

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCIX.

1902

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XI.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1902

Sia ora un'equazione con più punti singolari $A_0^{(1)}, A_0^{(2)}, \dots, A_0^{(n)}$ (1). Sdoppiamo ciascuno di essi nel modo descritto in più punti singolari di Fuchs, e siano $A_0^{(k)}, A_1^{(k)}, \dots, A_{t_k}^{(k)}$ i punti singolari cui ha dato origine il punto $A_0^{(k)}$ (per $k = 1, 2, \dots, n$) dove t_k è un numero intero nullo o positivo. Immaginiamo i valori della variabile complessa in tutti questi nuovi punti singolari funzioni, p. es. lineari, di un parametro ε , tali che per $\varepsilon = 0$ ciascun punto $A_r^{(k)}$ ($k = 1, 2, \dots, n; r = 1, 2, \dots, t_k$) venga a cadere nel punto $A_0^{(k)}$. Facciamo un giro semplice C attorno ai punti $A_0^{(1)}, A_1^{(1)}, \dots, A_{t_1}^{(1)}$ ($i = 1, 2, \dots, m; m < n$). Le stesse considerazioni precedenti applicate senza altro al cammino C, che noi naturalmente supponiamo a distanza finita da $A_0^{(1)}$, dimostrano che i coefficienti della sostituzione dovuta al giro C, sono olomorfi nella ε in un piccolo intorno di $\varepsilon = 0$ nel piano complesso di ε . È dunque lecito il passaggio al limite per $\varepsilon = 0$, cosicchè l'effetto dovuto al giro attorno ai punti singolari $A_0^{(i)}$ dell'equazione iniziale si può immaginare come caso limite di quello dovuto al giro attorno ai punti $A_0^{(i)}, A_1^{(i)}, \dots, A_{t_i}^{(i)}$ dell'equazione trasformata. Dunque:

Un'equazione differenziale lineare ordinaria a punti singolari di Fuchs si può, per quanto riguarda le sostituzioni che subiscono gli integrali attorno ai punti critici, immaginare limite di un'equazione a soli punti singolari di Fuchs.

Questi teoremi, che mi sembrano notevoli dal punto di vista teorico, hanno anche il vantaggio di potere con un nuovo metodo calcolare la sostituzione dovuta ad un giro attorno a uno o più punti singolari A, nel caso che l'equazione sia a coefficienti razionali. Basta infatti a una tale equazione sostituire nel modo descritto un'equazione a soli punti Fuchsiani singolari e calcolare, per es. col metodo di Fuchs, l'effetto dovuto a un giro per gli integrali di quest'ultima attorno ai punti A e a quei nuovi punti singolari, che si devono poi far tendere ai punti A stessi. Un semplice passaggio al limite, ci darà allora la sostituzione cercata. Questo metodo, che praticamente è certo complicato, non usa però alcun algoritmo di determinanti infiniti o di rappresentazioni conformi.

Fisica terrestre. — *Sopra un sismografo per forti terremoti.*
Nota di G. AGAMENNONE, presentata dal Socio P. TACCHINI.

Dopo aver pubblicato in questi stessi Rendiconti la descrizione di svariati apparecchi sismici, quali più quali meno sensibili, sia per la semplice indicazione delle scosse di terremoto (*sismoscopi*), sia per la misura dell'effettivo movimento del suolo provocato dalle medesime (*sismometrografi*), credo di qualche interesse far conoscere un nuovo strumento, destinato allo

(1) In cui i coefficienti abbiano sole singolarità polari.

studio delle perturbazioni sismiche d'una certa forza, in occasione delle quali possono diventare insufficienti gli altri strumenti di maggiore sensibilità. Di ciò abbiamo avuta ampia prova negli ultimi anni, in occasione d'alcuni terremoti piuttosto sensibili avvenuti nel Lazio, i quali riuscirono con facilità a mettere fuori d'azione tanto gli strumenti esistenti all'Osservatorio geodinamico di Rocca di Papa, quanto quelli collocati nella Stazione sismica sperimentale di Roma, presso l'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica.

Il nuovo strumento è stato denominato *macrosismometrografo* in contrapposto al titolo di *microsismometrografo*, da me dato ad altro apparecchio assai più delicato, già fatto conoscere all'Accademia e destinato, invece, ai minimi movimenti del suolo (1). Prima che ancora fosse costruito, pubblicai fin dal 1900 una breve Nota, nella quale esposi per sommi capi i criteri a' quali doveva ispirarsi la sua costruzione (2). Ed ora che lo strumento è stato effettivamente costruito, grazie ai mezzi messi a mia disposizione dal prof. L. Palazzo, il nuovo direttore dell'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica, ed è stato installato fin dal settembre 1901 nel R. Osservatorio geodinamico di Rocca di Papa, stimo opportuno di darne qui un breve cenno, riserbandomi di darne una descrizione completa in una Memoria, corredata da figure, che sarà prossimamente pubblicata nel vol. VII del Bollettino della Società Sismologica Italiana.

Per uno studio rigoroso dei terremoti, è bene che in ogni località il movimento del suolo sia risoluto secondo tre componenti ad angolo retto tra loro, e precisamente due orizzontali ed una verticale. Per la registrazione delle due prime io ho adottato due piccoli pendoli orizzontali, impiantati ad angolo retto, l'uno per rapporto all'altro, sopra una solida base quadrata in ghisa. La sospensione di detti pendoli assomiglia assai a quella del *Braket Seismometer* dell'Ewing ed è costruita in guisa che i pendoli non debbono tralasciare di ben funzionare, anche in presenza di poderosi scuotimenti impressi alla loro base. Dall'asse di rotazione verticale di ogni pendolo, dell'altezza di circa 25^{cm}, partono, sotto un angolo di 45°, due sbarre di ferro orizzontali, lunghe 40^{cm} e collegate tra loro: l'una di sezione quadrata, sulla quale può scorrere un cilindro di piombo del peso di circa kg. 1 1/2; l'altra di sezione rettangolare che funge da stilo scrivente e che termina con un ago alla sua estremità. La disposizione dei due pendoli è tale che quando le due sbarre quadrangolari fanno tra loro un angolo di 90°, le altre due risultano parallele

(1) G. Agamennone, *Nuovo tipo di sismometrografo*. Rend. della R. Acc. dei Lincei, ser. 5^a, vol. IX, pag. 31, seduta del 15 luglio 1900. — Boll. della Soc. Sism. Italiana, vol. VI, 1900-1901, pag. 71. — Id., *Il microsismometrografo a tre componenti*. Rend. della R. Acc. dei Lincei, vol. X, pag. 291, seduta del 21 aprile 1901. — Boll. della Soc. Sism. Italiana, vol. VII, 1901-1902, pag. 70.

(2) *Sismometrografo a tre componenti per forti terremoti*. Boll. della Soc. Sism. Italiana, vol. VI (1900-1901), pag. 135.

tra loro e ad una distanza di 12^{cm}, quanta appunto ne corre tra gli assi di rotazione dei pendoli. Ogni asse di rotazione è bilicato, in basso, sopra una punta fissa, e può essere spostato, in alto, in due direzioni ortogonali tra loro, mediante due viti di registro, allo scopo di rendere paralleli i due stili scriventi, come pure d'inclinare convenientemente gli stessi assi di rotazione, affinché si possa far variare a piacere il periodo oscillatorio delle masse di piombo.

Nel modello di Rocca di Papa il tempo, impiegato da ogni pendolo a compiere un'oscillazione semplice, è di 4^s, quale appunto si avrebbe da un pendolo verticale di ben 16 metri. Questo periodo è già abbastanza lento, per permettere di poter sceverare con facilità le oscillazioni strumentali dai veri moti del suolo, i quali sono generalmente piuttosto rapidi nei terremoti locali, od in quelli d'origine relativamente vicina. Quando le masse di piombo sono fissate all'estremità delle rispettive sbarre quadrangolari, e cioè alla stessa distanza (40^{cm}) a cui trovansi gli aghi scriventi dall'asse di rotazione, è ovvio come non possa aversi alcuna moltiplicazione nelle indicazioni dello strumento. Facendo però scorrere le masse indietro, e cioè avvicinandole all'asse di rotazione del pendolo, l'ingrandimento va crescendo poco a poco; e quando le masse siano fissate giusto alla metà di dette sbarre, ciò che costituisce l'estremo limite della loro corsa, l'ingrandimento raggiunge il valore massimo di 1 a 2.

Per la registrazione della componente verticale, avuto riguardo ai maggiori attriti, è stata adottata una massa di piombo alquanto più grande (2 kg.), sospesa a quattro saltaleoni d'acciaio mediante il sistema *Ewing*, nello stesso modo appunto adoperato per la componente verticale del *microsismometro-grafo*, sopra ricordato. Tutto il meccanismo è stato poi disposto in tal guisa, in mezzo ai due pendoli orizzontali sopra descritti, che mediante opportune compenetrazioni si è realizzata una grande economia di spazio e si è potuto dare all'intero apparato una forma abbastanza semplice e razionale. I quattro saltaleoni, d'ugual lunghezza e paralleli tra loro, pendono da una colonna fissata sulla stessa piattaforma, dove sono impiegate le estremità superiori degli assi di rotazione dei pendoli orizzontali, e sorreggono, in basso, il telaio che posteriormente ruota attorno ad un asse orizzontale, consimile a quello dei pendoli anzidetti, e termina davanti pure con una sbarra quadrangolare, sulla quale si fa scorrere la massa di piombo di 2 kg. I movimenti poi del telaio, dall'alto in basso e viceversa, sono trasformati, mediante una leva codata a bracci uguali, in movimenti in senso orizzontale d'uno stilo, lungo pure 40^{cm} e che risulta parallelo ed intermedio agli altri due, destinati alle componenti orizzontali; ma questo terzo stilo resta alquanto più basso e spostato di poco indietro, affinché ne' suoi movimenti non possa urtare gli altri due. Anche qui non mancano le viti di rettificazione per regolare il periodo oscillatorio di questa terza massa, il quale può essere con facilità reso uguale a quello di 4^s,

con cui oscillano ambo i pendoli orizzontali. Inoltre, col fare scorrere in avanti od indietro questa terza massa sulla rispettiva sbarra quadrangolare, si riesce a far variare l'ingrandimento per la componente verticale, e precisamente entro gli stessi limiti, già fatti conoscere per le componenti orizzontali.

La registrazione delle tre componenti si compie, mediante tre piccoli aghi verticali, scorrevoli entro convenienti guide, sopra una zona di carta laccata affumicata, chiusa in sè stessa, larga 25^{cm} e lunga circa 3 1/2 metri. Quest'ultima sta a cavalcioni sopra un cilindro d'ottone, lungo 30^{cm} e del diametro di 20^{cm}, il quale riposa, con l'asse disposto orizzontalmente, sopra due cosciali robusti, fissati a due bracci in ferro e sporgenti dalla parte anteriore della base dello strumento. L'asse del cilindro termina da una parte con una ruota dentata, la quale ingrana con un rochetto d'un semplice meccanismo d'orologeria, fissato ad uno degli anzidetti cosciali, e dal lato opposto termina con una carrucola, sulla quale si avvolge un cordoncino. Quando a quest'ultimo si attacchi un conveniente peso, il cilindro si pone tosto in rapida rotazione, nella ragione d'una trentina di metri all'ora, velocità questa sufficiente per mettere non solo in evidenza tutte le particolarità d'un sismogramma, per quanto complicato, ma per fare una buona analisi del moto del suolo, anche se abbastanza rapido. Ad ogni modo, se si credesse opportuno d'accreocere ancora di più la velocità della carta, non si avrebbe che da aumentare il peso motore.

Il cilindro è destinato ad entrare in rotazione soltanto in occasione d'una scossa piuttosto sensibile, in seguito al funzionare d'uno qualunque d'una serie di sismoscopi, non troppo delicati, capaci di lasciar libera la ventola del meccanismo l'orologeria, sia agendo elettricamente per l'intermediario d'un piccolo elettromagnete, sia in modo meccanico. Considerando che i forti terremoti sono piuttosto rari per una data località, si capisce come non sarebbe stato conveniente l'adottare pel nuovo strumento la registrazione continua, come pure di far uso di sismoscopi estremamente sensibili i quali, al verificarsi anche di scosse minime, pongano in moto la zona affumicata senza speranza che gli stili dello strumento vi possano tracciar sopra altro che linee rette. Una volta che la zona affumicata ha cominciato a scorrere, può restare in movimento, senza che i tracciati si sovrappongano, per circa 7-8 minuti, tempo questo più che sufficiente per registrare completamente qualsiasi scossa, anche se di straordinaria durata. Anzi, potrà avvenire che si registri sulla stessa zona anche qualche scossa secondaria che, a pochissimi minuti di distanza, preceda o segua quella principale. Ad impedire poi che lo stesso tratto di zona passi due volte sotto gli aghi scriventi, basta regolare la lunghezza del cordoncino avvolto alla carrucola, che è fissata all'asse del cilindro motore; per modo che tagliando poi la zona in un punto intermedio al principio ed alla fine del sismogramma, si possa ottenere quest'ultimo tutto per intero ed aver così agio di poterlo studiare con maggiore facilità e senza aver bisogno di

doverlo ricopiare. Per raggiungere ancor meglio questo scopo, gli aghi scriventi, relativi alle componenti orizzontali, toccano il cilindro sulla stessa generatrice, in guisa che non vi è nemmeno bisogno di conoscere la così detta *parallasse*; e per conseguenza si può benissimo fare a meno di copiare il sismogramma, come si suol fare comunemente, spostando il tracciato d'una componente per rapporto all'altra, per correggere l'errore della *parallasse* e poi procedere alla ricomposizione del moto effettivo del suolo. Evidentemente, con la predetta disposizione resta diminuita la corsa degli aghi scriventi, relativi alle componenti orizzontali, non potendo l'uno passare al di sopra od al di sotto dell'altro; ma convien riflettere che ogni ago può muoversi per ben 6^{cm} al di qua ed al di là della sua posizione di riposo, e che il massimo ingrandimento, consentito dall'apparecchio, non supera quello di 1 a 2. Ad ogni modo, per prevenire che gli stili per le componenti orizzontali possano urtarsi tra loro, od uscire dalla zona affumicata, in caso di terremoti di straordinaria intensità, è prudente di porre opportuni ostacoli laterali alle masse dei pendoli orizzontali.

Allo scopo di segnare il tempo, è stata fissata sopra lo stesso meccanismo d'orologeria una piccola elettro-calamita, la cui ancora fa muovere, sul bordo corrispondente della carta, un quarto ago che scrive in modo identico a quelli dei tre stili e, mediante apposite viti di registro, può essere allineato con i due aghi relativi alle componenti orizzontali, in modo che anche qui non si abbia da tenere conto alcuno della così detta *parallasse*. Questa elettro-calamita è collegata ad un cronometro, che stabilisce un brevissimo contatto elettrico ad ogni secondo ed un altro, un po' meno breve, ad ogni minuto. Si è così in grado di poter conoscere l'ora esattissima d'ogni parte del sismogramma, quando siasi potuto riconoscere il primo minuto, segnato sulla zona di carta già in movimento, e ciò grazie ad un orologio sismoscopico che si pone in marcia all'istante stesso in cui comincia a ruotare il cilindro motore, in seguito al funzionamento di uno qualunque dei sismoscopi. Affinchè poi questo quarto ago, destinato alla misura del tempo, non debba agire inutilmente — scrivendo sulla zona di carta quando quest'ultima è ferma — e possa quindi a lungo andare perfino lacerarla nel punto ove la sfrega, è stato disposto, mediante un semplice interruttore, che la corrente lanciata dal cronometro non cominci a passare per l'elettro-calamita che solo al funzionare dei sismoscopi.

Fino ad oggi non si è verificato ancora a Rocca di Papa alcun terremoto un po' intenso, tale da mettere a prova il nuovo strumento, e da ottenerne un sismogramma per quanto di menoma importanza. Veramente il macrosismometrografo ha funzionato già due volte, e cioè il 15 ottobre 1901, in occasione d'una scossa abbastanza sensibile negli Abruzzi, e di nuovo il 16 dicembre dello stesso anno, in seguito ad una moderata perturbazione sismica nell'Umbria; ma, com'era da aspettarsi, tutt'e due le volte gli stili

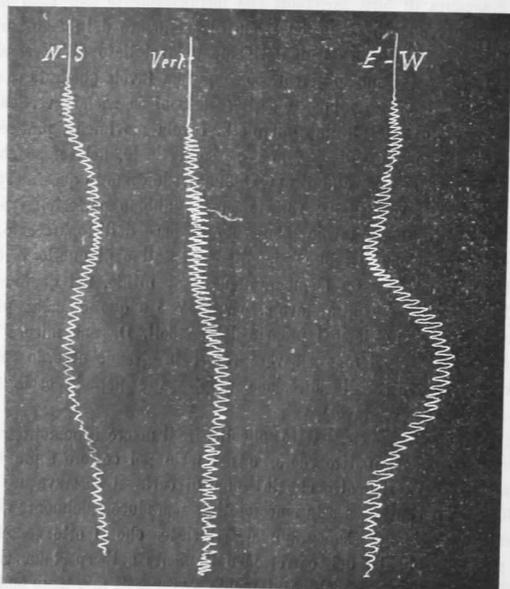
non lasciarono altro che linee rette, in quanto che le onde sismiche che passarono sul Lazio furono di sì poca entità da non essere menomamente avvertite dagli abitanti. In entrambe le volte tuttavia ebbe a constatarsi il buon funzionamento dello strumento e la registrazione esatta dei minuti e dei secondi sulla zona affumicata.

In mancanza di forti terremoti che fortunatamente non sono frequenti, ho voluto però rendermi conto del modo di funzionare del macrosismometrografo, prima ancora che fosse definitivamente installato all'Osservatorio di Rocca di Papa. A tal fine lo si collocò sopra una tavola quadrata sospesa, ai quattro angoli, a quattro robusti e corti saltaleoni in acciaio verticali e paralleli tra loro, in guisa da imprimere alla tavola movimenti piuttosto rapidi tanto in senso orizzontale, quanto in senso verticale, nel tempo stesso che si faceva scorrere la zona affumicata. Ognuno vede come in questa esperienza, al pari di quanto si verifica nei veri terremoti, abbian partecipato al movimento complicato della tavola non solo la base dell'apparecchio, ma gli stessi assi di rotazione dei due pendoli orizzontali e di quello verticale; e malgrado ciò si ottenne un sismogramma assai nitido, nel quale si videro le oscillazioni, impresse alla tavola, sovrapposte a quelle assai più lente corrispondenti alle oscillazioni proprie dei pendoli. Da una misura eseguita sul sismogramma si poterono ricavare valori in grande accordo con quelli direttamente osservati sulla direzione, ampiezza e periodo oscillatorio dei movimenti subiti dalla tavola.

Un'altra esperienza consistette nel collocare il macrosismometrografo sopra un piccolo carretto a quattro ruote, e nel farlo poi correre sopra un pavimento a mosaico, nel mentre che la zona di carta si spostava al di sotto degli stili. La seguente figura in zincofototipia riproduce fedelmente ed in vera grandezza un tratto del sismogramma artificiale, che si ottenne in una di queste prove. I sobbalzi del carretto, unitamente agli spostamenti bruschi del medesimo, vi appariscono distintamente sovrapposti alle lente ondulazioni, dovute esclusivamente al pendolo oscillante verticalmente ed ai due pendoli orizzontali N-S ed E-W. Il periodo oscillatorio semplice è di circa 4^s in ogni pendolo, mentre i tremiti principali, registrati dallo strumento, sono caratterizzati da un periodo semplice di poco più di $\frac{1}{10}$ di secondo per tutte e tre le componenti.

Dall'esame di questo sismogramma artificiale mi pare potersi logicamente concludere che, quando il periodo oscillatorio del suolo è assai rapido in confronto di quello strumentale, come appunto nel nostro caso, si è in grado di determinare con grande facilità ed approssimazione il moto assoluto d'una particella del suolo. Ma non v'è niun che non veda come, per raggiungere questo intento, bisogna assolutamente dare alla zona di carta velocità piuttosto considerevoli, senza di che tornerebbe ben difficile il voler misurare non tanto il periodo oscillatorio, quanto l'ampiezza e la direzione dell'effettivo

moto del suolo. Quello che asserisco riesce tanto più evidente, se vogliansi esaminare nel sismogramma riportato anche i tremiti secondari che accompagnano quelli principali.



Salta agli occhi la difficoltà, per non dire impossibilità, di volerli studiare con una certa esattezza, nonostante che nel nostro caso la velocità di scorrimento della zona sia stata d'una trentina di metri all'ora, e perciò ben superiore a quella che taluni ancor si compiaciono d'adoptare, dichiarandola più che sufficiente per i bisogni dell'odierna sismometria.

Fisica terrestre. — *Propagazione dei terremoti.* Nota di GIULIO GRABLOVITZ, presentata dal Socio BLASERNA.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.