

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCVI.

1909

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XVIII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1909

Fisica terrestre. — *Alcune considerazioni sul meccanismo di propagazione delle onde sismiche.* Nota di G. AGAMENNONE, presentata dal Socio E. MILLOSEVICH.

1. Ho richiamato in una Nota precedente ⁽¹⁾ l'attenzione dei sismologi sul notevole fatto che il principio della perturbazione sugli strumenti di Rocca di Papa, provocata dalle scosse in Calabria dell'8 settembre 1905 e 28 dicembre 1908, è dovuto all'arrivo di onde lente e dotate di un'alta velocità (km. 7-8).

Già fin dal 1894 il prof. Vicentini ⁽²⁾ s'era accorto che anche nella 1^a fase preliminare di molti sismogrammi, d'origine più o meno vicina, registrati a Siena col suo delicatissimo microsismografo (kg. 50), le oscillazioni più o meno pendolari si trovavano sovrapposte ad altre assai più lente; ed anzi nell'analisi del sismogramma della scossa del 20 aprile 1894, scrisse che nei singoli gruppi d'oscillazioni la posizione d'equilibrio d'ogni pennina si spostava sensibilmente, e pareva che il suolo s'inclinasse in modo da far variare rispetto ad esso la posizione della verticale ora in un senso, ora in un altro, come se delle onde molto ampie si propagassero nella crosta terrestre, che contemporaneamente si trovava in uno stato d'oscillazione più rapida.

Questo fatto non passò inosservato neppure al Cinelli ⁽³⁾ ed al Lussana ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ *Importante particolarità nei sismogrammi del R. Osservatorio di Rocca di Papa in occasione dei terremoti calabresi dell'8 settembre 1905 e 28 dicembre 1908.* Questi Rendiconti, pag. 339.

⁽²⁾ G. Vicentini, *Osservazioni sismiche* (Atti della R. Acc. dei Fisiocritici, ser. 4^a, vol. V, Siena, 1894).

⁽³⁾ M. Cinelli, *Sulle registrazioni del microsismografo Vicentini avute a Siena dal 15 Luglio al 31 Ottobre 1894.* Atti, della R. Acc. dei Fisiocr., ser. 4^a, vol. V, Siena, 1895.

⁽⁴⁾ S. Lussana, *Osservaz. sismiche dei mesi di Nov. e Dic. 1894 fatte col microsism. Vicentini.* Atti della R. Acc. dei Fisiocr., ser. 4^a, vol. V, Siena, 1895; *Osservaz. sismiche fatte col microsism. Vicentini nell'Osserv. Geod. di Siena.* Id., ser. 4^a, vol. VII, Siena, 1895; *Osservaz. sismiche fatte nei mesi Aprile-Luglio del 1895.* Id., ser. 4^a, vol. VIII, Siena 1897.

Quest'ultima Memoria incomincia così: « Un movimento sismico deve essere prodotto alla sua origine da un abbassamento o da un sollevamento della crosta terrestre; « qualunque sia però la causa che produce il moto tellurico la superficie terrestre attorno all'epicentro deve porsi in uno stato di vibrazione che si smorza rapidamente in causa dello spessore della crosta e della scarsa sua omogeneità. Tali oscillazioni si propagheranno ora tenendo in fronte un avvallamento (Wellenthal) ed ora un sollevamento

nell'analisi d'altri numerosi sismogrammi ottenuti a Siena dallo stesso microsismografo confidato alle loro cure, e fu confermato ancor meglio dalle successive osservazioni eseguite dal Vicentini a Padova nel 1895, anche per terremoti con epicentro abbastanza vicino a Padova, per esempio, Rovigo (km. 40), Comacchio (km. 80), Belluno (km. 85), Firenze (km. 180) e Lubiana (km. 210) (1).

Anzi, il Vicentini volle fare uno studio speciale del sismogramma avutosi il 25 maggio 1895, dovuto ad una scossa abbastanza intensa in provincia di Rovigo, registrata a Padova da un più potente e perfezionato microsismografo (kg. 100). Per mettere meglio in evidenza che durante tutto il periodo di scuotimento, il suolo aveva subito una forte variazione di livello, e che le oscillazioni pendolari andavano facendosi attorno ad una nuova linea fondamentale, egli tracciò una curva degli spostamenti successivi del pendolo in funzione dei tempi e trovò che nei primi 10 secondi lo spostamento fu lento, nei 12 successivi rapidissimo, in altri 10 diminuì rapidamente, senza però che il pendolo riacquistasse ancora la sua posizione normale, a causa d'altre minime oscillazioni lente del suolo. L'inclinazione massima di quest'ultimo fu di circa 6" e si conservò per circa 4-5 secondi (2).

2. Naturalmente, trattandosi negli esempi citati di terremoti tutti abbastanza vicini, ed in molti dei quali la deflessione lenta del pendolo ha potuto cominciare anche parecchi secondi dopo l'inizio del sismogramma, i fatti osservati potrebbero ancora conciliarsi coll'ipotesi, oggi generalmente accettata, delle tre diverse specie d'onde, che si producono nel focolare d'una scossa sismica e che sarebbero dotate di varia velocità di propagazione. Ed infatti lo stesso Vicentini sembra perfettamente convenire in quest'ordine d'idee quando egli scrive nell'analisi del terremoto lontano del 6 marzo 1895 (3): « I dia-

« (Wellenberg). Nel primo caso un corpo disposto normalmente alla superficie del suolo
« dovrà per effetto della prima onda inclinarsi in senso inverso alla direzione del movi-
« mento, mentre nel secondo caso si inclinerà precisamente nello stesso senso. Ammesso
« questo fatto, che del resto risulta evidente dallo studio di molti dei diagrammi che
« descrivo qui, si capisce come siano del tutto inutili le discussioni che tendono a de-
« durre la direzione di un movimento sismico dalla direzione secondo cui caddero oggetti
« posti normalmente alla superficie terrestre..... ».

(1) G. Vicentini, *Fenomeni sismici osservati a Padova dal febbraio al settembre 1895 col microsismografo a due componenti* (Atti della Soc. Veneto-Trentina di sc. nat., ser. 2^a, vol. III, fasc. 1^o, Padova, 1895).

(2) Questa curva oltre ad essere riprodotta nella 2^a Nota già accennata del Vicentini, la si trova ancora nell'altro suo lavoro: *Intorno ad alcuni fatti risultanti da osservazioni microsismiche* (Boll. della Soc. Sism. It., 1896, II, pag. 75), ed a pag. 368 della *Science Sismologique* del conte de Montessus de Ballore; ma quivi la scossa di Rovigo è per equivoco riferita al 25 maggio 1896.

(3) G. Vicentini, *Fenomeni sismici osservati a Padova dal febbraio al settembre 1895, ecc.*

« grammi già da me illustrati l'anno scorso e tutti quelli che mi ha forniti
« recentemente il microsismografo di Padova, mostrano che nella località
« sede di terremoto, il terreno non solo vibra rapidamente, ma è assoggettato
« ad un innalzamento e ad un abbassamento improvviso che provocano contem-
« poraneamente delle onde più lente, che fanno variare tutto attorno, periodi-
« camente, il livello del suolo. I primi scuotimenti, che provocano delle onde
« longitudinali, dotate di maggiore velocità, si separano sempre più dalle altre
« onde, le trasversali, quanto più lontano dall'epicentro del terremoto è il
« luogo d'osservazione ».

Ed a proposito di terremoti disastrosi di epicentro lontano, lo stesso A. così si esprime: « Le oscillazioni pendolari del secondo e del terzo periodo
« in generale si formano attorno ad una posizione di equilibrio del pendolo
« continuamente variabile, come se durante il movimento sismico, si propa-
« gassero attraverso al suolo delle onde lunghe, lente, del periodo di almeno
« due decine di secondi »⁽¹⁾. E più oltre, a proposito di terremoti disastrosi
di epicentro lontanissimo: « ... si può ammettere che all'atto della rottura
« dell'equilibrio instabile della crosta terrestre in un determinato punto,
« rottura che provoca un terremoto fortissimo, tutto attorno si propaghino con
« grande velocità delle vibrazioni (oscillazioni longitudinali di breve periodo)
« e che contemporaneamente per la variazione istantanea di livello che av-
« viene all'epicentro, si sviluppino per la elasticità della crosta, onde trasver-
« sali estesissime di minore velocità di propagazione. In queste onde lentissime
« che arrivano al microsismografo molto dopo il periodo di vibrazione, secondo
« me si può trovare la conferma delle variazioni di livello del suolo, che ho
« osservate nel caso di terremoti locali... ».

3. Ma questo modo d'interpretazione che, ripeto, è oggi quasi general-
mente approvato, non può spiegare il fatto da noi messo in evidenza, che cioè
sebbene l'Osservatorio di Rocca di Papa disti notevolmente (c. 450 km.)
dagli epicentri dei terremoti calabresi del 1905 e 1908, pure nei telesismogrammi,
che vi si ottennero, l'inizio della perturbazione è precisamente prodotto dal-
l'arrivo di onde lente!

Come ben si vede, questo fatto singolare, e sul quale non può cadere il
minimo dubbio, sarebbe in opposizione coll'ipotesi oggi prevalente per ciò che
riguarda il meccanismo di propagazione delle onde sismiche.

Sarebbe mai possibile che in certe commozioni telluriche potessero effet-
tivamente mancare, od almeno presentarsi assai affievolite le onde elastiche
longitudinali e trasversali e predominare, invece, quelle gravitazionali, mentre
in altre scosse potessero aver luogo tutte e tre le specie d'onde, a seconda
della causa che produsse il movimento sismico? Si potrebbe, ad es., sup-
porre che una scossa fosse generata da un subitaneo abbassamento d'una

⁽¹⁾ *Intorno ad alcuni fatti risultanti da osservazioni microsismiche.*

porzione più o meno estesa di suolo, senza dar origine a fratture di strati o confricazione dei bordi dei medesimi già in precedenza fratturati; ed in tal caso potrebbero forse predominare le sole onde di gravità. Ma se l'abbassamento fosse accompagnato da fratture nel terreno, o da intense confricazioni, quali sarebbero possibili se s'abbassasse più o meno obliquamente una porzione di massa rocciosa, già contornata da fratture (faglie), ecco che alle onde gravitazionali potrebbero aggiungersi ben marcate anche quelle elastiche longitudinali e trasversali prodotte appunto da fratture, sfregamenti, o distorsione delle rocce.

Se fosse possibile un lontano paragone con l'acustica, nel primo caso è dunque come se si avesse da fare soltanto con il suono fondamentale, nel secondo caso con lo stesso accompagnato dalle armoniche.

4. Ma contro questo modo di vedere starebbe la circostanza che le onde lente in questione si sono propagate con una velocità ben più alta di quella che oggi si ritiene dover loro spettare. Ed invero, la velocità da 7 ad 8 km. al secondo, che noi abbiamo trovata per le dette onde lente, in ambo le scosse della Calabria del 1905 e 1908, non è molto diversa da quella che è stata calcolata per le stesse onde longitudinali in telesismi con epicentro a distanze anche superiori ai 500 km. Può quindi nascere il sospetto che effettivamente alle onde lente possano competere anche altissime velocità, almeno a quelle debolissime onde lente che si osservano all'inizio del sismogramma, e che generalmente sfuggono in tanti altri terremoti di minore intensità di quelli calabresi da noi presi in considerazione. E questo potrebbe avvenire, sia che il sismogramma fosse dovuto predominantemente alle onde lente, sia che non mancasse la coesistenza di quelle elastiche longitudinali e trasversali. Restando in quest'ordine d'idee, bisognerebbe forzatamente ammettere che la velocità di queste onde lente andasse notevolmente diminuendo col crescere della loro ampiezza: ciò che del resto non costituirebbe alcuna novità; poichè, anche per le onde lente della così detta *fase principale*, sappiamo che la loro velocità è variabilissima, e precisamente maggiore per quelle che precedono il massimo e minore per quelle che lo seguono.

5. E siccome abbiain visto nell'altra mia Nota sopra citata, che l'ampiezza di siffatte onde lente in ambo i telesismogrammi della Calabria è andata sempre più crescendo a partire dall'inizio del sismogramma, potrebbe anche supporre che il rinforzo che si suole attribuire all'arrivo dei così detti secondi tremoti preliminari (*S. undae secundae*) non fosse altro che un brusco rinforzo verificatosi in dette onde lente, e per conseguenza non dovute all'arrivo d'altra specie d'onde.

Sono condotto a pensare così, esaminando la curva sopra accennata del prof. Vicentini, la quale mostra che l'inclinazione del suolo, dapprima insignificante, cresce poco dopo rapidissimamente, mostrando appunto uno spiccatissimo rinforzo.

6. Riassumendo, dirò che non sarebbe impossibile che in certi terremoti straordinariamente intensi e forse d'ipocentro poco profondo, come quelli qui da noi considerati, si propagassero dapprima attorno all'epicentro onde gravitazionali pochissimo ampie (e quindi difficilmente visibili negli strumenti), ma dotate di altissima velocità, alle quali tengono dietro altre consimili sempre meno veloci, ma più intense. Non si esclude la coesistenza di altre specie d'onde, sia che queste siano caratterizzate da una velocità propria e irraggianti direttamente dall'ipocentro, sia che vengano suscitate dalle stesse onde lente man mano che si allontanano dall'ipocentro. Insisto però nel fatto che nei due terremoti calabresi in questione, la velocità di quest'altra specie di onde, non può essere stata maggiore di quella delle onde lente, al contrario cioè di quanto finora si crede.

A proposito delle onde costituenti le due fasi preliminari (P e S), aggiungerò che allo stato attuale della sismometria, per quanto si creda progredita, siamo ancora ben lontani dal formarci una chiara idea delle medesime in mezzo alle numerose cause di perturbazione che possono indurre in errore l'osservatore poco cauto, come già le tante volte ho avuto occasione di dire, e come cercherò di mostrare meglio nello studio particolareggiato del terremoto calabro del 1905. Tutto ciò sta a mostrarci quanto grande sia ancora la nostra ignoranza per ciò che riguarda il meccanismo di propagazione delle onde sismiche, e quanto ancora sia da fare nel perfezionamento degli strumenti sismici, affinché questi possano tracciare sismogrammi di più sicura interpretazione.

7. Stando così le cose, io mi vado sempre più convincendo del modo poco razionale e prudente con il quale da pochi anni si vanno pubblicando le osservazioni in molti Osservatori esteri (ed ora si comincia anche in Italia) coll'uniformarsi forzatamente a determinati criteri nell'elencare i dati orari, relativi alle varie fasi d'una perturbazione sismica; criteri supposti sicuri e fondamentali e che invece disgraziatamente forse non lo sono (¹). Non ho mancato di far notare quest'inconveniente nella riunione della *Commissione permanente dell'Associazione sismologica internazionale*, tenutasi in Roma nel settembre 1906 (²); ed ancor oggi torno sullo stesso argomento, ben

(¹) Tanto per citare un esempio, dirò che nella stessa relazione di Gottinga relativa al terremoto calabro del 1905, si riporta un periodo di ben 25^s per le onde della 1^a fase preliminare e si dà con incertezza il principio della 2^a fase preliminare; eppure si ha da fare con un terremoto importantissimo e registrato da uno strumento dei più perfetti, qual'è il *sismografo astatico Wiechert*, e per di più munito di smorzatore!

È per l'appunto questa incertezza nel precisare la distinzione delle varie fasi d'un sismogramma, più che l'insufficienza delle formole, la vera causa degli equivoci (qualche volta madornali) che si prendono nel calcolare, sia pure approssimativamente, la distanza a cui hanno avuto luogo i terremoti dal luogo d'osservazione.

(²) G. Agamennone, *Sopra l'analisi di sismogrammi*. Annexe XIX, pag. 167 dei

contento se la modesta mia voce concorrerà a migliorare la compilazione delle relazioni sismiche le quali, come oggi sono presentate, senza l'ausilio di sismogrammi, o una particolareggiata e imparziale analisi dei medesimi, possono facilmente provocare numerosi equivoci e perplessità, e far perfino battere falsa strada nelle ricerche sismiche, specialmente da chi non ha pratica sufficiente degli strumenti.

Fisica. — *Le tensioni create in un corpo elastico dalle distorsioni di Volterra e la conseguente doppia rifrazione accidentale.* Nota di O. M. CORBINO, presentata dal Socio V. VOLTERRA.

Fisica. — *I fenomeni di doppia rifrazione accidentale, prodotti dalle tensioni create in un corpo elastico dalle distorsioni di Volterra.* Nota di G. C. TRABACCHI, presentata dal Socio V. VOLTERRA.

Fisica. — *Sulle trasformazioni del Selenio.* Nota di A. POCHETTINO, presentata dal Socio P. BLASERNA.

Le Note precedenti saranno pubblicate nel prossimo fascicolo.

Comptes Rendus des séances de la première Réunion de la Commission Permanente de l'Association Internationale de Sismologie réunie à Rome du 16 au 20 octobre 1906, rédigés par le Secrétaire Général R. de Kővesligethy.