse:

+0<sup>s</sup>.015   +0<sup>s</sup>.023   +0<sup>s</sup>.058   +0<sup>s</sup>.062   +0<sup>s</sup>.014   +0<sup>s</sup>.011

con i confronti tra due orologi:

+0<sup>s</sup>.013   +0<sup>s</sup>.004   +0<sup>s</sup>.051   +0<sup>s</sup>.052   +0<sup>s</sup>.019   +0<sup>s</sup>.016

L'insieme di tutte le esperienze fatte nelle tre stazioni fornisce valori assai diversi per  $\rho_2$ . È però da osservare che in esse il relais non era generalmente nelle stesse condizioni di rettifica del momento della registrazione automatica dei segnali; queste condizioni erano del resto variabili perchè la non assoluta sicurezza di tale registrazione rendeva necessaria una rettifica del relais ad ogni serie di segnali e talvolta anche durante una stessa serie. Soltanto a Napoli, probabilmente per la maggior vicinanza alla stazione radiotelegrafica emittente (Roma, S. Paolo) non solo il relais, ma anche lo speciale apparato radiotelegrafico delle registrazioni potevano restare sempre nelle stesse condizioni di rettifica. Nelle mie esperienze di Napoli la registrazione continuava ad avvenire anche se il relais si spostava notevolmente (per circa un giro e mezzo della sua vite di rettifica) da una parte e dall'altra della posizione in cui si lasciava al momento di ricevere i segnali. Delle ultime 4 coppie di valori di  $\rho_2$  le due prime corrispondono a quella posizione estrema del relais oltrepassata la quale la chiusura del circuito in derivazione non riusciva a spostare l'ancora e a provocare quindi la registrazione, le due ultime corrispondono alla posizione estrema opposta, oltrepassata la quale l'ancora del relais sarebbe rimasta in posizione permanente di contatto: il confronto mostra quanto forte possa essere la differenza dei valori di  $\rho_2$  pur essendo il relais sempre atto alla registrazione.

La probabilità che i ritardi  $\rho_2$  nelle registrazioni automatiche dei segnali radiotelegrafici sieno almeno dello stesso ordine di quelli ottenuti dalle espe-



rienze qui riferite porta a concludere che questo errore sistematico  $\rho_2$  del tempo di registrazione di un segnale, avendo l'importo di alcuni centesimi di secondo, è lungi dall'essere trascurabile. Si deve anche concludere che non risulta soddisfatta la condizione di costanza e di uguaglianza in tutte le stazioni di questo errore, condizione necessaria perchè le differenze di longitudine sieno immuni da esso. Basti pensare che il relais di Milano era diverso che nelle altre stazioni, che la corrente che attraversava permanentemente ogni relais durante le registrazioni dipendeva molto dal grado di incandescenza dei filamenti negli *audion*, variabile anche con la carica degli accumulatori, che l'apparato radiotelegrafico autoregistratore e il relais medesimo si dovevano spesso rettificare per porli nel grado di massima sicurezza di funzionamento, che la diminuzione di corrente provocata dai segnali poteva talvolta essere appena sufficiente al funzionamento del relais, tale altra poteva essere maggiore così da rendere più rapido il funzionamento stesso.

Sul grado di variabilità dell'errore  $\rho_2$  potranno gettare miglior luce i confronti fra le registrazioni dei segnali nelle varie stazioni. Ma fin d'ora si può concludere che pur trattandosi di primi esperimenti di longitudine intrapresi senza possibilità di studi preliminari sugli apparati, i risultati non avranno quei forti errori sistematici che furono riconosciuti a molte delle prime differenze di longitudine fatte col metodo telegrafico ordinario. E giova sperare che con apparecchi di registrazione sempre più sicura e con sempre migliorate disposizioni di circuiti l'uso della radiotelegrafia nelle operazioni di longitudine giunga ad unire al vantaggio della più facile applicazione fra stazioni lontane quello di una precisione massima nei risultati.

Gabinetto di Geodesia della R. Università di Torino, 1923.