

QUADERNI di GEOFISICA

Terremoti in relazione a fenomeni
elettrici e magnetici (Milne, 1890)

Traduzione commentata



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

170

Direttore Responsabile

Valeria DE PAOLA

Editorial Board

Luigi CUCCI - Editor in Chief (luigi.cucci@ingv.it)
Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)
Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)
Mario CASTELLANO (mario.castellano@ingv.it)
Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)
Rosa Anna CORSARO (rosanna.corsaro@ingv.it)
Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)
Mauro DI VITO (mauro.divito@ingv.it)
Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)
Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)
Milena MORETTI (milena.moretti@ingv.it)
Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)
Umberto SCIACCA (umberto.sciacca@ingv.it)
Alessandro SETTIMI (alessandro.settimi1@istruzione.it)
Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)

Segreteria di Redazione

Francesca DI STEFANO - Coordinatore
Rossella CELI
Robert MIGLIAZZA
Barbara ANGIONI
Massimiliano CASCONI
Patrizia PANTANI
Tel. +39 06 51860068
redazione@ingv.it

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.174 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale
di Geofisica e Vulcanologia
Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI
Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

QUADERNI di GEOFISICA

Terremoti in relazione a fenomeni elettrici e magnetici (Milne, 1890)

Traduzione commentata

Earthquake in connection with electric and magnetic phenomena

Adriano Nardi

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Sismologia e Tettonofisica

Accettato 20 Ottobre 2020 | *Accepted 20 October 2020*

Come citare | *How to cite* Nardi A., (2021). Terremoti in relazione a fenomeni elettrici e magnetici (Milne, 1890). Traduzione commentata. Quad. Geofis., 170: 1-48, <https://doi.org/10.13127/qdg/170>

In copertina | *Cover* <https://www.pikrepo.com/feagz/book-page-lot>

170

INDICE

Riassunto	7
Abstract	7
Introduzione	7
1. John Milne	9
2. Traduzione di “Terremoti in relazione a fenomeni elettrici e magnetici” [Milne, 1890]	9
2.1 Esempi di fenomeni elettrici	9
2.2 Terremoti e correnti telluriche	11
2.3 Le cause di correnti e fenomeni elettrici	15
2.4 Terremoti e fenomeni magnetici	17
2.5 Elettricità atmosferica e terremoti a Tokio	23
2.6 Registrazioni di terremoti e disturbi elettrici	25
2.7 Conclusioni riguardo le osservazioni di Tokio	25
2.8 Considerazioni finali	26
3. Fenomeni “elettromagnetici” al tempo di Milne	27
4. Dietro alle cronache di Milne: segnali radio senza la radio	31
4.1 Il meteorologo Wilhelm Trabert (1890)	32
4.2 Padre Raffaele Del Verme (1851)	32
4.3 Il “coesore” e i suoi molteplici impieghi (1886 / 1924)	33
4.4 Il radioastronomo James Warwick (1960)	39
5. Epilogo	40
Ringraziamenti	40
Bibliografia	41

Riassunto

Questa è una traduzione commentata del raro documento citato da oltre un secolo di bibliografia come "Milne, 1890". Si è studiato il testo per verificare la realistica di alcune recenti affermazioni sul fatto che questo rapporto (oggi difficilmente reperibile) avesse trattato per la prima volta di precursori elettromagnetici. Si è cercato di indagare su ogni episodio e personaggio, identificando i criptici (e a volte inesistenti) riferimenti bibliografici, rintracciando quasi tutti i testi, ampliando e commentando spesso le relative citazioni. La mia opinione è che nessuno all'epoca di Milne avesse consapevolmente, ma forse nemmeno accidentalmente, osservato un precursore di origine elettromagnetica. I fenomeni descritti sono studiati da un punto di vista puramente elettrico o magnetico. I segnali elettrici riguardano tensioni e correnti troppo alte. I fenomeni magnetici già all'epoca furono contestati come prodotti di effetti inerziali ma comunque è difficile pensare che la componente campo magnetico di un segnale EM possa deviare stabilmente l'ago di una bussola. Questa stessa ricerca ha tuttavia portato alla luce qualche altro caso sospetto che sarebbe opportuno indagare in modo più approfondito, in quanto potrebbe risultare realmente il primo caso documentabile dell'osservazione di un precursore elettromagnetico del terremoto.

Abstract

This is a commented translation of the rare document cited by more than a century of bibliography as "Milne, 1890". The text was studied to verify the veracity of some recent claims that this report (presently difficult to find) had dealt with electromagnetic precursors for the first time. An attempt was made to investigate each episode and character, identifying the cryptic (and sometimes non-existent) bibliographic references, tracing almost all the texts, often expanding and commenting on the relative citations. My opinion is that no one, at the time of Milne, had consciously, but maybe not even accidentally, observed a precursor of electromagnetic origin. The phenomena described are studied from either a purely electrical or magnetic point of view. Electrical signals concern too high voltages and currents. Magnetic phenomena, already at the time, were contested as products of inertial effects, but in any case it is difficult to think that the magnetic field component of an EM signal can permanently deflect the needle of a compass. However this same research has brought to light some other potentially interesting cases that should be investigated further. One of them, could actually be the first documentable case of the observation of an electromagnetic seismic precursor.

Keywords John Milne; Precursori elettromagnetici; Terremoto | Electromagnetic Precursors; Earthquake.

Introduzione

Questa è una traduzione commentata del raro documento "Milne J. (1890). *Earthquakes in connection with electric and magnetic phenomena*. Trans. Seismol. Soc. Japan, 15: 135-162", nel quale John Milne esordisce dicendo: «Questa pubblicazione ha lo scopo di attirare l'attenzione su una varietà di osservazioni che richiederebbero un approfondimento, con la speranza che lo studio sistematico di queste manifestazioni possa portare alla spiegazione di numerosi fenomeni che al momento non sono stati compresi».

Mentre scrivevo un'introduzione allo studio dei precursori elettromagnetici¹, intesi come segnali radio naturali, mi sorgeva questo dubbio: malgrado molti siti WEB, alcuni recenti articoli scientifici e almeno un libro, ritenessero "Milne, 1890" il primo caso documentato di "precursori elettromagnetici", questo fatto difficilmente poteva essere vero. Innanzitutto i primi precursori EM della storia sono stati ovviamente le *luci sismiche* (o EQL), note fin dall'antichità. D'altra parte, anche considerando esclusivamente i segnali radio, le "onde hertziane" erano state sperimentate soltanto due anni prima di questo rapporto di Milne, nel 1888. In un'epoca in cui l'elettromagnetismo era una materia quasi esoterica che nulla aveva a che fare con la sismologia, sarebbe stato davvero sorprendente se Milne, pur essendo indubbiamente geniale, avesse maturato così presto la consapevolezza che i suoi segnali elettrici e magnetici potessero essere due componenti di un fenomeno elettromagnetico associato al terremoto. Tanto più che le testimonianze raccolte da Milne risalgono a decine di anni prima della data di pubblicazione, quando le equazioni dell'elettromagnetismo ipotizzate da Maxwell (1864) erano poco più che una pura speculazione matematica, riferibile al massimo alla luce. Le onde radio non erano ancora note. Inoltre tutta la letteratura scientifica che per più di un secolo ha fatto riferimento al trattato di Milne aveva citato sempre fenomeni puramente elettrici o magnetici, anche dopo la consacrazione dell'elettromagnetismo con l'invenzione di Marconi. L'equivoco, recentissimo, è dovuto forse a un punto di vista attualista unito al fatto che il testo di Milne è oggi difficilmente reperibile, se non raro, e a volte risulta criptico, specie su argomenti particolarmente "delicati". Che cosa avevano davvero osservato gli sperimentatori di fine ottocento con le loro attrezzature spesso empiriche ma a volte simili a ciò che (oggi) siamo abituati a riconoscere come un'antenna? Moltissimi degli studiosi citati da Milne sono italiani e molti dei documenti erano stati scritti in italiano. Questo causò all'epoca non pochi equivoci dovuti alla lingua e alcuni equivoci diciamo "dialettici" permangono ancora oggi. Ma lo studio di questo testo fa riscoprire un mondo di sperimentazione e di nuove frontiere davvero sorprendente che non dovrebbe restare nell'oblio. Per questo motivo ho voluto riproporne la traduzione commentata in una pubblicazione divulgativa e di libera diffusione, grazie alla collana "Quaderni di Geofisica" dell'INGV.

La mia opinione è che nessuno all'epoca di Milne avesse consapevolmente, ma forse nemmeno accidentalmente, osservato un precursore di origine elettromagnetica. Tuttavia, indagando dietro alle cronache di Milne, sono venuti alla luce altri elementi che forse potrebbero avere a che fare con fenomeni elettromagnetici genuini. D'altronde questi erano gli "X-Files" di un'epoca in cui la sismologia stessa stava ancora prendendo forma.

Per questo motivo la traduzione è stata arricchita da numerose note. Sono stati verificati ogni personaggio e circostanza. Le citazioni bibliografiche di Milne (non sempre chiare e complete) sono state verificate e sostituite con una notazione standard della quale si riporta la bibliografia completa. Dove non è stato possibile risalire al testo o dove ne mancava la citazione, per quanto possibile, è stata reperita una bibliografia alternativa o compatibile. Inoltre, i passaggi più interessanti dal punto di vista della possibile natura elettromagnetica dei fenomeni discussi sono stati ampiamente commentati ed ampliati con citazioni integrali dei testi di riferimento o di altre testimonianze coeve. Sono state anche introdotte alcune illustrazioni degli strumenti dell'epoca per chiarire a noi oggi di cosa si trattasse (le uniche illustrazioni originali sono i diagrammi conclusivi). A questo punto spetta al lettore un giudizio definitivo.

Al di là della questione sull'elettromagnetismo, è comunque straordinario ripercorrere nelle cronache di Milne una parte della storia che ha portato alla conoscenza e all'invenzione di ciò che oggi consideriamo scontato e scoprire, nello stesso tempo, che forse non abbiamo ancora compreso appieno tutto ciò che i nostri maestri seppero osservare.

¹ Di prossima pubblicazione su Quaderni di Geofisica INGV.

1. John Milne

Il geologo, ingegnere minerario e sismologo britannico John Milne (Liverpool, 1850 - Newport, 1913) si formò presso la Royal School of Mines di Londra e tra il 1873 e il 1874 compì diversi viaggi come ingegnere minerario. Divenne poi docente di geologia e arte mineraria presso l'Imperiale Collegio Tecnico di Tokyo dove rimase dal 1875 al 1895. Qui condusse numerosi studi sui terremoti giapponesi (tra cui quello in oggetto) raccolti negli atti della Società Sismologica del Giappone, della quale fu anch'egli fondatore. Tornato successivamente in patria, divenne segretario del Comitato Sismologico britannico. Ha scritto importanti trattati tra cui *Earthquakes* (1883) e *Seismology* (1898). Ha sviluppato quello che può essere considerato il primo strumento moderno di monitoraggio sismico: il sismografo Milne a pendolo orizzontale (1892).²



Figura 1 John Milne.

Figure 1 John Milne.

2. Traduzione di “Terremoti in relazione ai fenomeni elettrici e magnetici” [Milne, 1890]

Fino ad oggi, l'unico studio noto alla Società Sismologica del Giappone riguardo il rapporto tra terremoto, correnti telluriche e fenomeni magnetici era il contributo del prof. R. Shida in “Earth currents” [Shida, 1886]. Nelle pagine seguenti sono stati riportati gli esempi del professor Shida con l'aggiunta di molti casi in cui fenomeni elettrici e magnetici hanno accompagnato episodi vulcanici o sismici. Questo articolo ha lo scopo di richiamare l'attenzione su una varietà di osservazioni che richiederebbero un approfondimento, con la speranza che lo studio sistematico di queste manifestazioni possa portare alla spiegazione di numerosi fenomeni che al momento non sono stati compresi.

2.1 Esempi di fenomeni elettrici

Dall'osservazione di fulmini che scaturiscono dentro e attorno alle colonne di cenere delle eruzioni vulcaniche e dalle diverse indagini condotte da Palmieri³ sulle pendici del Vesuvio, sappiamo che al momento di un'eruzione vulcanica l'atmosfera diventa fortemente carica di

² Per una biografia più dettagliata di John Milne si rimanda al sito del Progetto Tromos dell'INGV e in particolare all'indirizzo: <http://storing.ingv.it/tromos/comments/COMM01070.htm>

³ Luigi Palmieri (1807-1896) fisico, sismologo e vulcanologo, studioso dell'elettricità atmosferica. Cattedra di Fisica Terrestre e Meteorologia presso l'Università di Napoli (1860). Direttore dell'Osservatorio Vesuviano dal 1855 al 1896. Era noto in Giappone anche perché fu l'inventore di un sofisticato sismografo (1856) che venne a quei tempi acquistato dal Governo giapponese per l'Agenzia Meteorologica di Tokyo.

elettricità. Una spiegazione per questi fenomeni è che il vapore ad alta pressione che fuoriesce dal cratere svolga il ruolo di una macchina idroelettrica, con un effetto amplificato dall'attrito delle particelle solide riscaldate l'una contro l'altra durante la loro ripetuta espulsione. Queste osservazioni suggeriscono che potrebbe esistere qualche connessione tra i terremoti e i conseguenti fenomeni elettrici. Al momento del terremoto accade spesso che l'aria risulti estremamente elettrizzata. Ad esempio Fuchs riporta che questa condizione si è verificata in occasione del terremoto del 1808 in Piemonte⁴. Humboldt osservò che durante il terremoto di Cumana l'elettroscopio mostrò repentinamente la presenza di elettricità nell'atmosfera⁵. È opinione diffusa in Sud America che le scariche elettriche nell'atmosfera e i terremoti siano in proporzione inversa tra loro. Si dice che i terremoti del Mississippi e Ohio del 1812 abbiano rafforzato questa credenza.

Apparizioni di luci nel cielo sono spesso menzionate nei registri di terremoti, come ad esempio in occasione del terremoto di Lisbona nel 1755 e di quello di Catania nel 1693. Nel 1805 a Napoli furono osservate delle palle di fuoco quasi contemporaneamente alla prima scossa. Guardando dal mare, dei raggi di luce chiari sembravano fuoriuscire dalle cime delle case più alte⁶. Queste apparizioni, che di solito sono considerate fenomeni elettrici, sono estremamente numerose nei registri dei terremoti. Poco prima del terremoto del New England nel 1727 furono visti dei lampi di luce [Dudley, 1727]. Inoltre si dice che prima del terremoto in Sicilia (11 gennaio 1692-3)⁷ si sia osservata nel cielo una grandiosa luce simile al fuoco [Bonajutus & Malpighius, 1694].

Una lettera di Thomas Henry, F.R.S.⁸, che descrive il terremoto avvertito a Manchester il 14 settembre 1777, narra che la moglie ed altre persone avvertirono in varie parti del corpo delle scosse simili a quelle elettriche. Dopo la scossa⁹ molte persone lamentarono dolori nervosi e

⁴ Carl Wilhelm Casimir Fuchs (1837–1886) geologo, mineralogista e botanico tedesco. Fu professore associato di geologia all'Università di Heidelberg (1876). La fonte, non bibliografata da Milne, potrebbe essere: "Fuchs C. W. C. (1886). Statistik der Erdbeben von 1865 bis 1885, in: Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, band 92, heft 3, pp.215-625", in quanto so che qui riferiva anche di eventi italiani. Non lo riporterò in bibliografia perché non rintracciato e verificato. Riguardo l'evento italiano a cui fa riferimento, si tratta certamente del terremoto accaduto il 2 aprile del 1808 nella provincia di Torino, stimato 5.6 di magnitudo Richter e VIII grado della scala Mercalli. Tra l'altro risulta dalle cronache locali che questo sisma fu preceduto da un impressionante precursore: nella stessa giornata e senza un motivo legato alle precipitazioni, alcuni corsi d'acqua nel territorio di Pinerolo aumentarono improvvisamente la portata fino a trascinare dagli argini e inondare le campagne.

⁵ Trattasi di Friedrich Heinrich Alexander Freiherr von Humboldt, naturalista ed esploratore tedesco. Milne, per errore, lo chiamerà sistematicamente "Humbolt". Mi risulta che in quell'occasione (2 novembre 1799) Humboldt avesse osservato un elettroscopio *Bennet*, il tipico strumento ad alette che si divaricano, come quello illustrato nella figura 2.

⁶ Sisma del 26 luglio 1805 (M 6.6) con epicentro sui monti del Matese. Milne non riporta la fonte ma troviamo una testimonianza compatibile nella memoria di Giuseppe Poli, Comandante della Regia Accademia Militare e presumibilmente noto al Milne in quanto membro della Royal Society. Da [Poli, 1805; pag. 33]: «*Nel mentovato di 26 videsi una forte coruscazione (intende dire un lampeggiamento) nell'aria poco prima del tramontar del sole verso il Nord, ossia verso quella regione, ove fia situato Capodimonte. Un simigliante bagliore ravvisossi da Gaeta verso la parte di Sessa circa un'ora di notte; e la loro posizione, la loro forma, e 'lor colore trassero gli spettatori ad immaginare, che fossero aurore boreali*».

⁷ È il già accennato terremoto del 1693. Non è chiaro il motivo di questa notazione "2-3". Il terremoto di Vallo di Noto colpì la zona di Catania il 9 e l'11 gennaio 1693 (XI grado MCS, 60000 vittime, Magnitudo stimata 7.3). Questa fu forse un'eruzione causata dal sisma e non la luce di un fenomeno elettrico. Galli, nella sua raccolta di fenomeni luminosi associati al terremoto [Galli, 1910] così descrive l'accaduto: "A 1693, 1 gennaio. Sicilia: nube nera sopra Catania e grandi fiamme intorno all' Etna. Dalla relazione di Alessandro Borges: «Il . Antonio Serrovita (...) vide una nube nera come la notte, sospesa sopra la città; e vide alzarsi dalla bocca dell'Etna delle gran piramidi di fiamme che si spandevano tutto all'intorno (...)». Le fiamme riversatesi intorno all'Etna, sebbene uscite dal cratere, furono certamente un effetto della scossa, perchè allora quel vulcano era tranquillo. Il professor Mercalli dice che questo (...) si estese con gravi rovine ad una parte della Calabria e insino a Malta (...). Non fu dunque un terremoto vulcanico".

⁸ Con la sigla F.R.S. si intendeva "fellow of Royal Society" cioè *membro della Royal Society*.

⁹ Accade spesso con Milne che non è chiaro quando si parla di scossa di terremoto o di scossa elettrica. Andando a verificare sul testo originale, la lettera di Henry, a pag. 223, riferisce effettivamente che la moglie, durante la scossa di terremoto, fu colpita alla testa "da un oggetto che non fu mai identificato" e il dolore le restò per ore. Inoltre altre persone, "come mia moglie", avrebbero subito shock simili a quelli elettrici in diverse parti del loro corpo.

affezioni isteriche, sintomi simili a quelli accusati da persone che subiscono una scossa elettrica. Forse la paura può aver contribuito a produrre alcuni di questi effetti [Henry, 1778; pag. 221]. Schmidt sostiene che la massima manifestazione di fenomeni elettrici si verifica a metà ottobre o qualche giorno dopo, mentre il minimo nella prima settimana di marzo circa¹⁰. Se consideriamo le conclusioni di Schmidt riguardo alla periodicità dei terremoti, possiamo osservare, come egli stesso sottolinea, che il massimo dei terremoti e delle tempeste elettriche si verificano in periodi poco diversi. Più in generale possiamo dire che troviamo la massima intensità dell'attività elettrica atmosferica in inverno, che è la stagione in cui i terremoti sono più frequenti.



Figura 2 Elettroscopio Bennet (1780) a fogli di alluminio. È lo stesso tipo di strumento con cui Humboldt osservò la presenza di elettricità statica nell'aria durante un terremoto a Cumaná (Venezuela).

Figure 2 Bennet electrostatic machine (1780) with aluminum foil. It is the same type of instrument with which Humboldt observed the presence of static electricity in the air during an earthquake in Cumaná (Venezuela).

2.2 Terremoti e correnti telluriche

Il prof. W. E. Ayrton ha focalizzato l'attenzione sul collegamento tra terremoti e correnti telluriche in una comunicazione alla Società asiatica del Bengala nel giugno 1871, dove osservò¹¹ che il terremoto indiano del 15 dicembre 1872 era stato preceduto, la sera prima, da forti correnti telluriche osservate nelle linee terrestri¹² tra Valentia e Londra, tanto che per poter inviare messaggi era stato necessario collegare tra loro le linee e in questo modo far sì che la corrente di una neutralizzasse l'altra¹³ (Asiatic Society of Japan, April 25th, 1877)¹⁴. Il terremoto egiziano (12 gennaio 1873) fu preceduto anch'esso da forti correnti telluriche. Il terremoto italiano del 17 marzo 1875¹⁵ fu accompagnato da forti disturbi sulle linee di terra.

¹⁰ In questo caso probabilmente si parla di fulmini e della loro massima frequenza statistica. Non è chiaro chi fosse Schmidt, forse Johann Friedrich Julius Schmidt (1825 - 1884) astronomo e geofisico tedesco che studiò anche il vulcanismo e i fenomeni sismici. Manca un riferimento bibliografico.

¹¹ In questo episodio ci sono ben due stranezze. (1) Nel 1871 Ayrton avrebbe pubblicato osservazioni riguardo il terremoto del 1872? Probabilmente le date sono da invertire. (2) Un terremoto indiano avrebbe manifestato un precursore in Europa? Forse qui osserviamo un effetto nefasto della nuova invenzione del telegrafo. Oggi siamo abituati a sapere tutto in tempo reale ma all'epoca era impossibile, finché il telegrafo (l'Internet di allora) non ha iniziato a trasmettere notizie in modo istantaneo. A quel punto, forse, il fervore della novità ha scatenato il desiderio di collegare tra loro eventi improbabili.

¹² Anche se non specificato, trattasi appunto di linee telegrafiche. Oggi possiamo porci il dubbio se si trattasse di linee telegrafiche, telefoniche o magari della fibra ottica, ma a quel tempo non esisteva niente altro che il telegrafo a filo, che soltanto a partire dal 1844 aveva iniziato a diffondersi in tutto il mondo. Anche se l'invenzione del telefono risale già al 1849 (Meucci), di fatto la prima linea telefonica italiana è del 1877 (Milano: dalla caserma dei pompieri alla stazione di Porta Venezia) e come rete, negli Stati Uniti, il telefono inizierà a diffondersi nei primi anni del '900.

¹³ La figura 3 mostra un circuito telegrafico. La didascalia spiega l'eventuale funzionamento bifilare.

¹⁴ Tra parentesi si indicherà la bibliografia originale, così come indicata da Milne, ogni volta che, come in questo caso, è stato impossibile risalire al documento.

¹⁵ M 5.7 con epicentro nella costa Romagnola, presso Rimini.

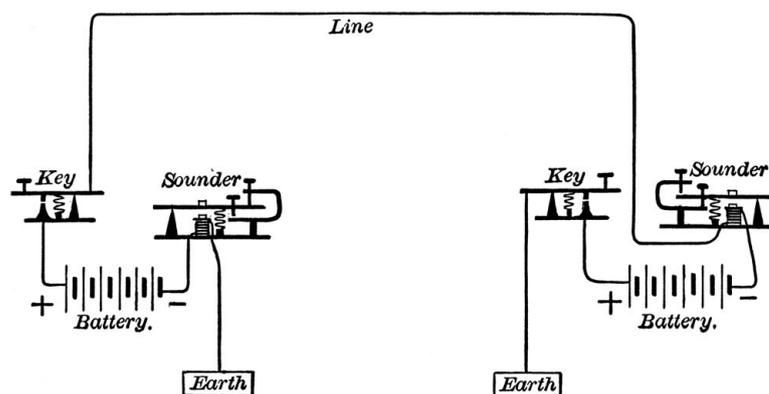


Figura 3 Circuito telegrafico. Il più semplice circuito telegrafico prevede un cavo che collega direttamente le due stazioni e una presa di terra per chiudere il circuito. Inizialmente si usavano due cavi ma poi ci si accorse che su lunghe distanze la presa di terra non differiva da un cavo. Un circuito più complesso può prevedere invece due cavi per due linee separate in ricezione e trasmissione. Grazie a questa configurazione con la presa di terra, la telegrafia terrestre è stata involontariamente la prima rete di rilevamento delle correnti telluriche.

Figure 3 Telegraphic circuit. The simplest telegraph circuit foresees a cable that directly connects the two stations and an earth socket to close the circuit. Initially two cables were used but then it was realized that over long distances the earth socket did not differ from one cable. A more complex circuit may instead have two cables with separate lines for reception and transmission. Thanks to this configuration with the earth connection, terrestrial telegraphy was unintentionally the first network for detecting telluric currents.

Ancora nel 1871, pochi minuti sia prima che dopo il terremoto del 17 marzo, delle correnti elettriche positive hanno raggiunto l'Inghilterra attraverso i cavi anglo-americani, che si erano spezzati presso Trinity Bay, Terranova [Varley, 1871]¹⁶. Come ulteriore esempio si può ricordare che il terremoto di Ischia (1881)¹⁷ fu rivelato attraverso alcuni dei cavi del Mediterraneo.

Un esempio notevole della coincidenza tra i terremoti e lo sviluppo di correnti telluriche sono le osservazioni di M. Destieux, capo dell'Ufficio Telegrafico di Fort de France in Martinica, in occasione dei terremoti del settembre 1875. Non soltanto le linee erano talmente cariche da causare scosse elettriche alla mano¹⁸, ma dei disturbi elettrici, come indicato dall'ago di un galvanometro¹⁹, sembrano aver sempre preceduto il terremoto con anticipi considerevoli. Accadde così che il 17 settembre il galvanometro fu molto disturbato alle 10:25 e alle 10:52 ci fu un sisma violento. Alle 12:19 il galvanometro fu di nuovo disturbato. Alle 14:45 si sono ripetuti i disturbi elettrici e alle 15:00 accadde un forte terremoto. Alle 16:00 i disturbi furono molto

¹⁶ La citazione originale [C.F. Varley, Nature, 1871, April 20th; also Am. Four. Sci. I. 1871, pag. 472] riportava un secondo documento che non mi è stato possibile identificare.

¹⁷ Era il "terremoto di Casamicciola" (da noi rimasto proverbiale) del 4 marzo 1881, IX grado della scala Mercalli (MCS).

¹⁸ Si può pensare che intenda dire "toccando i fili" invece, come si evince chiaramente da altri casi simili, gli operatori del telegrafo prendevano una forte scossa elettrica proprio dal tasto telegrafico. Ad esempio in [Poirier et al., 2008] si legge che in occasione del terremoto avvertito a Nizza il 23 febbraio 1887 (epicentro a Dianò Marina, Liguria; M = 6,5), il soldato Müller ricevette una folgorazione dal *manipolatore* (è il nome tecnico del tasto telegrafico). L'indagine militare si concluse con una perizia medica che confermò la folgorazione. Nell'articolo si valuta che in base alle caratteristiche della linea telegrafica e alla minuziosa descrizione qualitativa degli effetti, la tensione della scossa all'origine dell'incidente doveva avere un valore minimo compreso tra 40 e 100 V e un limite massimo compreso tra 200 e 1000 V.

¹⁹ Il galvanometro è un dispositivo che traduce una corrente elettrica in un momento magnetico. Fu inventato da Luigi Galvani e veniva usato come strumento di misura o di rilevazione di una corrente continua. Il principio di funzionamento è illustrato nelle figure 4 e 5. I recenti voltmetri ed amperometri a bobina mobile impiegano in diverso modo il medesimo principio del galvanometro. Nel 1858 fu inventato il "galvanometro a specchio" (Thomson) proprio per le linee telegrafiche sottomarine transoceaniche.

grandi e alle 06:00 arrivò un altro terremoto. Osservazioni simili sono state fatte il giorno successivo (Compte Rendus, LXXX., 1875, pag. 693)²⁰.

Alcune osservazioni su questo interessante argomento sono state fatte da F.P. Crescimanno²¹ a Corleone, in Sicilia, nel 1876. Di seguito se ne riportano i risultati:

“Furono usati due galvanometri. Uno venne inserito in un circuito telegrafico mentre l'altro fu collegato con un polo che conduceva in un pozzo e l'altro in un buco nel terreno. Nel momento in cui si sono verificate numerose piccole scosse, il primo di questi strumenti non ha fornito alcuna indicazione. Il galvanometro del pozzo invece ha manifestato alcuni deboli movimenti, indicando una corrente probabilmente positiva. Successivamente alcuni forti scosse hanno causato deviazioni di 8°. Il 9 luglio 1876, alle 20:35, si è verificata una scossa²² durante la trasmissione di un messaggio verso Palermo. Il messaggio è stato allora interrotto per trasmettere: «Terremoto! Terremoto! Terremoto!»²³. L'altro operatore, non riuscendo a capire il messaggio, rispose: «Sollevare il tasto²⁴, la corrente è troppo forte». Il tasto è stato sollevato ma la corrente era ancora troppo forte. La linea di Palermo è stata quindi disconnessa dal circuito²⁵ per collegare quella di Prizzi. Il galvanometro ha oscillato per 7 secondi e si è stabilizzato dopo 15 secondi²⁶. Durante il periodo in cui si riceveva la linea di Palermo, l'ago del galvanometro aveva fatto lievi oscillazioni. Pochi minuti prima del terremoto, il segnale telegrafico,

²⁰ Questo è un esempio dei tipici riferimenti bibliografici criptici di Milne, ma questa volta non mi è stato possibile risalire al documento originale. Tuttavia questo stesso episodio viene riportato integralmente, nella lingua francese, in [Favaro, 1875] a pag. 134. È riportato più sinteticamente, ma in italiano, anche in [Baratta, 1891].

²¹ Milne riferiva erroneamente “Crescimano” ma trattasi di Francesco Paolo Crescimanno, che era in quegli anni il capo dell'Ufficio Telegrafico di Corleone.

²² Si intende questa volta una scossa di terremoto, non elettrica, lo si legge chiaramente in italiano nel testo integrale della lettera di Crescimanno a De Rossi [Crescimanno & De Rossi, 1876].

²³ Al lettore smaliziato sembrerà una scena troppo melodrammatica la trasmissione di questo appello durante la scossa. Vista da un radioamatore è addirittura assurda. Nessun telegrafista, nemmeno “in tempo di pace”, trasmetterebbe tre volte una parola così lunga, aggiungendo addirittura tutti i punti esclamativi (ben 6 battute ciascuno!). Semplicemente: ci vuole troppo tempo. In telegrafia la maggior parte delle parole chiave è ridotta a un codice di tre lettere noto come codice Q (da “Question”). In realtà il testo originale della lettera [Crescimanno & De Rossi, 1876] riportava esattamente queste parole: «Il messaggio fu interrotto per trasmettere il codice convenuto». Faccio questa pignola osservazione perché ci permette di riflettere sul fatto che questo evento non fu per niente fortuito, come appare dal racconto di Milne. A partire dal 1844 le comunicazioni telegrafiche si diffusero in ogni continente e improvvisamente in tutto il mondo iniziarono ad essere osservati disturbi sulle linee telegrafiche in occasione dei terremoti. Padre Alessandro Serpieri, italiano e studioso di precursori, capì subito che si trattava di correnti telluriche (conoscendo già dal 1869 la scoperta di Ragona di cui si parlerà in seguito) e propose una collaborazione con la direzione dei Telegrafi Italiani affinché fosse segnalata sistematicamente la manifestazione di questi fenomeni. Così lo stesso Serpieri presentava la sua idea [Serpieri, 1874b, pag. 196]: «E gli uffici telegrafici (...) potranno darci sul fenomeno desideratissimi lumi. Il galvanometro che sta sotto gli occhi dell'ufficiale telegrafico, vibra e parla incessantemente, annunciando le interne palpitazioni e vicende della vita del globo. Se alle continue variazioni galvanometriche l'impiegato non potrà o non vorrà fare attenzione, non si lasci almeno sfuggire i più solenni momenti di straordinarie crisi, di violenti parossismi. E appena avverte un terremoto, lo annunci a qualche stazione lontana; imperciocchè, andando l'elettrico quasi senza tempo, e le scosse col lento corso di circa 50 chilometri al minuto primo, fra tante stazioni a cui è dato 1' allarme qualcuna ve ne sarà che avrà un aspetto di 2', 3', 4', per poter fare in molta pace importantissime osservazioni.». Si trattava quindi non tanto di prevedere il sisma, quanto di riuscire ad inoltrare la notizia quantomeno in tempo reale (uno dei compiti che ha oggi la Rete Sismica Nazionale). La cosa si realizzò a partire dal 1873 e improvvisamente la letteratura mondiale fu inondata di episodi di fenomeni elettrici tratti da testimonianze italiane scritte in lingua italiana, tra cui questa di Crescimanno, pubblicata integralmente sul “Bullettino di Vulcanologia” del De Rossi, oltre che nel trattato di De Rossi a cui fa riferimento Milne. Tornando quindi ai fatti di Corleone, evidentemente all'epoca di Serpieri in Italia era stato predisposto un apposito codice di segnalazione dell'evento sismico e l'episodio fu tutt'altro che accidentale.

²⁴ È interessante notare che Milne nel testo inglese riporta in corsivo la parola italiana “tasto”. Forse c'era qualcosa di poco chiaro per Milne. Forse anche per noi oggi, ma immagino che l'interruttore in questione fosse stato non proprio il tasto telegrafico (o *manipolatore*) ma la levetta di derivazione (lo *shunt*) impiegata nella telegrafia terrestre a corrente continua, che negli impianti italiani aveva la particolarità di essere installata sul dispositivo manipolatore sotto forma di interruttore automatico. Un esempio di manipolatore a corrente continua con shunt automatico: <http://www.bitnick.it/Morse%20News/2005/119%20-%20corrente%20continua.htm>

²⁵ Il circuito della stazione locale, quindi del galvanometro.

²⁶ Il testo originale di Crescimanno spiega più chiaramente che per 7 secondi persistettero le oscillazioni di notevole ampiezza, mentre l'ago del galvanometro tornò quieto solo dopo 15 secondi.

che in precedenza era buono, si è improvvisamente ridotto. Si suppone che una corrente positiva abbia improvvisamente colpito la linea²⁷ [De Rossi, 1879, pp. 86-87]²⁸.

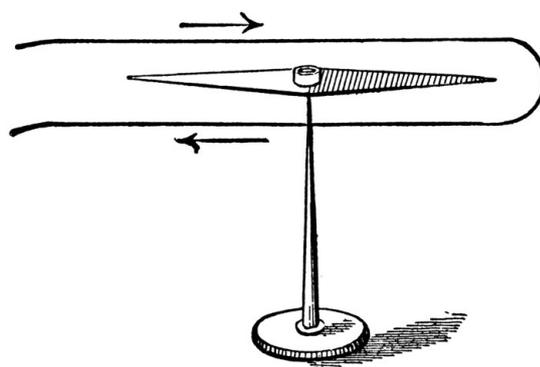
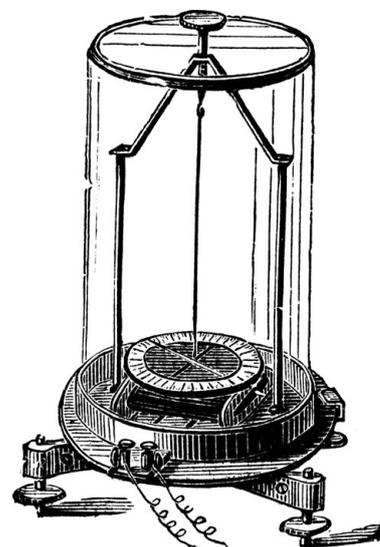


Figura 4 Esperimento di Oersted (1820). L'ago della bussola si allinea alla direzione di un cavo percorso da corrente perché quest'ultimo genera un campo magnetico. Questa osservazione, che è uno dei fondamenti dell'elettromagnetismo, mise in evidenza una relazione certa tra fenomeni elettrici e magnetici ma non coinvolgeva ancora le onde elettromagnetiche.

Figure 4 Oersted experiment (1820). The compass needle aligns with the direction of a cable traversed by the current because the latter generates a magnetic field. This observation, which is one of the foundations of electromagnetism, highlighted a certain relationship between electrical and magnetic phenomena but did not yet involve electromagnetic waves.

Figura 5 Galvanometro astatico Nobili (1825). Il galvanometro è uno strumento usato per determinare la forza di una corrente elettrica mediante la deflessione di un ago magnetico attorno al quale scorre la corrente. In questo caso l'ago magnetico, sospeso attraverso il filo centrale, è posizionato su un disco graduato. Sotto al disco, una bobina amplifica l'effetto del filo percorso da corrente.

Figure 5 Nobili's astatic galvanometer (1825). The galvanometer is an instrument used to determine the strength of an electric current by deflecting a magnetic needle around which the current flows. In this case the magnetic needle, suspended through the central thread, is positioned on a graduated disk. Under the disc, a coil amplifies the effect of the wire crossed by current.



²⁷ Anche questo passaggio risulta un po' confuso ma la lettera di Crescimanno spiegava in italiano che le comunicazioni telegrafiche provenienti da Palermo prima della scossa erano state regolari per poi subire un'attenuazione poco prima della scossa. Si suppone in fine che durante la scossa una forte corrente tellurica positiva si sia sovrapposta alla corrente "voltaica" positiva della linea telegrafica proveniente da Palermo.

²⁸ Qui il riferimento bibliografico di Milne risultava inesatto, oltre che incompleto. Il volume dell'epoca era: [De Rossi, M.S. (1879). *La meteorologia endogena*. Dumolard, Milano, Vol. 1]. Tuttavia nella presente bibliografia si troverà il riferimento a una riedizione moderna che è stata in commercio fino a qualche anno fa ed è reperibile anche presso la biblioteca dell'INGV di Roma.

2.3 Le cause di correnti e fenomeni elettrici

Nel 1873 padre Serpieri²⁹ osservò che in molti casi gli aghi dei galvanometri erano stati deviati poco tempo prima del verificarsi di un terremoto e che le deflessioni erano dovute a correnti telluriche negative. In Rivista Scientifica [Serpieri, 1874a], alla pag. 165, egli suggerisce che la natura negativa della corrente terrestre potrebbe essere dovuta all'improvviso sviluppo di una grande quantità di vapore che è elettricamente positivo - *Il vapore è la causa del terremoto*. In questo articolo egli cita l'interessante osservazione del professor Domenico Ragona³⁰, che ha scoperto esserci stata, al momento di un terremoto, una corrente che dalla terra, attraversando un galvanometro, è passata verso un conduttore simile a un parafulmine nell'atmosfera³¹. Per osservare queste correnti, il professor Ragona suggerisce l'uso di un opportuno apparecchio, in cui la corrente passa con un filo dalla terra attraverso un galvanometro fino alla fiamma di una lampada ad olio o petrolio, la cui base deve essere isolata da terra³² (L'Elettricità 1887, No. 16, pag. 241)³³.

²⁹ Qui Milne citava erroneamente "P. Serpieri" ma stavolta comprensibilmente sbagliava un nome italiano: si tratta infatti di "padre" Alessandro Serpieri (1823-1885), del quale abbiamo già parlato, che in ambito sismologico raggiunse fama internazionale con le opere: *Il terremoto e le sue leggi - Teorie e predizioni* (1873) e *Il Terremoto* (1878).

³⁰ Domenico Ragona (1820 - 1892), cattedra di fisica nell'università di Palermo e successivamente (1850) di astronomia. Fu direttore dell'osservatorio astronomico di Palermo (1853-60) e successivamente dell'osservatorio astronomico e meteorologico di Modena. Questa esperienza di Ragona è citata anche in Baratta [1891] ma deriva sempre dalla lettura di Serpieri [1874a].

³¹ Questo è uno dei passi più delicati dell'opera, dal punto di vista del presunto riconoscimento di precursori EM, perché la descrizione che Milne fa del dispositivo di Ragona ricorda il logo dell'Associazione Radioamatori Italiani, raffigurante la schematizzazione di un'antenna (figure 6, A e B). Ma questa notizia è breve e di terza mano. Così scriveva effettivamente Serpieri su Ragona [Serpieri, 1874b, pag. 195]: "In Italia avea già notate queste singolari perturbazioni elettriche il prof. Ragona a Modena. Egli tiene nel piano superiore dell'Osservatorio un galvanometro sensibilissimo il cui filo scende da una parte nel suolo, e dall'altra comunica con una spranga di ferro che si eleva verticale sul tetto. «In occasione, egli scrive, del terremoto del 25 giugno 1869 ho per la prima volta osservato un fatto notevolissimo, cioè che i terremoti sano accompagnati da poderose correnti elettriche dirette dalla terra all'atmosfera. Nel forte terremoto avvenuto la notte del 13 dicembre 1869 ho ugualmente osservato nel mio galvanometro intense correnti ascendenti. La stessa osservazione ho posteriormente eseguita in occasioni di altri terremoti (...)». Egli è dunque ben probabile (anzi per me è indubitato) che molta elettricità libera si svolga nelle intestine convulsioni del globo, e che, attesa la sua fulminea velocità, raggiunga la superficie molto prima dei moti vibratorii, e alla superficie e per l'aria largamente si diffonda generando un'invisibile generale perturbazione, che vorrei denominare "burrasca elettrica". Ma sarà questa la vera causa che ingenera dolorose sensazioni negli animali, perchè essi gemono e fuggono, certo senza sapere che dopo di ciò la terra tremerà? Io lo credo, e ciò pure si comprende nelle mie spiegazioni". È la nostra cultura a farci vedere un'ipotetica antenna in quello schema. Certamente non lo era nella concezione dell'epoca. Era invece uno di quei "fenomeni che al momento non sono stati compresi" di cui parla Milne nell'incipit. Inoltre un galvanometro indica il verso di una corrente continua. Una corrente "poderosa" (notevolmente forte) e diretta verso l'atmosfera. Una corrente tellurica. Per capire la concezione dell'epoca va detto che dall'inizio del '700 erano diffuse diverse teorie sull'elettricità secondo le quali particolari fulmini erano precursori, concomitanti o addirittura la causa stessa dei terremoti. Quest'idea fu talmente radicata che a fine '700, analogamente al parafulmine appena inventato da Benjamin Franklin (1752), si progettaron dei "para tremuoti" che dovevano servire a scaricare in aria le correnti accumulate nel sottosuolo che avrebbero potuto scatenare i terremoti. Ne abbiamo numerosa documentazione scritta, dalla prima idea francese di Pierre Bertholon (1779) alla più raffinata idea italiana dell'arciprete don Giuseppe Vannucci [Vannucci, 1787, pag. 96] ripresa anche dal cav. Giovanni Vivenzio [Vivenzio, 1788, pag. 61] medico del Re delle Due Sicilie.

³² Nella figura 6, uno schema tratto da questa descrizione (C) è raffigurato a confronto con il precedente (A). Milne non spiegata l'utilità della lampada ma possiamo immaginare che la fiamma producesse elettricità sul conduttore per l'effetto Seebeck e che la scossa sismica sulla lampada producesse una fluttuazione della fiamma che modulava questo effetto "al momento del terremoto", come afferma appunto Ragona. Questa proprietà termoelettrica era stata osservata già nel 1787 da Alessandro Volta e poi studiata in modo più approfondito dal fisico estone Thomas Johann Seebeck nel 1821. Era quindi nota al tempo di questi fatti.

³³ Non è chiaro se questo riferimento sia associato al Ragona o al Serpieri ma in ogni caso non mi è stato possibile identificare il documento.

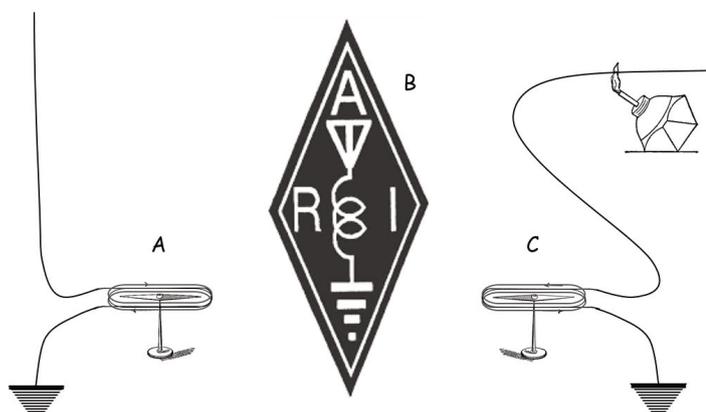


Figura 6 Il dispositivo di Domenico Ragona. Serpieri riporta l'esperienza di Ragona descrivendo un dispositivo (A) che ricorda il logo dell'Associazione Radioamatori Italiani (B), raffigurante la schematizzazione di un'antenna. Tuttavia consiglia poi di utilizzare una variante (C) che comprende l'uso di una lampada ad olio. Ragionevolmente il galvanometro misura nel caso (A) una corrente continua ad alta tensione e nel caso (C) un effetto piroelettrico modulato dalla fiamma al momento del terremoto.

Figure 6 Domenico Ragona's experiments. Serpieri reports Ragona's experience with a device (A) which in the description recalls the logo of the Italian Amateurs Radio Association, depicting the schematization of an antenna (B). However, he then recommends using a variant (C) which includes the use of an oil lamp. Reasonably, the galvanometer measures in case (A) a high voltage direct current and in case (C) a pyroelectric effect modulated by the flame at the moment of the earthquake.

In relazione alle osservazioni fatte sulle correnti telluriche *Der Naturforscher*³⁴ VIII. pag. 127, riferisce dell'elettricità negativa di una sorgente di acqua calda a Baden e un articolo di *Fahrung* XX. 27, pag. 243, fa particolare riferimento al lavoro svolto dal professor Luvini di Torino³⁵ nel tentativo di ottenere l'assistenza degli operatori del telegrafo nell'osservare disturbi insoliti nei loro strumenti, specialmente in periodi vicini o al momento stesso dei terremoti.

Una causa generatrice delle correnti telluriche potrebbe essere l'irruzione di vapore nelle fessure e nelle cavità prodotte nelle rocce al momento o prima dello schianto risultante che potrebbe essere la causa di un terremoto. Inoltre, nelle profondità della terra possiamo immaginare l'esistenza di un'intensa azione chimica causata dal vapore riscaldato o dalla materia fusa che agiscono l'uno sull'altro e dai materiali con cui essi sono venuti in contatto dando origine a correnti di notevole entità. Le correnti telluriche di un vulcano attivo sono un argomento che deve essere ancora studiato.

All'epoca in cui osservavo gli effetti del terremoto artificiale causato dall'esplosione della dinamite, ho fatto i seguenti esperimenti sulle correnti terrestri:

A distanze da 10 a 30 piedi³⁶ dalla sorgente dell'esplosione, una barra di ferro fu piantata saldamente nel terreno. Questa era collegata attraverso un cavo con una seconda barra, anch'essa piantata nel terreno, a circa $\frac{1}{4}$ di miglio³⁷ di distanza dall'altra sponda di un profondo fossato, in un punto in cui la vibrazione prodotta dall'esplosione non poteva essere percepita,

³⁴ "Der Naturforscher" (Il Naturalista) era una rivista scientifica tedesca che fu pubblicata dal 1774 al 1804. Come per la successiva "Fahrung", non ho potuto trovare i testi originali di riferimento.

³⁵ Quasi certamente trattasi del Cav. Ing. Giovanni Luvini, professore di fisica nella R. Accademia Militare di Torino, del quale mi risulta questo scritto che non ho potuto reperire: "Luvini G. [1887]. *Perturbazione elettrica foriera del Terremoto*, Rivista Scientifico-Industriale, Tip. Dell'Arte della Stampa, Firenze".

³⁶ Da 3 a 9 metri circa.

³⁷ Circa 400 metri.

osservando attentamente la superficie di un piatto di mercurio. Vicino a questa estremità del circuito fu collegato un galvanometro differenziale³⁸ di Clark.

Il risultato ottenuto è stato che prima del suono dell'esplosione³⁹ e prima dell'osservazione di qualsiasi tremore nel mercurio, si osservava una forte deviazione (da 10° a 40°) dell'ago del galvanometro. La direzione di questo spostamento era sempre la stessa. Dopo la deviazione, l'ago del galvanometro a volte è rimasto stabile e volte è tornato nella sua posizione normale, tuttavia molto lentamente (diciamo in un'ora). Quando invece la prima barra interrata fu spostata in un punto a 150 piedi⁴⁰ di distanza dal punto dell'esplosione, dove le vibrazioni del suolo erano deboli, non fu osservata alcuna flessione dell'ago. La probabile spiegazione di questo esperimento è che in conseguenza del movimento meccanico della barra di terra alla fine della linea, il suo stato elettrico, dovuto all'umidità e all'ossidazione, è stato alterato a causa di un cambiamento nel suo contatto con la terra. Certamente effetti simili potrebbero essere prodotti smuovendo una delle barre o martellando il terreno nelle vicinanze. Le correnti telluriche osservate nel momento in cui accade un terremoto possono quindi essere spiegate, forse, come problemi meccanici nel contatto a terra⁴¹.

Per quanto riguarda le correnti terrestri, quando consideriamo le varie maniere in cui possono essere prodotte, l'unico cosa di cui meravigliarsi è che non siano state osservate più frequentemente. Più difficile è dare una spiegazione ai fenomeni elettrici osservati nell'aria. In alcuni casi potrebbero essere stati semplici fenomeni atmosferici che sono accaduti accidentalmente nello stesso momento in cui si sono verificati i terremoti. Forse, qualche volta, improvvise dislocazioni di strati geologici possono aver causato improvvisi sviluppi di elettricità statica che si manifestano come scariche luminose nell'aria.

2.4 Terremoti e fenomeni magnetici

In molte occasioni è stato osservato che i terremoti hanno prodotto effetti su magneti o aghi magnetici. In alcuni casi, i disturbi osservati potrebbero esser stati causati dall'azione meccanica. Circa due ore prima del devastante terremoto del 1855⁴², il proprietario di un negozio di occhiali a Tokio osservò che un magnete lasciò cadere alcuni pezzi di ferro che vi erano stati attaccati. Questa osservazione ha portato alla costruzione di un sismoscopio magnetico⁴³ descritto in un libro chiamato *Ansei-Kembun-Roku*.

Gli esperimenti condotti dai professori Ayrton e Perry, per determinare se un magnete al momento di un terremoto cambia la sua intensità magnetica, per ora sembrano confutare che l'idea possa avere un fondamento.

Nel 1822 Arago e Biot⁴⁴ osservarono entrambi, a Parigi, degli insoliti movimenti nei

³⁸ Il galvanometro differenziale (la versione di Nobili era ancora simile alla figura 5) fu dotato di una doppia bobina in cui due correnti circolavano in senso opposto annullando parzialmente il loro effetto. Era uno strumento che poteva misurare una corrente molto debole data dalla differenza tra le prime due.

³⁹ L'anticipo naturalmente è rispetto all'arrivo del suono, non sull'istante dell'esplosione.

⁴⁰ 46 metri circa.

⁴¹ La vibrazione meccanica forse modulava l'efficacia dell'effetto pila prodotto dai metalli a contatto col terreno.

⁴² Noto come "terremoto di Edo" o "terremoto Ansei" dell'11 novembre 1855, M 6.9 (XI Mercalli) con epicentro nelle vicinanze di Tokio.

⁴³ Il "sismoscopio magnetico giapponese" è descritto meglio in [Milne, 1883]: "Questi strumenti sono costituiti da un pezzo di minerale di ferro magnetico che trattiene un pezzo di ferro simile a un chiodo. Questo tipo di aggancio, attraverso una cordicella, è collegato in successione con un orologio e con un allarme. Quando il chiodo cade viene rilasciato il fermo, l'orologio si mette in moto e contemporaneamente viene dato l'allarme col suono di un campanello. Non risulta che questo strumento abbia mai funzionato con successo".

⁴⁴ Probabilmente si tratta rispettivamente dei francesi François Arago (1786 – 1853), matematico, fisico, astronomo e Primo Ministro francese e di Jean-Baptiste Biot (1774 – 1862), fisico, astronomo e matematico.

magnetometri in concomitanza di lievi scosse accadute in Svizzera e nel sud della Francia. Humboldt⁴⁵ il 4 novembre 1799 osservò che nel terremoto di Cumana, sebbene la declinazione magnetica e l'intensità fossero inalterate, l'inclinazione magnetica diminuì di 48 minuti. Tornò poi lentamente alla normalità mentre la declinazione e l'intensità del magnetismo terrestre rimasero sempre invariate (Mallet, Reports of British Association 1850)⁴⁶. Nell'ottobre del 1980, presso Lima, l'ago magnetico oscillò 219 volte in 10 minuti, ma dopo il terremoto compì soltanto 213 oscillazioni. Anche l'inclinazione magnetica risultò alterata: «Prima del disturbo misurava 9,59 gradi e dopo soltanto 9,12 gradi».

Il prof. M. S. de Rossi⁴⁷ fornisce alcuni interessanti esempi sulla concomitanza tra disturbi magnetici e terremoti.

Il 1° novembre 1755, a quanto riferirebbe Sarti⁴⁸, tutti i magneti lasciarono cadere i loro pesi. Lo stesso anno Bertrand osservò a Morat⁴⁹, presso Neuchatel, che al momento del terremoto l'ago di una bussola fu visto ruotare di 25° e lo stesso giorno, in una località al confine con la Svizzera, della limatura pendente dalla punta di un ago fu osservata rigirarsi verso l'ago e successivamente ritornare nella posizione verticale.

Nel 1869 si verificò un terremoto a Roma e si osservò che molti magneti a ferro di cavallo lasciarono cadere le armature⁵⁰.

Il conte Malvasia⁵¹ fece una lunga serie di osservazioni su un piccolo magnete che conteneva leggeri pezzi di ferro simili a un apparato costruito da Bertelli⁵². Dalla tabella di queste osservazioni sembra che il pezzo di ferro cadesse spesso, a volte con il terremoto e a volte senza. Palmieri e Sacchi⁵³ affermano di aver osservato variazioni di inclinazione magnetica prima dei maggiori terremoti di Melfi [De Rossi, 1879, Vol. I].

I risultati ottenuti da Malvasia sembrano essere molto simili ai risultati che si dice siano stati mostrati dal sismoscopio magnetico inventato a Tokio⁵⁴.

⁴⁵ Ancora una volta Milne riportava erroneamente "Umbolt". Parliamo dello stesso evento (Cumanà nel 1799) già trattato a proposito dell'elettricità atmosferica.

⁴⁶ Riferimento bibliografico originale, da cui non è stato possibile risalire al documento.

⁴⁷ Si riferisce al geofisico italiano Michele Stefano de Rossi (1834-1898), coautore della scala "Rossi-Forel" che fu la base di sviluppo della più nota "Scala Mercalli". Fu il fondatore, nel 1874, del *Bullettino del Vulcanismo Italiano*, che pubblicò, tra l'altro, le già discusse osservazioni del telegrafista Crescimanno (vedere nota n.21). Il testo a cui fa riferimento è certamente *La meteorologia Endogena* [De Rossi, 1879].

⁴⁸ Trattasi di quanto riferì Cristofano Sarti, professore presso l'università di Pisa, circa il terremoto di Lisbona del 1755. Si legge infatti [Sarti, 1783]: "Nel primo di Novembre dell'anno 1755, allorchè il terremoto di Lisbona si comunicò a paesi assai disparati e lontani, tutte le calamite sospese nei gabinetti dei Curiosi cambiarono di posizione, e lasciarono cadere i pesi, dei quali erano cariche". Milne probabilmente lo riporta di seconda mano, da [De Rossi, 1879], Vol.I, pag.64.

⁴⁹ Lo riporta ancora Sarti [Sarti, 1789].

⁵⁰ Questa circostanza, della quale non si trova traccia nel catalogo di fenomeni elettrici e magnetici del Baratta [1891], è così narrata dal De Rossi [1879]: "A me poi consta che questo fenomeno della caduta dell'ancora della calamita, avvenne nel 1869 in occasione di un terremoto a Genzano, presso Roma. In quel giorno era ivi giunto un venditore di giuocattoli, fra i quali avea distribuito a molti ragazzi alcune piccole calamite a ferro di cavallo munite della loro ancora. Nel pomeriggio avvenne un terremoto, e molti rimasero sorpresi vedendo nell'atto della scossa le calamite che lasciarono cadere a terra il ferro dell'ancora. Non so poi se ciò avvenne a tutte le calamite che in quel giorno si trovavano appese alle mura nelle case di Genzano. Io ho tenuto lungamente in osservazione piccole calamite di otto o dieci centimetri di lunghezza, e giammai ho ottenuto il fenomeno descritto. Ma non perciò è esso men vero".

⁵¹ Il conte Antonio Galeazzo Malvasia di Bologna (1819 - 1884), che si dedicò alla meteorologia e alla sismologia negli ultimi anni della sua vita.

⁵² Timoteo Bertelli (1826 - 1905) padre barnabita, matematico e noto anche per aver realizzato, insieme al De Rossi, uno strumento chiamato "tromometro normale" per l'osservazione delle oscillazioni microsismiche.

⁵³ Ancora una volta Milne sbagliava un nome italiano chiamandolo "Sacchi" anziché Scacchi. Trattasi infatti del già citato Luigi Palmieri e di Arcangelo Scacchi, entrambi membri dell'Accademia Reale delle Scienze. Di questo episodio a Melfi riferisce il De Rossi a pag. 54.

⁵⁴ Strano, perché nel suo stesso libro [Milne, 1883] (ne abbiamo già parlato nella nota n. 43) affermava che lo strumento giapponese non aveva mai funzionato. Forse è occorso qualche fenomeno successivamente al 1883?

In *Electrical World*⁵⁵, Nov. 30, 1889, si legge che M. Mascart riferisce che M. Moureaux, che si occupa delle osservazioni magnetiche a Saint Maur, lo ha informato che le curve magnetiche del 25 ottobre anomalie simili a quelle che erano già state precedentemente osservate in occasione di terremoti, ecc. In base a questo i giornali hanno dato annuncio di un terremoto che ha causato una considerevole distruzione a Gallipoli e che, da ogni punto di vista, sembra aver avuto luogo nel momento in cui i disturbi magnetici sono stati osservati a Saint Maur. In questo caso sembrerebbe che il disturbo degli strumenti magnetici non possa essere attribuito alla trasmissione meccanica dell'ammortizzatore⁵⁶.

Come altro esempio di coincidenza nel verificarsi di terremoti e disturbi magnetici, presento il seguente *précise* su un breve articolo sui terremoti, pubblicato nell'*Annual of the National University of Colombia*⁵⁷, 1870, tradotto dal Sig. T. H. Wheeler, della British Legation a Bogotà. Dopo aver brevemente presentato e discusso la teoria di Fabel⁵⁸ secondo cui i terremoti sono causati dall'azione della Luna sui fluidi incandescenti all'interno della terra, causando "maree sismiche", l'autore contrappone a questa teoria un fatto di cui presume che Fabel fosse ignaro: nessuno dei vulcani sudamericani emette lava ma soltanto rocce calcaree trachitiche, pietra pomice, acqua ed enormi quantità di acido carbonico. Questi vulcani quindi non possono essere alimentati dalle medesime fonti che in Europa espellono la lava, inoltre il fluido incandescente esistente all'interno della terra non può essere una massa continua. Le maree causate dall'azione della Luna su questi fluidi non possono quindi rappresentare la causa dei terremoti o delle eruzioni di vulcaniche. L'autore procede quindi con la discussione di una teoria sulle correnti magnetiche come probabile causa di alcuni tipi di terremoti⁵⁹.

Durante i terremoti verificatisi successivamente in Cile⁶⁰, Bolivia, Perù ed Ecuador, nei giorni 13, 14 e 16 agosto del 1868, un buon declinometro collocato sulla cima di una chiesa di Quito, costantemente osservato da un osservatore competente già dalla metà di giugno, ha indicato una forte anomalia magnetica con straordinarie deviazioni verso Est. Il giorno 15, vigilia della catastrofe di Imbabura, segnava 4' e 20.60" di ampiezza magnetica la mattina e 50,30' di ampiezza la sera, senza un ciclo diurno (*sin periodo diurno*)⁶¹, superando la deviazione ordinaria di 2' e 2". La notte fu molto chiara e bella. Alle ore 01:40 si udì un rombo sotterraneo, seguito da un forte movimento ondulatorio che, muovendosi da SW a NE culminò a Imbabura, estendendo la sua forza su colline, pianure e città. Ciò è accaduto proprio nella direzione della curva di declinazione magnetica che passa attraverso Quito, come indicato nella mappa 10 del grande atlante di Garnier.

Il terremoto avvertito a Bogotà la notte del 4 giugno 1870, fu anch'esso ondulatorio, si propagò

⁵⁵ Riferimento bibliografico non rintracciato.

⁵⁶ Senza commento si fa notare che tra Saint Maur, nel Nord della Francia, a Gallipoli (Lecce) corrono quasi 1800 km.

⁵⁷ Non è stato possibile rintracciare la traduzione di Wheeler ma la citazione letterale nel testo inglese (vedi nota n.61) mi ha consentito miracolosamente di reperire online il testo originale colombiano: [Anales, 1870, pag. 415].

⁵⁸ Nel testo originale qui c'è un punto interrogativo che ho ommesso ritenendolo un refuso di stampa. Un'ipotesi alternativa è che Milne volesse con ciò indicare un nome di dubbia esattezza. Infatti "Fabel" è probabilmente la trasposizione in spagnolo (il documento è colombiano) di Rudolf Falb (1838 - 1903) naturalista e divulgatore austriaco, noto appunto per la teoria secondo la quale il terremoto sarebbe causato da effetti di marea sulla lava fluida sotto la crosta solida. Questa teoria già all'epoca era contestata dalla comunità scientifica, e questo spiega la vicenda narrata.

⁵⁹ Tutta questa osservazione, insieme ad altre affermazioni sull'origine dei terremoti, evidenziano che all'epoca non si sapeva nulla sulla struttura interna della Terra, la tettonica e il vulcanismo. Terremoti e vulcani erano fenomeni "endogeni", come li classificava il De Rossi, che avevano a che fare con quelli esogeni in quanto aventi in comune i fenomeni elettrici, che da alcuni ne erano considerati la causa e da altri una conseguenza. Anche quando si parla di "correnti magnetiche" si intendono correnti telluriche ma viste nella complessità dei fenomeni elettrici e magnetici, dei quali erano noti gli effetti ma non le cause.

⁶⁰ Terremoto di Arica, M 9.0.

⁶¹ Questa espressione riportata in corsivo è una citazione letterale che a colpo d'occhio può sembrare latina ma risulta invece essere spagnola e mi ha consentito di rintracciare online il testo originale colombiano a cui fa riferimento Milne (nota n. 57).

da SW a NE in una direzione esattamente contraria a quella della curva declinazione magnetica passante per Bogotà, ed è stato preceduto da perturbazioni magnetiche analoghe a quelle osservate a Quito. Quanto segue il resoconto del terremoto del 4 giugno 1870 a Bogotà fornito dal Sig. José Maria Gonzales, l'editor di *Rivista Scientifica* in questa città⁶².

“Il 4 giugno, tra le 3 e le 4 del pomeridiane, si udirono rumori sotterranei assordanti molto prolungati e qualcosa come il suono di una lontana cascata⁶³. Questo, insieme alla continua agitazione e notevoli deviazioni di un ago magnetico molto sensibile che veniva costantemente osservato, stava dando un preavviso dell'approssimarsi del terremoto. E infatti, alle 9:20 pomeridiane, è stata osservata una deviazione dell'ago di 0°15' verso est e alle 9:40 pomeridiane è stato avvertito una forte spinta rettilinea orizzontale: l'onda sismica si spostava da SW a NE. Il culmine della scossa è durato 3 secondi ma ha mantenuto un movimento ondulatorio (percepibile solo dagli strumenti) per 14 minuti e 35 secondi⁶⁴. Contemporaneamente alla scossa sismica⁶⁵ l'ago magnetico ha raggiunto una deviazione massima di 0° e 45' verso est, mostrando allo stesso tempo un forte tremore, che lentamente è diminuito e si è concluso in 13 minuti e 55 secondi. Eseguita la correzione per il pendolo, sembra che la scossa sia durata effettivamente 14 minuti e 3 secondi. Da quel momento ci fu perfetta calma fino alle 2:10 del mattino, quando l'ago magnetico iniziò leggermente ad oscillare. Contemporaneamente un pendolo da 2 pollici acquisì un leggero movimento rotatorio descrivendo un'ellisse molto eccentrica, con l'asse maggiore nella direzione N 35°30' E. Durante questo secondo evento, che è durato 10 minuti e 15 secondi, le oscillazioni si sono susseguite a intervalli di 30 secondi circa e sono durate da 2 a 3 secondi ciascuna.

Il 5 giugno, alle 10:35 pomeridiane, è stato osservato un leggerissimo movimento ondulatorio percepibile soltanto dalle indicazioni di uno strumento molto sensibile. Durò 10 minuti e 15 secondi. Non fu continuo, come quello che si era verificato alle 2 del mattino del 4 giugno, e non ha causato significative deviazioni sull'ago magnetico”.

“Il maggior numero di terremoti verificatisi in questa parte dell'America ha avuto luogo al tempo degli equinozi, cioè nel periodo in cui le correnti termo-magnetiche⁶⁶ sono più potenti. Questo dà qualche motivo per sospettare che siano la causa di quei forti terremoti ondulatori che si estendono su una vasta superficie del paese, poiché la direzione di questi era quasi sempre la stessa di quella delle curve magnetiche. Questo vale solo per quei terremoti forti che si estendono su una vasta area, poiché quelli leggeri e locali, non ondulatori nella loro natura e non estendibili a grande distanza, sono causati da movimenti della terra o di rocce all'interno delle montagne; la gran parte delle Ande contiene strati calcarei, ed essendo quindi cavernosa (come ha osservato M. Boussingault⁶⁷) essa rischia di cedere”. Molti casi in cui si sono verificati tempeste magnetiche e terremoti nello stesso momento o

⁶² Il testo originale in lingua spagnola è riportato ancora in [Anales, 1870] a pag. 416.

⁶³ È impossibile non ricordare a questo punto il suono «*Simile a pioggia*» o «*Simile al rumore che si fa accartocciando la plastica dell'uovo di Pasqua*» che i radioamatori in tutto il mondo testimoniano talvolta di ascoltare alla radio prima di un terremoto. Non si può provare che sia lo stesso fenomeno ma se consideriamo che in laboratorio le emissioni EM nelle rocce sono associate ad emissione acustica (Nardi & Caputo, 2009) questa testimonianza è da tenere in considerazione nell'ipotesi che si prospettino in futuro altre osservazioni simili.

⁶⁴ In realtà parla letteralmente di “onda concentrata” ed “onda ritardata” ma non capisco se sta distinguendo onda P e onda S oppure, a mio avviso più probabile, il parossismo e lo smorzamento dell'oscillazione. Riporto testualmente la traduzione dal documento originale [Anales, 1870] a pag. 417: “*L'onda sismica condensata è stata avvertita per tre volte consecutive e l'onda dilatata ha subito un movimento ondulatorio (sensibile solo per gli strumenti), per un periodo di 14 minuti e 35 secondi*”.

⁶⁵ Anche qui letteralmente dice: “*Durante il passaggio dell'onda condensata, la bussola...*”.

⁶⁶ Sinceramente non so di cosa stia parlando e dubito che esistano queste correnti. Quel che è certo è che questa parte è tratta sempre da [Anales, 1870] ma non è più il resoconto di José Maria Gonzales. È tratta da un paragrafo finale, non firmato, a pag. 418. Possiamo supporre che sia da attribuire alla redazione degli Annali della Scuola di Ingegneria.

⁶⁷ Jean Baptiste Boussingault (1802 - 1887) era un ingegnere minerario parigino che all'epoca eseguì indagini geologiche in Colombia conquistando localmente una grande reputazione accademica. Successivamente insegnò chimica in Francia.

quasi nello stesso periodo sono stati raccolti da Kreil (*Der Naturfoscher* No. 27, pag. 242)⁶⁸. Il 18 aprile 1842, alle 10 e 9 minuti pomeridiane, Lamont osservò un'improvvisa variazione in un declinometro a Monaco. Allo stesso tempo Colla⁶⁹ osservò un simile disturbo a Parma e nello stesso minuto vi fu un grave terremoto in Grecia [Lamont, 1851, pag. 277]⁷⁰. Un'osservazione simile è riportata nel Poggendorff's Annalen⁷¹ Bd. CXV., Pag. 176. Si tratta di quanto accadde il 26 dicembre 1801, alle 8 di mattina, quando gli strumenti per la declinazione, l'inclinazione e l'intensità mostrarono movimenti insoliti e simultanei alle scosse di gravi terremoti verificatisi in Grecia.

All'Osservatorio Magnetico di Tokio, dove negli ultimi anni i parametri magnetici sono stati registrati automaticamente, non sembrano esserci stati disturbi associati ai terremoti più di quanto ci si possa aspettare per il movimento meccanico. Queste irregolarità risultano più evidenti nelle linee che indicano una variazione nella declinazione. Sono occasionalmente notati nelle registrazioni della componente orizzontale, ma quasi mai nelle curve dell'inclinazione magnetica, queste ultime parti dello strumento subiscono meno spostamento di quella che registra la declinazione.

In *Nature* del 3 marzo 1887 [Whipple, 1887], Mr. G. M. Whipple, sovrintendente dell'Osservatorio di Kew, mostra una copia del diagramma ottenuto dal magnetografo bifilare del suo osservatorio, che indica un effetto prodotto dal terremoto di Riviera del 26 febbraio. Il disturbo del magnetografo si è verificato alle 5:40 di mattina. Disturbi simili sono stati osservati a Perpignano⁷², Parigi e Lione, e M. Mascart⁷³ osserva che questi disturbi erano simultanei. Non doveva quindi essere considerato un movimento oscillatorio che passava da un punto all'altro ma un fenomeno che influenza simultaneamente un'ampia area.

I fenomeni magnetici ed elettrici studiati più accuratamente tra quelli che hanno accompagnato gli eventi vulcanici e sismici sono quelli verificatisi in occasione dell'eruzione di Krakatoa, il 27 agosto 1883. La perturbazione magnetica in questo caso è passata dall'est all'Europa per essere registrata via via sempre più tardi man mano che procedeva verso ovest. Di solito i movimenti magnetici si producono quasi simultaneamente in diverse parti della superficie terrestre. Le stazioni in cui furono fatte le osservazioni erano Zi-ka-wei, Colaba, Mauritius, Pawlowsk, Vienna, Kew, Stonyhurst e Lisbona. I valori medi di percorrenza sono stati:

Declinazione:	761 miglia orarie
Componente orizzontale:	939 miglia orarie
Componente verticale:	927 miglia orarie
Media vera finale:	68 miglia orarie

A Batavia il disturbo magnetico fu attribuito al ferro magnetizzato contenuto nella pioggia di ceneri. (Rapporto del comitato di Krakatoa della Royal Society 1888) [Symons, 1888].

È ancora una questione aperta se dobbiamo considerare definitivamente stabilito che esista una relazione tra l'azione sismica e il magnetismo terrestre. Tuttavia le osservazioni fatte finora sono

⁶⁸ Rivista scientifica tedesca "Il Naturalista", pubblicata dal 1774 al 1804. Non è stato possibile risalire all'articolo. L'autore è probabilmente l'austriaco Carl Kreil (1798 - 1862) professore di Astronomia e direttore dell'Osservatorio all'università di Praga. Dal 1851 fu direttore dell'Istituto centrale per la meteorologia e il geomagnetismo di Vienna.

⁶⁹ Antonio Colla (1806 - 1857) astronomo e meteorologo, direttore dell'Osservatorio Meteorologico dell'Università di Parma.

⁷⁰ Lo stesso episodio, citando diversa fonte, è riportato anche da Baratta [1891].

⁷¹ Gli "Annali di Poggendorff" risultano essere le annate 1799-1824 della rivista tedesca di fisica sperimentale, teorica, applicata e matematica più nota come "Annalen der Physik" (pubblicata anche con i titoli "Annalen der Physik und Chemie" e "Annalen der Physik und der physikalischen Chemie". In particolare questa citazione è riferita all'articolo "Connessione tra terremoti e disturbi magnetici" [Lamont, 1862, pag. 176].

⁷² Città francese, come le altre.

⁷³ Probabilmente Milne intendeva "N." Mascart, ovvero il fisico e meteorologo francese Éleuthère Élie Nicolas Mascart (1837 - 1908) noto anche per il suo *elettrometro a quadranti* di cui si parlerà più avanti.

state sufficienti per giustificare ulteriori ricerche su questo argomento. Rossi⁷⁴ ritiene che i fenomeni osservati non siano puramente meccanici e che al momento di un terremoto vi sia un'azione elettrica che paralizzava più o meno un magnete naturale [De Rossi, 1879]⁷⁵.

Se si ammette che i terremoti di alcune regioni sono il prodotto dell'energia vulcanica e allo stesso tempo si tiene presente il carattere intensamente magnetico di molte lave, è evidente la possibilità di una connessione tra le variazioni locali del magnetismo terrestre e i fenomeni sismici. Le lave delle isole hawaiane influenzano l'ago di un normale teodolite. In Islanda e in Giappone ho raccolto pezzi di lava che faranno ruotare l'ago di una normale bussola. Sempre in Giappone, il terreno superficiale è saturo di granuli di magnetite derivati dal disfacimento delle rocce vulcaniche.

Alcuni vulcani in Giappone, allo stesso modo del monte Nuovo⁷⁶ in Italia, sono nati durante il periodo storico e durante la loro origine, che è stata accompagnata da fenomeni sismici, sembra impossibile che non ci siano state enormi variazioni locali nei parametri magnetici. Quando ci proponiamo questa ipotesi non dobbiamo considerare soltanto gli effetti a noi visibili sulla superficie terrestre ma anche gli effetti che si verificano sotto la superficie, come la formazione di barriere o più in generale delle variazioni nella disposizione del magma magnetico da cui queste barriere traggono origine.

Gli effetti del raffreddamento potrebbero anche produrre lente variazioni dell'intensità magnetica di una regione vulcanica. Il Dr. E. Naumann⁷⁷ ha documentato che man mano che ci si avvicina al vulcano Ganjusan, nel nord del Giappone, si osserva una variazione nella declinazione magnetica, che presso il monte arriva a 14°, e che questo cambiamento è avvenuto nel corso degli ultimi 80 anni. (Trans Seis. Soc. of Japan, Vol. VI)⁷⁸

Se i terremoti sono indicativi di un cambiamento nel carattere o nella posizione di un magma magnetico sotto la crosta terrestre, non sarebbe irragionevole cercare prove che dimostrino che i fenomeni sismici siano collegati a variazioni magnetiche.

Dopo che avevo già scritto la prima parte di questo documento, P. Mayet⁷⁹ ha attirato la mia attenzione su alcuni fenomeni curiosi osservati sul Sonnblick, un monte delle Alpi austriache alto 3095 m [“Die Gartenlaube”, 1890]⁸⁰. Il dott. Wilhelm Trabert⁸¹ ha osservato che nella stazione meteorologica su questa montagna i temporali sono preannunciati da nuvole scure, tuoni e umidità atmosferica. Il presagio della tempesta imminente è dato tuttavia da un crepitio nel telefono. Questo fenomeno a volte è piuttosto rumoroso. Lo scoccare di scintille tra le piastre del parafulmine e il suono del campanello indicano che il telefono deve essere scollegato dal circuito. Quando la tempesta arriva, il nevischio e la grandine colpiscono la finestra, il parafulmine può essere colpito e: «Quando un fulmine colpisce la casa la fa tremare come un terremoto»⁸².

⁷⁴ Il già citato prof. Michele Stefano de Rossi.

⁷⁵ La citazione bibliografica di Milne riportava erroneamente nel titolo la parola “Metrologia” (che è la scienza della misurazione delle grandezze fisiche). Trattasi invece della “Meteorologia Endogena” di De Rossi, termine con il quale si intendeva all'epoca ciò che oggi è definibile come Geodinamica.

⁷⁶ Milne cita letteralmente “Mont Nova” (né italiano, né inglese... forse voleva essere latino?) riferendosi probabilmente al monte Nuovo, un vulcanetto alto 133 m s.l.m. che è sorto nei Campi Flegrei (NA) nell'arco di soli sette giorni. Questo fenomeno è accaduto in epoca storica: tra il 29 settembre e il 6 ottobre del 1538.

⁷⁷ Probabilmente il fisico, matematico e cristallografo tedesco Franz Ernst Neumann (1798 - 1895).

⁷⁸ Questo è il riferimento bibliografico originale. Non è stato possibile risalire all'articolo.

⁷⁹ Potrebbe essere il tedesco Paul Mayet (1846 - 1920) consulente finanziario in Giappone.

⁸⁰ Il riferimento originale era (Die Gartenlaube, n. 21, 1890, pag. 35). Si tratta di “Il Gazebo, giornale illustrato per famiglie”, non una rivista scientifica quindi ma un famoso quotidiano di Lipsia orientato alla classe media che con un mix di attualità, saggi di scienze naturali e racconti divenne il primo quotidiano del paese a diffusione di massa e un precursore delle riviste moderne. L'articolo, intitolato “Gewitter auf dem Sonnblick”, si trova a pag. 31 e non 35.

⁸¹ Wilhelm Trabert (1863 - 1921), meteorologo austriaco, fu direttore dell'Istituto Centrale di Meteorologia e Geodinamica di Vienna.

⁸² Ho reperito l'articolo “Temporale sul Sonnblick” ed è interessante far notare che Trabert parlava anche di altri fenomeni elettrici. Ne riporto un estratto, tradotto dal tedesco: “Dopo un temporale, mentre pioveva ancora un po', si è

2.5 Elettricità atmosferica e terremoti a Tokio

Per la maggior parte degli ultimi due anni, presso l'Imperial Meteorological Observatory di Tokio, l'elettricità atmosferica è stata monitorata automaticamente con un adattamento fotografico del Mascart⁸³. In questo sistema l'ago di un elettrometro a sospensione bifilare viene mantenuto al potenziale dell'atmosfera mediante collegamento con un contagocce d'acqua, mentre i quadranti dell'elettrometro vengono mantenuti a un potenziale costante mediante il collegamento a una massa di 50 Daniells⁸⁴ d'acqua (figura 7).

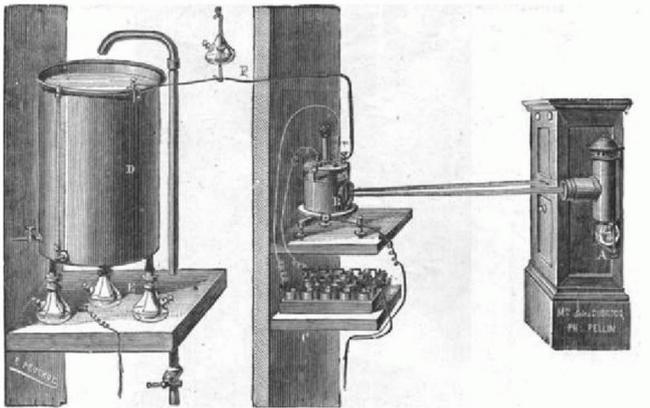


Figura 7 Illustrazione di un elettrometro di Mascart con registrazione fotografica.

Figure 7 Illustration of a photographic recording Mascart electrometer.

Per gentile concessione del direttore dell'Osservatorio, Arai Ikunosuke, alcuni giorni fa mi è stata messa a disposizione per essere analizzata una serie di registrazioni che coprono un periodo di dodici mesi. Le ho confrontate con i dati sismici di Tokio e con i registri dei terremoti di varie

verificato un fuoco di S. Elmo di tipo negativo. La casa era coperta sulle pareti non soltanto di fiamme, ma anche di punti luminosi. Brillava tutto: il parafulmine, le ancore di ferro della casa, l'elica a coppe dell'anemometro. L'asta della bandiera era completamente avvolta dal fuoco. Allontanandosi a breve distanza dal rifugio, i capelli, le punte dei baffi, il cappello, i vestiti brillavano tutti e stendendo la mano, apparivano piccole fiamme su ogni dito (soprattutto se si erano prima inumiditi nella neve). Questo poteva produrre una netta sensazione di bruciore. Poi i fulmini sono aumentati e uno di essi è caduto nelle immediate vicinanze. A questo punto i fuochi sono scomparsi improvvisamente. Poco dopo i fenomeni sono ripresi, sempre con fuochi positivi, ancor più splendidi di quanto lo fossero prima". Trabert specifica "fuoco positivo" (presumibilmente dal cielo verso terra e viceversa il negativo) perché evidentemente ne ha misurato la carica elettrostatica, tanto che ne spiega anche la differenza: "Le apparizioni luminose dei fuochi di S.Elmo sono diverse se la carica è positiva o negativa. I fuochi positivi hanno fiamme estremamente corte che danno solo l'impressione di punti brillanti, ma quando si verifica un fuoco negativo le fiamme diventano fasci di luce di 8-10 cm di lunghezza, con rami lunghi 7 mm". L'articolo riporta anche dei disegni. Già Benjamin Franklin, nel 1749, osservò che il fuoco di S. Elmo era un fenomeno elettrico che si manifesta attraverso il potere disperdente delle punte a causa di una notevole differenza di potenziale tra il suolo e l'atmosfera. Trabert sembra confermarlo quando dice: "Le fiamme erano particolarmente belle quando si guardava di sotto, nel dirupo in direzione nord, dove simili fasci di luce erano posati su ogni spigolo di roccia, specialmente dove il vento soffiava contro le rocce". Il motivo per cui riporto questi fatti è che, malgrado Milne non ne faccia menzione, sembrano confermare quanto da lui stesso narrato a proposito della testimonianza di Thomas Henry riguardo il malore che i fenomeni elettrici possono causare sugli esseri umani (vedi nota n. 9). Prosegue infatti Trabert: "Una volta un fenomeno strano accadde a un turista che era salito alla stazione meteorologica. Il signore aveva i capelli dritti e la sua testa era circondata da un'aura larga diversi centimetri. Avendo indugiato troppo fuori dal rifugio, lasciando che questo bagliore soprannaturale brillasse sulla sua testa per troppo tempo, accadde successivamente che venne colto da un mal di testa. Si dice infatti che si può provare un po' di stanchezza fisica dopo la manifestazione dei fuochi di S. Elmo". Nella lettera di Henry però erano state le correnti telluriche concomitanti al sisma a causare i malori.

⁸³ Si parla probabilmente di un adattamento fotografico al sistema ottico di un "Elettrometro di Mascart". Il fisico francese Mascart, del quale abbiamo già parlato, all'epoca propose una semplificazione dell'elettrometro a quadranti ideato da William Thomson (1867). Questo sensibilissimo elettrometro a leva ottica alla fine dell'Ottocento era senz'altro il più diffuso strumento di misura delle differenze di potenziale in condizioni elettrostatiche e ne esistevano anche versioni a registrazione fotografica.

⁸⁴ Questo punto non è chiaro. Probabilmente vuole dire *daniells*, non "Daniels". Questa infatti è un'antica ed empirica unità di misura della differenza di potenziale. Si intende dire, probabilmente, che il cavo è collegato a un potenziale pari a 50 volte la pila ad acqua di Daniell (1 danell \approx 1.09 V, quindi abbiamo circa 54,5 V di potenziale di riferimento). Comunque il sistema descritto è quello ritratto nella figura 7, che mostra proprio un serbatoio d'acqua.

parti del Giappone. Una rapida occhiata a questi dati ha evidenziato subito che in occasione di alcuni terremoti è avvenuta una variazione di potenziale e l'aria è divenuta improvvisamente elettro-negativa. Lo specchio⁸⁵ si voltava così rapidamente in una nuova posizione che il suo movimento non poteva essere registrato fotograficamente. Tuttavia, dopo alcune ore, lo specchio ritornava gradualmente verso la posizione iniziale.

I diagrammi allegati⁸⁶ illustrano questi cambiamenti. La linea orizzontale in ciascuna figura è il livello di riferimento. Quando la curva è al di sopra di questo, l'aria è negativa rispetto alla terra e quando si trova al di sotto è positiva. I numeri lungo queste linee sono le ore del giorno e della notte, pomeridiane alla sinistra della linea centrale e antimeridiane alla destra. Se si scarica l'elettrometro toccando con un dito una delle connessioni che portano al contagocce, il punto luminoso oscilla intorno a zero. Togliendo il dito, il raggio ritorna rapidamente nella posizione originale. Il responsabile di questa sezione, Mr. Outsuka, mi assicura che lo scuotimento del tubo prodotto con una bacchetta isolante di vetro non può produrre alcun effetto sulla lettura⁸⁷.

Nella figura 1 (qui è la figura 1 della tavola 1) vediamo che tra le 4 e le 5 pomeridiane del 3 aprile, al momento del terremoto, l'aria divenne improvvisamente elettronegativa e il potenziale non è tornato al suo valore iniziale fino alle 5 di mattina del 4 aprile.

Una variazione abbastanza simile si osserva nelle figure 2 e 3 (sempre tavola 1), anche se nella figura 3, alle 8 pomeridiane circa, c'è un salto improvviso anche senza il terremoto.

Nella figura 4 (tavola 1), tra le 2 e le 3 del pomeriggio del 18 aprile, lo specchio si mosse avanti e indietro così velocemente, oppure era talmente spostato, che non si ottenne alcuna registrazione. Un terremoto forte si è verificato alle 2:7⁸⁸ pomeridiane, un altro più piccolo alle 2:54 e poi di nuovo uno grande alle 3:39, ma non c'è motivo di supporre che il terreno fosse in costante movimento per tutto il periodo in cui il punto luminoso proiettato dallo specchio ha fallito la registrazione. Il salto che si osserva verso le ore 6 antimeridiane del 19 aprile e quelli mostrati nelle figure 5 e 6 (tavola 1) non sono stati accompagnati da terremoti, sebbene negli stessi giorni si siano verificati diversi terremoti.

La figura 7 (tavola 1) mostra l'andamento irregolare di un caso ordinario.

Da questi pochi diagrammi sembrerebbe che alcuni terremoti siano accompagnati da improvvise variazioni nelle curve, che altri terremoti si verificano entro poche ore da queste variazioni e che simili variazioni possano manifestarsi anche senza terremoti.

⁸⁵ È lo specchio dell'elettrometro di Mascart, che adotta una leva ottica mossa appunto da uno specchio rotante.

⁸⁶ Si riferisce ai diagrammi dell'ultima pagina del testo originale, qui allegati come tavola 1. Vanno letti come segue: al centro della scala c'è la mezzanotte. Sopra la linea i valori sono positivi e sotto sono negativi rispetto al potenziale di terra.

⁸⁷ Quindi il terremoto non potrebbe causare quelle letture per azione puramente meccanica sullo strumento.

⁸⁸ Su due copie diverse di questo testo si legge sempre "at 2.7 p.m.". Probabilmente è un errore di stampa. Forse si trattava delle 2:17 pomeridiane.

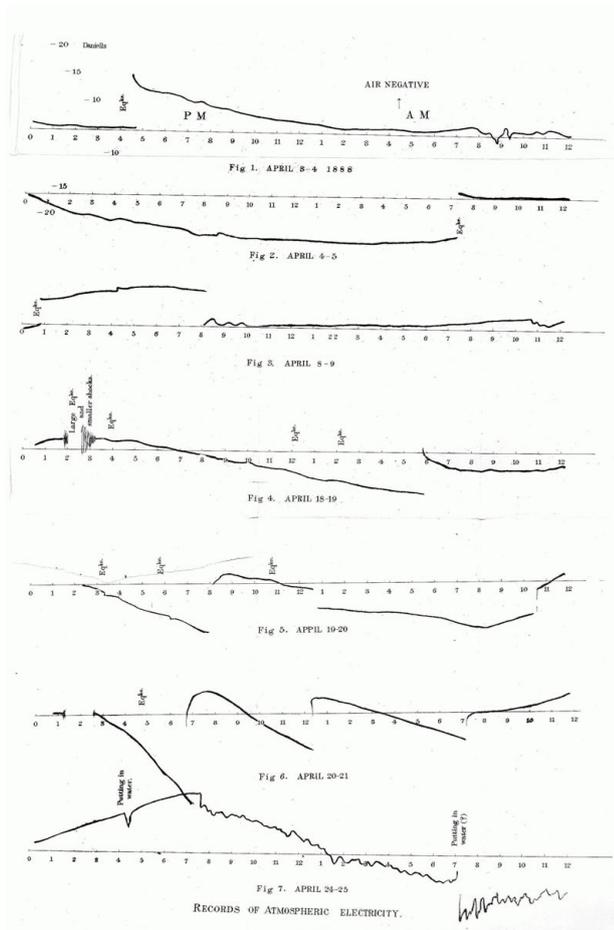


Tavola 1 Le figure da 1 a 7 dei tracciati di elettricità atmosferica misurata a Tokio.

Table 1 Figures 1 to 7 of the atmospheric electricity tracks measured in Tokyo.

2.6 RegISTRAZIONI DI TERREMOTI E DISTURBI ELETTRICI

(...)⁸⁹

2.7 Conclusioni riguardo le osservazioni di Tokio

1. Finché non saranno state condotte ulteriori indagini, queste conclusioni si devono considerare soltanto indicative. Le conclusioni sono le seguenti:
2. Se c'è un terremoto che scuote un'area di 60 miglia o più di diametro con Tokio vicino al centro, l'aria diventa improvvisamente fortemente negativa. Questo è successo 10 volte. A questa regola c'è stata solo un'eccezione. Vi sono due casi in cui il centro dei disturbi sembra essere stato a 25 miglia a sud di Tokio. Questi terremoti non sono sempre stati accompagnati da movimenti verticali e si sono verificati in orari diversi.
3. Quando ci sono stati deboli terremoti soltanto a Tokio, questi per 13 volte sono stati accompagnati da deboli disturbi elettrici e 31 volte no.
4. Quando Tokio si è trovato nel settore sud-ovest di un'area interessata dal sisma, il cui centro potrebbe essere stato 15 o 20 miglia a NE, ci sono stati 3 casi in cui abbiamo avuto disturbi elettrici e 12 casi senza tali disturbi.
5. Quando il centro dell'area colpita è stato 50 o 60 miglia a nord-ovest di Tokio, ci sono stati 2 casi con disturbi elettrici e 11 casi senza disturbi.

⁸⁹ Dalla pag. 150 alla 160 del testo originale di Milne viene riportato un elenco che qui non verrà tradotto. Si tratta di date comprese tra il 1888 e il 1889 in cui si sono verificati dei terremoti a Tokio o in altre aree, seguite dall'indicazione se ci sia stato oppure no un disturbo nei tracciati elettrici di Tokio. Questa traduzione prosegue con il paragrafo delle conclusioni tratte da Milne su questi dati.

6. Quando il terremoto ha interessato una stretta fascia estesa per 30 miglia verso nord a partire da Tokio, ci sono stati 3 casi di disturbi elettrici e nessun caso senza alcun disturbo.
7. Quando l'epicentro è stato 20 o 30 miglia a est di Tokio, c'è stato un solo caso di con disturbo elettrico e sei casi senza.
8. Quando l'epicentro è stato da 20 a 100 miglia a ovest di Tokio ci sono stati 3 casi di disturbo elettrico e 3 casi in cui non si è verificato alcun disturbo.
9. Non ci sono stati sbalzi improvvisi quando terremoti avvenuti in altre regioni del Giappone non hanno raggiunto Tokio.
10. Nei disturbi elettrici che accompagnano i terremoti l'aria diventa quasi invariabilmente elettro-negativa e il potenziale aumenta improvvisamente a volte anche di 30 V. Occorrono solitamente diverse ore affinché il potenziale ritorni alle sue condizioni iniziali.

2.8 Considerazioni finali⁹⁰

Il Dr. Knott⁹¹ pone l'attenzione sul diverso carattere delle varie circostanze di coincidenza riportate dal professor Milne. Non c'era il minimo dubbio che l'eruzione di Krakatoa avesse prodotto disturbi magnetici ma la recente discussione del professor Schuster⁹² sulla variazione diurna della forza magnetica in qualsiasi punto della superficie terrestre⁹³ ci ha permesso abbastanza bene di spiegare questo effetto. È noto che ogni giorno l'ago magnetico si sposta prima da questo lato e poi in quello della sua posizione media. A Tokyo l'ampiezza di questa oscillazione diurna è talvolta pari a 11 minuti di angolo. Adesso Schuster, attraverso un'elegante discussione sulla teoria del magnetismo terrestre di Gauss, ha dimostrato che questo cambiamento diurno è dovuto a cause sopra di noi: «Correnti elettriche - afferma - nascono dall'azione del Sole su un'atmosfera eterogenea».

Nell'eruzione del Krakatoa immense nuvole di polvere furono spinte nell'atmosfera superiore e subito si spostarono su tutto il globo, provocando i notevoli bagliori del tramonto dell'autunno del 1883. Questa polvere, lanciata con immensa velocità, quasi inevitabilmente potrebbe caricarsi di elettricità. Ci sarebbero quindi le condizioni per l'esistenza di una nube di particelle altamente cariche che si spostano attraverso le regioni superiori dell'atmosfera. Un simile movimento di cariche elettriche avrebbe le caratteristiche di una comune corrente elettrica, che potrebbe benissimo influenzare i delicati magnetografi in India e in Europa.

Ma una simile spiegazione non può essere applicata ai terremoti. Il professor Milne, nel suo disegno storico, ha menzionato l'ipotesi avanzata da un italiano, che sembra in grado di trasformarsi in una spiegazione abbastanza plausibile per una relazione tra terremoti ed elettricità nell'atmosfera⁹⁴.

Va ricordato che quando diciamo che l'aria diventa più negativa, potremmo altrettanto dire che la terra diventa più positiva. È la *differenza* delle condizioni elettriche tra la terra e l'aria che viene misurata. Ebbene è noto che qualsiasi improvviso cambiamento di stato è accompagnato da una variazione elettrica. Quindi un'esplosione in alcune cavità sotterranee potrebbe facilmente

⁹⁰ Sembra che il commento dell'editor al contributo di Milne.

⁹¹ Cargill Gilston Knott (1856 - 1922) fisico e matematico scozzese fu un pioniere nella ricerca sismologica. La sua carriera iniziò in Giappone come professore di fisica e ingegneria all'Università imperiale di Tokyo. Per nove anni lavorò insieme a Milne e Omori alla realizzazione della prima rete sismica giapponese.

⁹² Probabilmente Sir Franz Arthur Friedrich Schuster (1851 - 1934). Fisico britannico (nato in Germania) che diede il nome all' "integrale di Schuster".

⁹³ Probabilmente [Schuster & Lamb, 1889].

⁹⁴ Si riferisce al prof. De Rossi in "Meteorologia Endogena" [De Rossi, 1879], quando Milne lo citava dicendo: "Rossi ritiene che i fenomeni osservati non siano puramente meccanici e che al momento di un terremoto vi sia un'azione elettrica che paralizza più o meno un magnete naturale". Azione elettrica qui vista alla luce della teoria di Schuster sull'attività di quella che in seguito divenne la *ionosfera*.

cambiare le condizioni elettriche della terra nelle vicinanze. Questa perturbazione elettrica nel raggiungere la superficie influenzerebbe l'elettrometro (e potrebbe anticipare la scossa). Tuttavia era troppo presto forse per suggerire spiegazioni prima che i fatti fossero stati pienamente accertati.

In ogni caso la Società e la scienza sono state arricchite dalla particolare capacità del professor Milne di aprire la strada a sempre nuove linee di ricerca.

Mason sottolinea che molti anni fa anche lui aveva cercato di scoprire disturbi elettrici nelle linee del telegrafo terrestre e oceanico che potessero essere correlati ai terremoti. Ma non era riuscito ad osservare alcuna connessione⁹⁵. La realtà infatti è che il Giappone era relativamente privo di disturbi telegrafici. In Inghilterra invece le linee telegrafiche erano frequentemente disturbate, quindi le operazioni commerciali ne hanno chiaramente risentito. Questo accade relativamente di rado in Giappone.

(- Qui si conclude il testo di Milne -)

3. Fenomeni “elettromagnetici” al tempo di Milne

Questo lavoro di ricerca storica è iniziato perché alcune riviste scientifiche recenti sembravano attribuire a Milne una datata testimonianza storica circa l'osservazione dei precursori *elettromagnetici*, se non addirittura la prima nella storia. Forse l'equivoco inizia da quando anche il celebre Rikitake lo considera probabilmente la prima testimonianza storica sui precursori “elettrici e magnetici” [Rikitake, 1968] e si è poi propagato a causa del fatto che il testo di Milne è di difficile reperimento e praticamente introvabile in rete (in bibliografia si troverà un prezioso link che ho scoperto soltanto alla fine di questa ricerca). Fatto sta che oggi aleggia questa leggenda. Il punto è cosa si vuole intendere per fenomeno “elettromagnetico”: se una vera e propria radiazione elettromagnetica (onde radio, infrarosso, luce) o un fenomeno genericamente legato all'elettromagnetismo, come un precursore elettrico o magnetico. Ecco alcuni esempi di pubblicazioni scientifiche che attribuiscono a Milne il primato sulla fenomenologia elettromagnetica:

- «*Le perturbazioni elettromagnetiche dovute all'attività sismica sono note da molto tempo (Milne, 1890)*». [Hobara et al., 2005];
- «*I fenomeni elettromagnetici correlati all'attività sismica sono noti da molto tempo (Milne, 1890)*». [Parrot et al., 2006];
- «*L'idea di ulteriori fenomeni elettromagnetici che accompagnano i terremoti è piuttosto antica (Milne, 1890)*». [Nemec et al., 2009];
- «*Ad esempio, la connessione tra terremoti e fenomeni elettromagnetici si può far risalire agli scritti di Shida, 1886 e Milne, 1890*». [Freund et al., 2018].

Come è evidente, il lavoro di Shida è addirittura precedente alla sperimentazione delle “onde Hertziane” (1888). Egli non poteva in nessun modo attribuire la natura di qualsivoglia fenomeno a un'emissione radio che precede il terremoto. Per quanto riguarda Milne, egli pubblica sostanzialmente i casi di Shida, più altri da lui raccolti nel panorama mondiale (spessissimo dallo scenario italiano) ma risalenti anche a più di dieci anni prima, come l'ormai famosa esperienza di

⁹⁵ Non sono riuscito a scoprire chi fosse questo Mason. Del resto se questa osservazione non l'ha fatta e non poteva farla, non si capisce allora perché citarlo quasi fosse stato il primo a pensare di farlo, anche perché non si capisce come avrebbe potuto anche solo pensarlo per primo, viste le circostanze sfavorevoli. Tutta la letteratura sulle correnti telluriche associate ai terremoti italiani, prodotta come è evidente perfino in Giappone, si deve all'iniziativa di padre Serpieri di coinvolgere gli operatori dei telegrafi italiani in una rete di monitoraggio geofisico, cosa materialmente attuata 17 anni prima di questa pubblicazione, come ho indicato nella nota n. 23.

Ragona (1874) sulle correnti negative. Bisogna dire che già nel 1864 James Maxwell aveva pubblicato le sue equazioni sull'elettromagnetismo, ma fino agli esperimenti di Hertz nell'88 esse rappresentavano poco più che una pura speculazione matematica, riferibile al massimo alla luce. Sembrava già estremamente improbabile che John Milne, soltanto due anni dopo questi fatti, potesse cercare un precursore elettromagnetico o comunque interpretare in questa chiave i fenomeni già osservati. Basti pensare che la radio di Marconi arriverà cinque anni dopo, nel 1895. Ma del resto ora le carte parlano chiaro: non c'è traccia esplicita di precursori elettromagnetici nel rapporto di Milne, bensì tratta di fenomeni elettrici e magnetici, suddivisi rigorosamente in paragrafi separati. Del resto è esattamente ciò che gli era stato attribuito da oltre un secolo di letteratura e bibliografia scientifica, con le eccezioni recentissime di cui abbiamo parlato.

Troviamo in realtà occasionali testimonianze di fenomeni luminosi, ma perfino in questi casi eclatanti Milne non poteva vedere un precursore "elettromagnetico". I fenomeni luminosi sono certamente i primi precursori elettromagnetici della storia ma da questo punto di vista il primato si perde nella notte dei tempi. Basti pensare al trattato naturalistico "Naturalis Historia" [79 d.C.] dove Plinio il Vecchio racconta di un evento luminoso osservato durante un terremoto avvenuto presso Modena nel 91 a.C. Ricordiamo poi che Baratta soltanto un anno dopo Milne pubblicherà addirittura un "Catalogo dei fenomeni elettrici e magnetici apparsi durante i principali terremoti" [Baratta, 1891]. Ma neanche Baratta parlerà di precursori "elettromagnetici" in quanto anche lui, come Milne e Plinio, non poteva concepire un precursore EM nemmeno come qualcosa di affine alla luce.

Semmai siamo noi oggi, con la cultura contemporanea, ad avere legittimamente il dubbio che qualcuno dei fenomeni descritti da Milne potesse essere stato indotto da segnali radio naturali. Bisogna allora non cadere nell'errore di essere ancora soltanto noi, oggi, a vedere un'antenna nel dispositivo di Ragona. Una visione troppo "attualista" dei fatti potrebbe portarci a false conclusioni, come l'essere talmente abituati a vedere antenne da non poter accettare l'idea che un'asta di bandiera non lo sia. Per questo motivo la lettura di Milne è stata commentata con una visione il più possibile vicina a quella dell'epoca e con tutti i dettagli che si è potuto raccogliere su apparecchiature e circostanze. Ho voluto che il lettore potesse formare una propria opinione, guidata certamente, ma per quanto possibile libera. Adesso invece esprimerò le mie conclusioni su ciò che abbiamo letto.

La mia opinione è che nessuno all'epoca di Milne avesse consapevolmente, ma forse nemmeno accidentalmente, osservato un precursore di origine elettromagnetica. In primo luogo quando oggi facciamo monitoraggio elettromagnetico, ad esempio in banda VLF, è fondamentale distinguere fenomeni di origine "endogena" (per usare un termine caro al De Rossi) da quelli che hanno origine o interazioni in atmosfera, ionosfera e magnetosfera [vedi Meloni et al., 2015] per discriminarli con filtri o analisi spettrali. All'epoca di Milne non solo non era possibile tecnicamente alcuna distinzione di sorta ma non si possedeva nemmeno la conoscenza teorica della loro esistenza. D'altronde qui il problema nemmeno si pone, in quanto è evidente che i fenomeni descritti da Milne sono studiati da un punto di vista puramente elettrico o magnetico. I segnali elettrici riguardano tensioni e correnti troppo alte e spesso sono palesemente correnti continue. I fenomeni magnetici già all'epoca furono contestati come prodotti di effetti inerziali:

«Alcune delle prime opere [Milne, 1890; 1894] si riferiscono a campi magnetici osservati durante il grande terremoto di Lisbona nel 1799. Tuttavia, queste prime osservazioni, e altre durante il diciannovesimo secolo [Mascart, 1887; Milne, 1894], furono riconosciute come false da Reid [Reid, 1914] che mostrò che le tracce registrate dai magnetografi situati vicino agli epicentri del terremoto furono prodotte da effetti inerziali, non da disturbi magnetici». [Johnston, 2002; pag. 1]

In ogni caso è difficile pensare che la componente campo magnetico di un segnale EM possa

deviare stabilmente l'ago di una bussola. Inoltre i fenomeni magnetici si manifestavano anche senza il terremoto.

A questo proposito c'è una considerazione che forse non ha mai fatto nessuno e che mi permetterei di introdurre anche se il concetto di inquinamento elettromagnetico può sembrare audace e anacronistico per l'epoca. Il tram elettrico nasce con l'inaugurazione della tranvia elettrica di Berlino il 16 maggio 1881. Siamo in piena rivoluzione industriale e così come il telegrafo, il telefono e la radio, questa invenzione conquista velocemente tutto il mondo. Il tram è ancora oggi alimentato a corrente continua, come i treni. Non era quindi impossibile che forti campi magnetici inquinassero le misure nelle grandi città come in campagna. Oggi nel centro di Roma la bussola sul cruscotto della mia auto può occasionalmente ruotare anche di 90° passando su Viale Trastevere, vicino ai cavi del "Jambo Tram" n. 8. Ciò accade anche quando la vettura è lontana, semplicemente perché la linea viene alimentata. Anche se lo chiamiamo "inquinamento elettromagnetico" si tratta di una forte corrente elettrica che induce puro campo magnetico (analogamente all'esperimento in figura 4). Non parlerei di ciò se non avessi rinvenuto questa incredibile testimonianza dell'epoca in un brevissimo articolo del 1898 che traduco per intero:

«EFFETTI INQUIETANTI DEI TRAM ELETTRICI SUGLI AGHI MAGNETICI del Signor Marini, da: The Electrical World and Engineer, July, 29th, 1898. L'autore ha effettuato ricerche a Roma allo scopo di accertare le cause dei disturbi. Le misurazioni sono state eseguite da un galvanometro Wiedemann senza bobine, riducendolo così a un semplice magnetometro. Sono state trovate tre cause: un'influenza diretta della corrente nella linea aerea e nelle rotaie, evidente ad una distanza non superiore a 150 m.; un'influenza delle correnti di ritorno che vagano nel terreno fino a una distanza di 2.000 m.; un'influenza delle parti in ferro delle automobili, notevole⁹⁶ per non più di 50 m. Vengono forniti alcuni diagrammi e tabelle». [Marini, 1898; pag. 209]

Ma tornando a Milne, sempre riguardo i fenomeni magnetici ho notato delle incoerenze nella narrazione che lasciano qualche perplessità. Milne aveva letto il trattato italiano "Meteorologia Endogena" [De Rossi, 1879] e lo cita spesso, anzi diciamo pure che tutti gli episodi italiani (anche quando hanno origine da diversa pubblicazione) vengono tratti da De Rossi. Tuttavia Milne sembra ignorarlo ogni volta che De Rossi completa la propria indagine con delle prove confutative. Ad esempio, circa l'episodio francese del 1822 (vedere nota n. 44) il De Rossi, citando lo stesso Arago, diceva testualmente:

«All'Arago, nel 1822, balenò il dubbio di qualche coincidenza tra i terremoti e le perturbazioni dell'ago calamitato, vedendo questo agitarsi in un terremoto dell'Auvergne, sentito anche a Parigi. Ma ragionando su ciò credette doversi persuadere che l'ago si era mosso per forza puramente meccanica (V. Arago, Astronomie Populaire, T. IV, p. 595)». [De Rossi, 1879, Vol. I, pag. 61]

Milne invece non soltanto non riporta questo particolare ma lascia l'episodio di Arago privo di una citazione bibliografica. Séguita quindi con l'osservazione di Humboldt a Cumana (vedi note n. 44 e 45) e anche qui Milne non fa menzione di quanto riportato da De Rossi:

«Sembra che successivamente Humboldt stesso (Humboldt, Cosmos. T. I, p. 298) si fosse dichiarato incerto circa il valore di questa osservazione». [Vol. I, pag. 61]

Come risulta evidente il De Rossi non soltanto confuta la validità di alcune osservazioni ma lo fa riportando proprio l'opinione dei rispettivi autori. Di ciò Milne non poteva essere all'oscuro.

⁹⁶ Forse non era tanto l'ago magnetico del galvanometro ad essere particolarmente sensibile quanto piuttosto la circostanza che le automobili dell'epoca erano fatte davvero di ferro.

D'altra parte dalla lettura di "Milne, 1890", che sembrava riportare le testimonianze più antiche sui precursori elettrici, magnetici e forsanche elettromagnetici, emerge prepotentemente il trattato "De Rossi, 1879", scritto in italiano (quindi per noi senza ambiguità) e più antico di oltre un decennio. Ma la cosa straordinaria è che questo trattato sembra parlare davvero di fenomeni "elettromagnetici".

Facciamo un passo in dietro e riprendiamo il testo di Milne alla mia nota n. 75. Per praticità lo riporterò di seguito, completo della sua bibliografia originale (che riportava un errore nel titolo del libro):

«È ancora una questione aperta se dobbiamo considerare definitivamente stabilito che esista una relazione tra l'azione sismica e il magnetismo terrestre. Tuttavia le osservazioni fatte finora sono state sufficienti per giustificare ulteriori ricerche su questo argomento. Rossi ritiene che i fenomeni osservati non siano puramente meccanici e che al momento di un terremoto vi sia un'azione elettrica che paralizza più o meno un magnete naturale (Metrologia Endogena, Vol. I. p. 83, &c.)». [Milne, 1890, pag. 147]

Ebbene, dell'opera di De Rossi (in due volumi) esiste una copia anastatica che era in commercio in Italia fino a qualche anno fa. Ho consultato i volumi disponibili presso la biblioteca dell'INGV di Roma e questo passo citato da Milne è risultato un elemento chiave nella disputa sul primato nel riconoscimento di precursori elettromagnetici. La mia riflessione verte su tre punti:

1. Milne sta parlando di "un'azione elettrica che paralizza più o meno un magnete naturale" senza dare d'intendere che De Rossi potesse aver parlato di un fenomeno elettromagnetico;
2. De Rossi invece nel suo trattato parlava spesso e disinvoltamente di fenomeni "elettromagnetici"! Un esempio per tutti: *«Intraprendendo l'esame dei fenomeni elettro-magnetici come parte della endodinamica, comincio dall'osservare che a quest'ordine di fatti appartiene il notissimo mezzo fisico, col quale i Giapponesi si fanno avvertire dal terremoto stesso del suo prossimo arrivo. Tengono essi sospesa una calamita con la sua àncora sopra un tam-tam. L'esperienza ha loro insegnato che all'avvicinarsi del terremoto cessa o si indebolisce la forza attrattiva della calamita, la quale perciò lascia cadere l'àncora pesante»* [De Rossi, 1879, Cap. VI, pag. 66];
3. In realtà il De Rossi usa questa espressione per intendere l'insieme dei fenomeni "elettrici e/o magnetici", come di fatto è sempre evidente nel contesto e sottolineato anche dal trattino. Lui stesso ignora il potenziale significato della parola composta, che del resto nel 1879 non aveva ancora senso. Gli esperimenti di Hertz avverranno nel 1888. Fino ad allora le onde radio non erano note e per questo furono chiamate inizialmente "Onde Hertziane". Milne da parte sua non riporta questa parola perché non coglie proprio l'ambiguità dell'espressione, essendo anch'egli del tutto ignaro di una possibile origine *elettromagnetica* per i fenomeni che descriveva.

Ma torniamo di nuovo a quella frase di Milne che citava De Rossi. È la stessa frase sottolineata nelle conclusioni dall'editor di Milne (vedi la mia nota n. 94) come una possibile soluzione del mistero. Vediamo però sul De Rossi i fatti ad essa correlati:

1. De Rossi raccontava appunto delle osservazioni giapponesi sulla perdita del potere dei magneti e di un esperimento condotto dal conte Malvasia di Bologna con un dispositivo appositamente realizzato per verificare questo fenomeno.
2. Dopo aver dettagliatamente documentato i risultati ottenuti dal Malvasia, ci fornisce la propria opinione a riguardo, che è proprio il passo al quale Milne ha pocanzi fatto riferimento. Ma De Rossi testualmente diceva: *«Fondandoci sopra questo fenomeno delle calamite, che diremo sismoscopiche, possiamo concludere senza esitanza, che l'azione magneto-sismica molte volte consiste in un'azione elettrica, che paralizza le calamite fisse artificiali, e le costringe ad abbandonare il ferro sospeso dall'attrazione».* [De Rossi, 1879, pag. 83]

È importante sottolineare che le calamite in questione non sono elettrocalamite, dotate di solenoide, ma magneti permanenti artificiali. Una “azione elettrica” in questo contesto ci sembra oggi del tutto ingiustificata e misteriosa. Più sensata sarebbe l’opposizione di un’azione magnetica. Se però abbandoniamo la nostra visione attualista e ci immedesimiamo nella visione del tempo, l’idea di De Rossi è probabilmente ispirata dall’analogia con il funzionamento del galvanometro (vedi ancora le figure 4 e 5) dove, in sostanza, l’ago di una bussola poteva essere deviato dal passaggio della corrente (continua) in un filo, misurandone l’intensità in base all’angolo di spostamento. Ciò che agiva effettivamente sull’ago, a causa della corrente, era però un campo magnetico. Questo suggeriva, all’epoca, che i fenomeni elettrici e magnetici fossero in qualche modo collegati e consentiva di definirli nel complesso “eletto-magnetici”. De Rossi alludeva probabilmente alle ormai note correnti telluriche che deviavano gli aghi magnetici.

Ricordiamo in fine che De Rossi compì studi giuridici e si dedicò principalmente all’archeologia cristiana, oltre che alle varie scienze della Terra. In questa chiave osserviamo ancora come De Rossi sia solito produrre parole composte chiamando “magneto-sismica” l’esperienza descritta, “sismoscopiche” le calamite impiegate ma soprattutto conia il nome di “Meteorologia Endogena” per tutto l’insieme dei fenomeni che descrive. In conclusione De Rossi non si riferiva a fenomeni “elettromagnetici” come noi li intendiamo, ovvero inerenti alla mutua induzione tra i due campi, ma all’insieme dei fenomeni “elettrici e magnetici” e Milne, da parte sua, non riporta nemmeno questa espressione.

D’altra parte sta emergendo inaspettatamente che il trattato “Meteorologia Endogena” del De Rossi fu ancor più antico e “profetico” di quello di Milne. Resta poi il fatto che quasi tutte le testimonianze di Milne vengono (o sono riportate anche) da [De Rossi, 1879, Vol. I]. Se ne consiglia quindi la lettura a chiunque abbia trovato interessante questo trattato di Milne. Un altro testo consigliabile è il “*Catalogo dei fenomeni elettrici e magnetici apparsi durante i principali terremoti*” [Baratta, 1891] pubblicato in Italia soltanto un anno dopo la stampa del rapporto di Milne. Quello di Baratta è davvero un catalogo: schematico, ordinato cronologicamente e perfino più ricco di fenomenologie rispetto al lavoro di Milne. Riporta testimonianze raccolte dall’anno 114 al 1889. Anche qui non si parla mai in modo specifico di fenomeni elettromagnetici. Entrambi i testi (De Rossi e Baratta) sono scritti in italiano. In bibliografia ho inserito i links per reperirli gratuitamente online.

In conclusione, anche riguardo i soli fenomeni magnetici ed elettrici, risulta che il trattato di Milne ha raggiunto fama internazionale perché fu pubblicato su una rivista scientifica giapponese di visibilità internazionale ma quest’opera non rappresenta un *unicum* nella storia, come viene spesso considerata, semmai ha assorbito altri rapporti meno noti.

4. Dietro alle cronache di Milne: segnali radio senza la radio

Per quanto riguarda la questione dei precursori EM ho spiegato perché penso che al tempo di Milne non fossero stati ancora ipotizzati e forse nemmeno mai osservati. Tuttavia bisogna riconoscere che se il lavoro di Milne aveva avuto “*lo scopo di attirare l’attenzione su una varietà di osservazioni che richiederebbero un approfondimento*”, questo scopo è stato ancora efficace nel 2020, a 131 anni dalla pubblicazione. E in particolare la sua speranza che “*possa portare alla spiegazione di numerosi fenomeni che al momento non sono stati compresi*” può essere ancora esaudita, in quanto lo studio intorno ai fenomeni da lui descritti e sui vari documenti da lui menzionati mi ha portato a scoprire altre circostanze e personaggi che potrebbero avere davvero a che fare con dei segnali radio naturali. Fenomeni e personaggi che meriterebbero un ulteriore approfondimento. A questo punto, a imitazione di Milne, desidererei a mia volta attirare l’attenzione del lettore su una ulteriore serie di circostanze nelle quali mi sono soltanto imbattuto, con la speranza che un ulteriore e approfondito studio possa portare stavolta a far luce su una

eventuale prematura scoperta di precursori EM del terremoto. E per EM - diciamolo esplicitamente - questa volta si vuole intendere davvero dei segnali radio naturali. Procederò per gradi, da un fenomeno sicuramente elettromagnetico ma non di origine sismica fino a quello che fin ora sembra essere stato il primo caso noto di precursore sismico elettromagnetico. Se mai c'è qualcosa di nuovo da scoprire, lo si troverà forse in questo intervallo di date e circostanze.

4.1 Il meteorologo Wilhelm Trabert (1890)

Riguardo le osservazioni del meteorologo austriaco Trabert, Milne ci aveva parlato di “*Alcuni fenomeni curiosi osservati sul Sonnblick, un monte delle Alpi austriache alto 3095 m*” e in particolare del fatto che sul rifugio in cima alla montagna non c'era altro presagio di temporale che un crepitio nel telefono (vedi le note n. 80, 81 e 82). Ho reperito l'articolo “Temporale sul Sonnblick” e ne riporto di seguito un estratto, se mi si perdona la traduzione approssimativa dal tedesco:

«Secondo la sua descrizione (di Wilhelm Trabert) i temporali si manifestano improvvisamente sul monte Sonnblick. Non si vedono avvicinarsi nuvole scure e non si sente tuonare prima che arrivi un temporale. Si resterebbe molto sorpresi dal primo fulmine se non ci fosse stato un segnale di avviso nella stazione meteorologica. Questo annunciatore della tempesta è il telefono. La mattina presto questo può già dare un presagio quasi totalmente affidabile per un temporale che si verificherà solo nel pomeriggio. La linea telefonica può iniziare dal mattino a far sentire un debole scoppiettio che aumenta di ora in ora fino a diventare un crepitio così violento che l'uso del telefono diventa spesso impossibile. La comparsa di scintille sulla piastra del parafulmine e spesso anche lo squillo irregolare del campanello (del telefono) danno il segnale che il telefono deve essere scollegato. La nebbia circonda il rifugio e scoppia la tempesta con nevischio, chicchi di grandine che picchiano i vetri e solitamente anche fulmini che colpiscono il parafulmine. Il tuono è estremamente debole rispetto a quello della pianura, ma quando cade un fulmine tutta la stazione viene scossa violentemente come se stesse accadendo un terremoto. Talvolta la scarica avviene persino senza tuono». [“Die Gartenlaube”, 1890, pag. 31]

Chiunque abbia monitorato le bande radio a bassa frequenza avrà già immaginato cosa potrebbe essere quel crepitio nel telefono: sembra proprio il tipico rumore di fondo VLF e in particolare i *Pops* e gli *Spherics*⁹⁷ che preannunciano l'arrivo delle nubi temporalesche. Evidentemente la lunga linea telefonica captava per induzione elettromagnetica il rumore di fondo tipico delle bande radio di frequenza acustica (ULF-VLF). Ma la radio fu inventata da Marconi cinque anni dopo. Questo è, a mio avviso, l'unico caso certo di induzione elettromagnetica tra i vari fenomeni descritti da Milne. Qui però non si parla proprio di precursori sismici. Il “terremoto” menzionato nell'episodio è dovuto all'impatto del fulmine. Facciamo quindi un passo in dietro nella storia per cercare qualche traccia di segnali sismici.

4.2 Padre Raffaele Del Verme (1851)

Avevamo già conosciuto padre Serpieri. Fu più volte citato da Milne ed è il fautore della rete di monitoraggio delle correnti telluriche basata sulle stazioni telegrafiche italiane. Nel suo scritto “Sullo studio della perturbazione elettrica foriera del terremoto” (1874) il Serpieri ci parla molto brevemente di un fenomeno osservato da un suo confratello:

⁹⁷ Entrambi fenomeni elettromagnetici associati alla fulminazione.

«Quando il 14 Agosto 1851 avvenne il gran terremoto della Basilicata che distrusse Melfi e Barile colla morte di circa 3 mila persone, il P. Professor Raffaele Del Verme, mio ottimo amico e confratello, avea notato due ore innanzi una deviazione di due gradi negli aghi astatici di un suo delicatissimo galvanometro comunicante con un filo di rame lungo 55 metri, avvolto in 25 spire sopra un cerchio». [Serpieri, 1874a, pag. 214]

La circostanza è riportata molto brevemente anche in “Meteorologia Endogena” [De Rossi, 1879, Vol. I, pag. 62] senza però la descrizione dello strumento. È proprio questo strumento l'elemento più interessante. Se il dispositivo di Ragona si basava su un effetto piroelettrico o, in prima analisi, sullo scarico in aria di correnti telluriche da un “parafulmini inverso” (vedi figura 6 e le note da 30 a 33), quello di padre Del Verme sembra davvero un galvanometro collegato a un'antenna. Non possiamo a questo punto non considerare che la radio a galena funzionava senza consumare energia elettrica, con la sola energia dell'onda radio indotta su una lunghissima antenna avvolta in loop (figura 8). Nel caso di padre Del Verme, con i segnali radio naturali, sarebbe stato necessario innanzitutto un galvanometro davvero molto sensibile, che all'epoca poteva anche esistere. Per questo motivo non ho insistito oltre sull'ipotesi attualista circa la fantomatica antenna del Ragona. In quest'altro caso, che sembra anche più antico, l'ipotesi è più ragionevole e vale la pena di considerarla. Purtroppo non possiedo altre informazioni sull'esperienza di padre Del Verme e non posso affermare che abbia realmente rilevato dei segnali VLF. Tuttavia ulteriori ricerche potrebbero forse verificare questa ipotesi. Inoltre un semplice esperimento, basato anche soltanto sul segnale VLF dei temporali, potrebbe comprovare tecnicamente la possibilità che l'episodio di Del Verme sia stato davvero la prima testimonianza di un precursore elettromagnetico del terremoto.

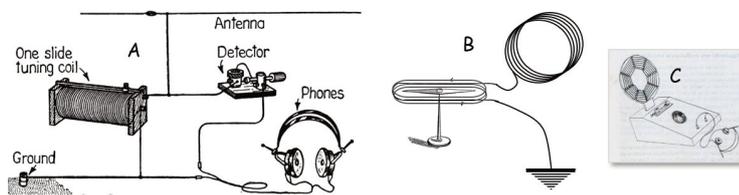


Figura 8 Confronto tra la radio a galena e il dispositivo di Del Verme. (A) schema della radio a Galena (da Wikipedia); (B) raffigurazione ipotetica del ricevitore di Del Verme. Il coil di sintonia della radio a galena potrebbe essere sostituito dalla bobina del galvanometro stesso. Le antenne delle radio a galena sono spesso dei lunghi fili avvolti in complesse strutture circolari (C).

Figure 8 Comparison between the crystal radio and Del Verme's device. (A) scheme of radio in Galena (from Wikipedia); (B) hypothetical representation of Del Verme's receiver. The tuning coil of the crystal radio could be replaced by the coil of the galvanometer. The antennas of galena radios are often long wires wrapped in complex circular structures (C).

4.3 Il “coesore” e i suoi molteplici impieghi (1886 / 1924)

Procediamo avanti nella storia. L'800 fu un secolo di rapidi sviluppi tecnologici. Abbiamo visto che subito dopo l'invenzione del telegrafo (1837, Morse) il mondo ha iniziato ad osservare precursori elettrici del terremoto e dopo l'invenzione del telefono (1871, Meucci) qualcuno aveva già iniziato ad ascoltare i segnali radio VLF. Ci si aspetterebbe quindi che i precursori EM del terremoto debbano comparire subito dopo l'invenzione della radio (1895, Marconi). Ma prima di iniziare l'indagine poniamoci una domanda. Perché fu Marconi a inventare la radio?

Non entrerò nel merito dell'annosa polemica sulla paternità della radio. Quello che è certo è che, esistendo già un collaudato codice impulsivo (il *Morse*), l'idea di utilizzare come veicolo di comunicazione (telegrafica) quelle nuove onde "hertziane", in quel famoso dicembre del 1895 era probabilmente già nella testa di molti, compresi Tesla e Popov⁹⁸. Le invenzioni sono il frutto di un'epoca e i tempi erano maturi. Quello che mancava era il modo di realizzare concretamente questa idea. Marconi realizzò prima degli altri non tanto l'idea di farlo, quanto l'equipaggiamento tecnico che gli consentì di riuscirci. Stiamo parlando dell'uso di un terminale aereo in opposizione a un terminale a terra (una vera *antenna*⁹⁹) e dello sviluppo estremo di un altro elemento non trascurabile che è il ricevitore. O meglio parliamo di quello che allora rappresentava il cuore del ricevitore: non un circuito risonante ma il *coherer*.

Questo oggetto in grado di reagire meccanicamente alle onde EM fu inventato almeno undici anni prima dal fisico marchigiano Temistocle Calzecchi Onesti che lo chiamò infatti "coesore" [Calzecchi, 1884 e 1911]. Fu però perfezionato da Sir Oliver Lodge, che ne convertì il nome nell'inglese "coherer" e successivamente migliorato ancora dal francese Édouard Branly che lo chiamò "radioconducteur". Fu così che dal 1890 la versione di Branly ne rappresentò il modello standard ma gli rimase per sempre il nome inglese che in nessun caso gli apparteneva. Il coherer usato nel 1895 da Marconi era invece una versione estremamente sensibile e da lui stesso perfezionata. Il frutto di caparbia sperimentazione e di grande dispendio dei denari del padre. Ma cosa ci ascoltava Marconi in questi anni di perfezionamento, visto che la radio non c'era ancora? La vera passione di Marconi era il "radioascolto" di... un campanello elettrico, che segnalava la rilevazione della radiazione EM dei fulmini. Parliamo ancora una volta di quella radiazione naturale che costituisce il rumore di fondo della banda radio VLF. Quella stessa che involontariamente faceva suonare il campanello del telefono nel rifugio alpino di Trabart. Ma Marconi non si trovava a quota 3095 e malgrado ciò rilevava temporali non ancora visibili. In effetti a quei tempi il coherer era largamente impiegato per monitorare i temporali in arrivo e isolare in tempo le linee telegrafiche e telefoniche.

A questo punto dobbiamo rifare un passo in dietro fino all'ormai famoso De Rossi, l'autore di *Meteorologia Endogena* da cui molto attinse Milne nel suo trattato. Nella mia nota n.52 si può leggere che il De Rossi costruì un sensore di oscillazioni microsismiche insieme al padre barnabita Timoteo Bertelli, cosa a cui Milne accennò solo vagamente. Questo "tromografo normale", come fu chiamato, grazie alla sua sensibilità poteva anticipare di poco le scosse sismiche avvertite anche dalla popolazione. Orbene il De Rossi e il Calzecchi, l'inventore del coesore, erano contemporanei e si conoscevano. Nel 1886 il Calzecchi, su invito del De Rossi, spiegherà come anche il suo coesore poteva essere impiegato per preannunciare un sisma e lo farà con un articolo intitolato "*Di una nuova forma che può darsi all'avvisatore microsismico*" [Calzecchi, 1886]. A questo punto l'idea di un coherer che anticipa i terremoti può far pensare ai precursori elettromagnetici (e in rete si trova anche questa leggenda). Tanto più che un coesore, dopo aver reagito alla radiazione EM, ha bisogno di un colpetto per essere "resettato", altrimenti resterà inattivo (figura 9). Non può quindi dare un falso allarme a causa della scossa sismica, come invece sembravano fare i sensori ad ago magnetico e forsanche i galvanometri dell'epoca.

Al contrario, come è già accaduto con Milne, leggendo il documento originale (stavolta in italiano) si scopre una realtà diversa e sorprendente. Nell'avvisatore microsismico di Calzecchi il coesore viene impiegato all'inverso di come si usa nella radio. Normalmente lavora come conduttore (viene messo in assetto da un apposito induttore) e alla minima vibrazione perde la sua conduzione, ma questo farà scattare l'allarme grazie a una specie di relè. Pare che bastasse cantare per far scattare l'allarme. In conclusione il dispositivo di Calzecchi non era costruito per

⁹⁸ Quest'idea addirittura prescinde dalla chiara consapevolezza sulla natura delle Onde Hertziane, che invece è essenziale per vedere un'azione delle onde EM nella manifestazione di precursori elettrici o magnetici.

⁹⁹ Marconi inventò anche il nome "antenna" traendolo dal gergo nautico (asta lunga e sottile che sporge obliqua dall'albero della nave) che a sua volta deriva dal latino *antenna*, poiché l'asta era il sostegno della vela triangolare latina.

essere sensibile alla radiazione EM ma proprio all'onda sismica, anche se di lieve entità per l'epoca. Il sismometro a pendolo orizzontale, padre di quelli che ancora oggi usiamo, lo inventerà proprio Milne, 6 anni dopo.

Resta il fatto che il coesore esiste dal 1884: sei anni prima della pubblicazione di Milne (il quale riportò in ultimo perfino i fatti di Trabart sulle Alpi, risalenti allo stesso anno della pubblicazione). È ancor più evidente che Milne non era attento ai fenomeni elettromagnetici.

Riprendendo la ricerca, nel corso del tempo attraversiamo un periodo in cui il coherer fu impiegato come avvisatore dei temporali per prevenire folgorazioni sulle linee telegrafiche e poi telefoniche fino a quando Marconi lo usò nella radio nel 1895. In tutto questo periodo, considerando anche il caso appena visto, non mi è noto che siano stati osservati fenomeni o anomalie EM associati al terremoto. Inizia però ad esistere tecnicamente questa possibilità, che non tarda ad arrivare: nei primi anni del '900 in Italia ci sarà un grande fermento intorno al coherer e ai precursori EM del terremoto.

Nel 1909 Ugo Mondello¹⁰⁰ pubblicò uno studio *“Sulla presenza di onde elettromagnetiche precorritrici del sismo”*. Nello stesso anno anche il padre francescano Atto Maccioni (Osservatorio di Siena) pubblica i risultati della sua sperimentazione sulla previsione dei terremoti impiegando una versione modificata del coesore di Calzecchi [Martinelli, 1911a, pag. 154; Martinelli, 1997, pag. 200; Fidani, 2006]¹⁰¹ ma per rilevare “onde elettriche”. Sembra inoltre che ci troviamo di fronte a qualcosa di più della pura sperimentazione: già nel 1909 l'ingegnere Antonio Prati (forse di Faenza) aveva migliorato il dispositivo di Maccioni, brevettandolo per uso commerciale e nel 1924 Emilio Ungania divulgava il suo *“Presismofono Ungania”*: *«Unico apparecchio preavvisatore dei terremoti, segnalatore delle perturbazioni elettromagnetiche»* [Martinelli, 1997; Fidani, 2006]. Anche in Giappone si sarebbero condotte ricerche simili con una rete di osservatori [Martinelli, 1997].

Sempre negli stessi anni il prof. Giuseppe Ceramicola (1879-1951), membro della Società Sismologica Italiana, realizzò un *“Radiosismografo”* (1920) e un *“Avvisatore elettrosismico”* (1933) [Ceramicola & Slejko, 2004]¹⁰².

Ci fu poi chi ritornò alle correnti telluriche in *“stile Ragona”* ma con una vera antenna VLF. Corrado Guzzanti-Muratori (1852-1934) fu a Mineo (Catania) dirigente dell'Ufficio delle Poste e Telegrafi e successivamente fondatore e direttore dell'Osservatorio Meteoro-Sismico. Nel necrologio della Società Sismologica Italiana, della quale fu ispettore e socio fondatore, si legge:

«S'interessò pure, ma con esito negativo, al preavviso dei terremoti mediante l'apparato “Maccioni”; e nel 1911 intraprese esperienze sulle correnti telluriche, fissando sulla palificazione telegrafica dello Stato un filo isolato lungo 2 Km, il quale faceva capo a un milliamperometro registratore». [Agamennone, 1934, pag. 145]

Ma in definitiva, in tutti questi lavori che fenomenologia è stata osservata? Il collegamento con il terremoto era ipotetico o frutto di sperimentazione? Come funzionavano queste apparecchiature? Su quali eventi sismici sono state testate? Senza le risposte a queste domande abbiamo solo degli interessanti indizi. È evidente che gli studi di quest'epoca dovrebbero essere approfonditi, almeno dagli storici italiani. Purtroppo di questi personaggi e circostanze se ne trova solo traccia nella letteratura moderna e al momento non mi è stato possibile reperire letteratura dell'epoca. Riepilogo di seguito, in ordine cronologico, i pochi riferimenti fin qui noti

¹⁰⁰ Nel 1909 i fratelli Ugo ed Alessandro Mondello fondarono l'Osservatorio Geodinamico di Ardenza Mare (Livorno). L'esperienza durò poco in quanto Ugo Mondello (Palermo 1878 - Firenze 1939) l'anno seguente si trasferirà in Brasile per dirigere l'Osservatorio sismologico del Rio Grande do Sul.

¹⁰¹ Attenzione alla bizzarra omonimia. In bibliografia i Giovanni Martinelli sono due personaggi distinti: uno è dell'epoca e l'altro è un nostro contemporaneo. Entrambi scrissero di Maccioni.

¹⁰² Un altro caso di Omonimia: questa biografia di Giuseppe Ceramicola è scritta da S. Ceramicola, nostro contemporaneo.

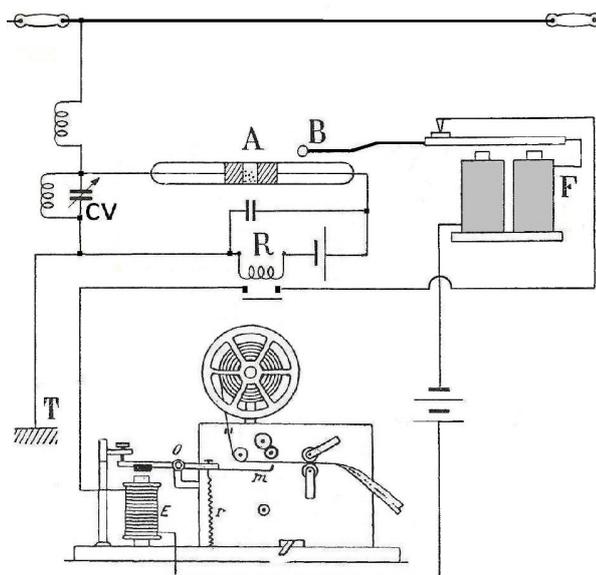


Figura 9 Il doppio uso del coesore di Calzecchi. Il coesore o coherer è una fiala di vetro (A) contenente una limatura metallica che oppone una certa resistenza elettrica. Quando però è investita da un campo EM, i corpuscoli si orientano nella stessa direzione (qui la coesione) e la polvere diviene conduttiva. Un colpetto sulla fiala riporta in disordine i granelli e il coherer sarà di nuovo resistivo. La figura (tratta da Wikipedia) illustra il funzionamento di un ricevitore radiotelegrafico dei primi anni del '900. Esso impiega un coherer (A) che attraverso un relè (R) attiva un normale registratore telegrafico (in basso). Ma una volta divenuto conduttivo, il coherer resta tale e non è più sensibile al successivo impulso EM. Ad ogni attivazione allora si aziona anche il meccanismo di un campanello elettrico (F) che colpirà il coherer (B) riportandolo allo stato resistivo. Al contrario l'“avvisatore microsismico” di Calzecchi sfrutta a riposo la conducibilità di un coherer opportunamente preattivato. Quando il terremoto scuoterà il coherer, questo diventerà resistivo e interromperà il circuito. L'allarme è dato da un circuito chiuso attraverso un ago magnetico che tornerà a indicare il Nord non essendo più deviato dalla corrente che passava attraverso il coherer. Se il coherer è stato impiegato al contrario, anche questo strano relè, se vogliamo vederlo così, è l'inverso di un galvanometro.

Figure 9 The double use of Calzecchi's “coesore”. The coesore, or “coherer”, is a glass vial (A) containing a metal filing which opposes a certain electrical resistance. However, when it is hit by an EM field, the corpuscles are oriented in the same direction and the dust becomes conductive. A tap on the vial brings the grains into disorder and the coherer will be resistive again. The figure (by Wikipedia) illustrates the operation of a radiotelegraphic receiver from the early 1900s. It uses a coherer (A) which, via a relay (R), activates a normal telegraph recorder (below). But once it becomes conductive, the coherer remains so and is no longer sensitive to the subsequent EM pulse. At each activation then the mechanism of an electric bell (F) is also activated which will strike the coherer (B) bringing it back to the resistive state. On the contrary, Calzecchi's “avvisatore microsismico” exploits at rest the conductivity of a suitably pre-activated coherer. When the earthquake shakes the coherer it becomes resistive and will interrupt the circuit. The alarm is given by a magnetic needle that will return to indicate the North as it is no longer deviated from the current that passed through the coherer. The coherer was used in reverse and this strange relay, in turn, is in some way the reverse of a galvanometer.

che andrebbero reperiti e studiati:

- Mondello, U. (1909). *Sulla presenza di onde elettromagnetiche precorritrici del sismo*. Pubblicazioni dell'Osservatorio di Ardenza al Mare 4, Stab. tipo-litografico A. Debatte, Livorno, 15 pp.
- Maccioni A. (1909). *Nuova scoperta nel campo della sismologia*. Atti della R. Accademia dei Fisiocritici in Siena, vol. 1, pp. 435-444.
- Alfani G. (1909). *Il terremoto sarà preveduto? Lo strumento del Padre Maccioni*. Corriere della Sera, 9 maggio 1909.
- (1909). *Si può avvertire il terremoto? Le onde e l'apparecchio di padre Maccioni*. L'illustrazione italiana. Rivista settimanale degli avvenimenti e personaggi contemporanei. Numero 19 del 9 maggio 1909. Milano, Fratelli Treves Editori.
- Maccioni A. (1910). *Il periodo sismico senese dell'agosto 1909*. Siena (Atti della R. Accademia dei Fisiocritici?).
- Rassegna sismologica n.41- Boll. Soc. Sism. Ital., vol. XIV, 1910.
- Ceramicola G (1911). *Di un nuovo avvisatore sismico*. La scienza per tutti, 1 marzo 1911.
- La Nazione, 1 febbraio 1924: *Raffaele Bendandi a Firenze, il sismologo faentino a colloquio con Padre Alfani e Padre Stiattesi*.
- Ungania E. (1924). *Presismofono Ungania. Unico apparecchio preavvisatore dei terremoti, segnalatore delle perturbazioni elettromagnetiche*, Bologna, pp. 1-34.
- Marchetti U. (1924). *Padre Alfani constata l'esattezza delle previsioni del falegname sismologo mentre il prof. Malladra esclude la possibilità di prevedere i terremoti*. Corriere Italiano, 1 febbraio 1924.

C'è infine una vicenda curiosa che apprendo da fonti non scientifiche che tuttavia riporto poiché attinge da carteggi dell'epoca. Riguarda un'aspra disputa tra due scienziati nonché, come se già fosse poco, tra due religiosi. Sempre nel 1909 padre Raffaello Stiattesi (1867-1932), accademico dei Lincei e direttore dell'Osservatorio di Quarto Fiorentino, realizzò una specie di "bilanciere" dotato di induttori magnetici a bobina che sarebbe stato portato in disequilibrio statico dalle correnti telluriche [Bramanti, 2001, pag. 11]. Il dispositivo fu collegato a una specie di semaforo a luce verde e rossa che dalla torre dell'osservatorio avrebbe preannunciato il terremoto alla città di Firenze [Yin News, 2017]. Al contrario dell'ormai noto "caso Ragona", questa volta in un circuito collegato a terra abbiamo degli induttori e il sospetto che possano captare involontariamente segnali EM può sussistere. Tanto più che, si legge sempre dai documenti riportati in [Bramanti, 2001], Stiattesi negava i precursori elettromagnetici ma costruì questo dispositivo copiando segretamente Mondello e in aperta competizione nei confronti del confratello Maccioni. Di padre Stiattesi si sa poco, anche perché pare fosse poco apprezzato dai suoi colleghi e confratelli del tempo, in quanto, malgrado avesse prodotto cose scientificamente valide, si dedicò anche a pratiche poco scientifiche come la radioestesia ed ebbe comportamenti poco consoni per il clero¹⁰³ [Bramanti, 2001; Yin News, 2017].

Non ci è chiaro oggi quanto consapevolmente Guzzanti abbia usato una "antenna", visto che si parla di correnti telluriche. Del resto non sembra chiaro se in sismologia il coherer servisse a rivelare meglio le correnti telluriche o fosse usato con la consapevolezza di impiegare un sensore elettromagnetico. Non è chiaro neppure il significato che Mondello attribuisce al termine "elettromagnetiche", anche se per la prima volta viene attribuito ad "onde". Almeno finché conosciamo soltanto i titoli di questi lavori. È il caso ad esempio del termine "presismofono", che lascia intendere un ascolto di quelle "perturbazioni elettromagnetiche" e questo (con la visione che abbiamo oggi, va ricordato) richiama ancora una volta la banda radio VLF.

¹⁰³ Mi rendo conto che sembrano pettegolezzi ma ciò risulterebbe dai carteggi dell'epoca tra gli studiosi e perfino da alcuni articoli pubblicati.

Ma se oggi non conosciamo i dettagli di questi studi, fortunatamente è illuminante un resoconto del prof. Giovanni Martinelli pubblicato dalla Società Sismologica Italiana all'epoca dei fatti (1911). Si tratta di una critica molto costruttiva su queste nuove ricerche che contesta chi non fa attenzione a distinguere i segnali puramente elettrici da quelli EM e chi addirittura lavora ignorando la letteratura sulle correnti telluriche (tra cui certamente l'opera di Milne). Ciò riordina il nostro frammentato quadro della situazione. Ne riporto testualmente alcuni estratti significativi:

«A parte il fatto che niun argomento serio e positivo si ha per supporre che onde elettro-magnetiche e variazioni della corrente tellurica debbano precedere i terremoti e che le osservazioni sinora raccolte ci danno solo come probabili variazioni nel campo magnetico terrestre e nelle correnti telluriche seguenti o tutto al più concomitanti ai terremoti, per cui è a dimandarsi se per ora l'indirizzo che gli autori sopracitati hanno preso a seguire sia logico e razionale, a parte tuttociò, devo osservare che la lettura delle singole note dimostra a chiunque sia appena colto nelle scienze fisiche come gli autori non abbiano che una superficiale conoscenza dei mezzi che vogliono utilizzare. Il Gentile¹⁰⁴ e lo Stiattesi¹⁰⁵ non si rendono assolutamente conto di ciò che sia una corrente tellurica, e mostrano di ignorare del tutto o quasi la ricchissima bibliografia sull'argomento».

(...)

«Le prese di terra sono poste a pochi mm. di distanza dal Gentile, a pochi metri e a differenti profondità nel suolo dallo Stiattesi, mentre è da tutti riconosciuto come vane siano le misure di corrente tellurica con linee di lunghezza inferiore a circa un chilometro¹⁰⁶, e come sia opportuno che le prese di terra siano ad uguale profondità. Niuna preoccupazione negli autori per mettersi al riparo delle note perturbazioni dovute alle correnti vagabonde create dagli impianti industriali, anche a grandi distanze, ed ai fenomeni di elettricità atmosferica. Appare evidente che quanto si manifesta nei circuiti dei loro apparecchi non è certo quello che i fisici chiamano comunemente corrente tellurica¹⁰⁷».

(...)

«L'apparecchio del Maccioni, è dovere riconoscerlo, non presenta le incoerenze degli altri sopra discussi, il problema è posto da lui con maggiore chiarezza, ed egli mostra una conoscenza dei mezzi adoperati certamente superiore a quella degli altri: dobbiamo nondimeno osservare, come rechi meraviglia la sua affermazione circa la poca sensibilità del coherer Marconi, e come non sembra egli si preoccupi troppo della lunghezza e della forma del conduttore affondato nel suolo, quasi ignorasse che nella recezione di onde elettriche se è importante la scelta e l'adattamento del coherer, non lo è meno l'ufficio e la disposizione dell' antenna¹⁰⁸».

(...)

«Potrebbe obbiettarsi che qualunque sia la natura delle forze che muovono gli aghi ed i fasci magnetici e rendono conduttore il coherer, se esse si manifestano in precedenza di un terremoto, lo scopo a cui tendevano gli apparecchi, è raggiunto. A ciò, che è forse in parte giusto, si deve rispondere che gli autori nelle loro pubblicazioni non ci forniscono però neanche alcuna prova efficace della sensibilità dei loro apparati¹⁰⁹».

(...)

¹⁰⁴ Carlo Gentile (1870 - 1952) farmacista ligure fu per cinquant'anni il direttore dell'Osservatorio Meteorologico di Porto Maurizio. Si occupò anche di ricerche sulla meteorologia, climatologia e sulla previsione dei terremoti per mezzo delle correnti telluriche.

¹⁰⁵ Ciò conferma che Stiattesi impiegava il suo dispositivo con l'intenzione di osservare correnti telluriche.

¹⁰⁶ Questo fa pensare ad onde almeno chilometriche, nel caso in cui il fenomeno sia prodotto da induzione EM.

¹⁰⁷ Inizia evidentemente in quest'epoca il sospetto che esista un inquinamento da parte di sorgenti antropiche (che del resto in precedenza non potevano esistere) e atmosferiche ma si fa sorprendentemente riferimento a quello che oggi osserviamo anche come rumore di fondo nella banda radio VLF.

¹⁰⁸ A questo punto sembrerebbe proprio che il dispositivo di Maccioni fosse stato ideato esplicitamente per studiare la radiazione elettromagnetica.

¹⁰⁹ Sembra dunque che non abbiamo perso gran che nella nostra lacuna bibliografica.

«Lo Stattesì non dà alcun prospetto statistico, limitandosi ad affermare che per i terremoti vicini il funzionamento del suo avvisatore precede di poche ore, da 2 a 3, per i lontani si ha un primo segnale circa 48 ore prima, un secondo circa 25 ore prima, ed un terzo 7 o 18 ore; siffatti dettagli lascerebbero supporre lunghe e precise serie di osservazioni, che l'autore avrebbe dovuto prima di ogni altra cosa portare a conoscenza degli studiosi».

(...)

«Il Maccioni cita una lunga serie di funzionamenti del suo apparecchio, ma essi per la massima parte coincidono solo con oscillazioni tromometriche¹¹⁰, e dalla sua esposizione non può affermarsi quasi per nessun caso il carattere del preavviso, eccezione fatta per due scossette dell'11 aprile 1909, mentre è notevole che nel periodo sismico dell'agosto-ottobre 1909 non si hanno coincidenze conclusive. Di ciò è convinto mi pare anche l'autore, e ci dice che il suo apparecchio ha raggiunto il suo scopo quando, a parte la questione della, previsione, è giunto a dimostrare la esistenza di onde elettriche nei terremoti. A me pare che dai dati statistici esposti neanche ciò possa concludersi. La coincidenza del funzionamento del coherer con i moti tromometrici (di natura così oscura) e qualche rara coincidenza fra l'apparecchio e le scosse non possono essere sufficienti a mostrare la genesi sismica del fenomeno elettrico o il viceversa¹¹¹».

«Non è con piacere che abbiamo constatato la poca attendibilità delle ricerche eseguite dai tre citati autori, e delle conclusioni cui sono giunti; assai bello sarebbe stato il potere riconoscere che il grave problema della previsione sismica aveva trovato la sua soluzione per opera di studiosi italiani; ma poiché ciò non è sembrò necessario dirlo chiaramente ad evitare ai nostri studi una immeritata taccia di superficialità e di empirismo, e ciò tanto più in quanto che si in Italia che all'estero la stampa così politica che di coltura ha, spesso con esagerati entusiasmi, riferito su quelle ricerche». [Martinelli, 1911b, pag. 54]

In conclusione apprendiamo che all'inizio del '900 si tentava con difficoltà di distinguere i fenomeni EM da quelli puramente elettrici o magnetici, confermando che il problema non si era nemmeno posto all'epoca di Milne. Ora sappiamo con certezza che si stavano ricercando precursori elettromagnetici del terremoto e che si è fatto in Italia. Non sappiamo ancora con quale successo. Tuttavia non è da escludere che se gli studi dell'epoca fossero riesaminati con il senno di oggi forse sarebbe possibile risolvere almeno alcune delle legittime perplessità del Martinelli.

4.4 Il radioastronomo James Warwick (1960)

Stando ai fatti di cui sono a conoscenza fino a questo momento, la prima ipotesi di associazione tra un terremoto e un segnale radio documentata in ambito internazionale si deve probabilmente all'intuizione del radioastronomo James Warwick, il quale, non sapendo quale altra spiegazione trovare, mise in relazione la serie di forti terremoti che devastò vaste aree del Cile a partire dal 21 maggio 1960 (fino a M 9.5) con l'insolito evento elettromagnetico che, cinque giorni prima, era stato rilevato nello stesso modo da quattro radiorecettori molto distanti tra loro e dall'epicentro. In realtà passeranno ancora 22 anni prima che questa coincidenza venga esposta in modo convincente. Così Warwick nel 1982 giustifica l'ipotesi di associazione del suo segnale misterioso con il terremoto:

«Sembrava improbabile che l'emissione fosse prodotta da una fonte solare o planetaria molto lontana dalla Terra. In [Warwick, 1963] si proponeva l'ipotesi che l'emissione fosse stata prodotta da una

¹¹⁰ Cioè la correlazione era osservata su scosse "strumentali" che la gente non poteva avvertire. Del resto i fenomeni sismici di intensità significativa sono più rari e il loro studio richiede più tempo.

¹¹¹ L'autore, giustamente per l'epoca, non è certo delle scosse "strumentali" e del resto queste potevano essere talmente numerose da non poter garantire una relazione di causa-effetto con uno sporadico segnale precursore.

sorgente che circonda la Terra o almeno sospesa come una nuvola sopra le stazioni di osservazione. Ma anche se questa spiegazione soddisfa i requisiti non è certamente l'unica. Nel frattempo, si sono verificati tre eventi che hanno indotto Warwick stesso a rivalutare l'analisi precedente. In primo luogo, Derr [1973] ha esaminato le sempre crescenti prove di fenomeni luminosi associati ai terremoti, o luci sismiche (EQL). La sua pubblicazione comprendeva una serie di fotografie raccolte da Yasui [1968] e relative a fenomeni luminosi osservati durante lo sciame sismico di Matsushiro, in Giappone, nel periodo 1965-1967. Alcune delle caratteristiche generali degli EQL, definite da Yasui in base ai casi studiati, suggerivano che si trattasse di un fenomeno elettrico atmosferico. Due caratteristiche in particolare sono rilevanti in questo contesto: (1) la luminescenza tende a verificarsi non nell'epicentro del terremoto, ma piuttosto sulle cime delle montagne costituite da quarzodiorite fratturata, e (2) alla luminescenza sono di norma associati degli "sferics" che risultano più intensi nella gamma da 10 a 20 kHz». [Warwick, 1982]

Anche se tardiva e accidentale, abbiamo alla fine un'esplicita ipotesi di associazione tra un terremoto e un segnale radio. Ipotesi che trae supporto da uno studio su fenomeni luminosi e sembra già orientarsi verso la banda radio VLF. Ecco dunque un anello mancante tra ieri ed oggi.

5. Epilogo

La letteratura scientifica internazionale ricorda Milne da oltre un secolo e gli attribuisce perfino meriti impossibili. Invece spesso ignora gli sforzi italiani nel campo dei precursori sismici. Un po' fu colpa della lingua: ricordiamo ad esempio l'invenzione del coherer, che non prese il nome italiano datogli dall'inventore né quello francese datogli dallo sviluppatore finale ma quello scelto da un inglese che, scrivendo anch'egli nella sua lingua madre, passò l'idea dall'uno all'altro. Forse resterà sempre così e forse anche per colpa mia, visto che ho fatto il contrario, traducendo Milne dall'inglese all'italiano. Ma il frutto di questa ricerca vuol essere un altro: in bibliografia si troverà l'indicazione completa (ai tempi di Milne le citazioni sembravano codici fiscali) di tutti i testi affrontati e corredata anche del link per reperirli in rete, quasi sempre gratuitamente. Spero che questo possa essere utile ai lettori più motivati per approfondire lo studio ed ampliare la propria biblioteca. Vi si troverà perfino il testo originale di Milne in formato digitale, che soltanto a lavoro concluso ho finalmente rintracciato anche online, su un sito giapponese pressoché... "ingoogleabile". Con questa ricerca storica ho voluto in primo luogo chiarire l'equivoco riguardo l'esistenza di studi sui precursori elettromagnetici al tempo di Milne. Ma la ricostruzione delle circostanze, che quasi come un romanzo si sviluppa tra i carteggi della geofisica primordiale, è stato anche un pretesto per fornire una sorta di pedigree ai precursori EM (intesi davvero come segnali radio naturali associati al terremoto). Un precursore apparentemente moderno e futurista del quale però, a quanto sembra, si parlava già dal 1909, ancor prima del radon (1927). Un fenomeno forse scoperto e poi dimenticato, poi riscoperto quasi per caso e ancora oggi studiato poco e in modo poco strutturato. Sta di fatto che ai giorni nostri non rientra nella lista dei precursori "ufficiali" del terremoto, non soddisfacendo ancora i criteri richiesti dall'associazione internazionale IASPEI. Raccomando quindi a tutti i ricercatori nel campo dei segnali EM a bassa frequenza, siano essi radioamatori o geofisici, di approfondire ulteriormente la ricerca storica, oltre che perseverare nella sperimentazione e nel monitoraggio.

Ringraziamenti

Questa ricerca è partita da due copie del testo di Milne che sono state reperite in Italia rispettivamente presso la biblioteca dell'Accademia delle Scienze di Torino e la biblioteca del

CREA di Roma. Dallo studio dei testi non sono risultate differenze tra le due nemmeno riguardo gli errori di stampa.

Vorrei ringraziare il dott. Gabriele Ferrara, bibliotecario della sede di Roma dell'INGV, per la consulenza tecnica in materia bibliografica ma soprattutto per la ricerca e il reperimento del raro documento. Allo stesso modo si ringrazia il personale delle biblioteche citate per aver prodotto e reso disponibili le copie fotografiche dei testi originali conservati presso le loro sedi.

Questa ricerca è figlia del Covid-19. Non lo ringrazio di certo ma è pur vero che se non fosse stato per la quarantena non avrei potuto trascorrere giorno e notte su queste carte. Ma se ho potuto cimentarmi nello studio è perché avevo la consapevolezza che il mio dovere era soltanto stare chiuso in casa e non smettere di lavorare, mentre altra gente si preoccupava di salvarci la vita. Un ringraziamento particolare va quindi al sacrificio di tutti gli operatori del Servizio Sanitario Nazionale, dai medici agli infermieri e a chiunque abbia affrontato faccia a faccia questa minaccia armata soltanto di una mascherina di stoffa. Grazie.

Questo lavoro è stato supportato dal Progetto INGV "Pianeta Dinamico" (codice progetto INGV 1020.010) finanziato dal MIUR ("Fondo finalizzato al rilancio degli investimenti delle amministrazioni centrali dello Stato e allo sviluppo del Paese", legge 145/2018).

Bibliografia

- Agamennone G., (1934). *Corrado Guzzanti* (necrologio) in Bollettino Della Società Sismologica Italiana. ftp://ftp.rm.ingv.it/pub/alessio.mautone/Ale_Donatella_000/BSSI_1934/270439.pdf (free)
- Anales de la Universidad, (1870). *Terremotos*. Escuela de Ingeniería, N.21. Rectorado de la Escuela, Universidad Nacional Stados Unidos de Colombia. Link: <http://bdigital.unal.edu.co/17018/1/12587-32842-1-PB.pdf> (free)
- Baratta, M., (1891). *Catalogo dei fenomeni elettrici e magnetici apparsi durante i principali terremoti*. In: "Rendiconti della Società Italiana di Elettricità pel progresso degli studi e delle applicazioni", Tip. Lamperti di G. Rozza, Milano, 1 (XIII), pp. 1-15. Dal sito del Progetto Hessdalen, trascrizione dall'originale di Giuseppe Stilo: http://www.itacomm.net/EQL/1891_Baratta.pdf (free)
- Bonajutus V., Malpighius M., (1694). *An Account of the Earthquakes in Sicilia, on the Ninth and Eleventh of January, 1692/3*. Translated from an Italian Letter Wrote from Sicily by the Noble Vincentius Bonajutus, and Communicated to the Royal Society by the Learned Marcellus Malpighius, Physician to His Present Holiness, in: *Philosophical Transactions of the Royal Society*, Vol. 18, pp. 2-10. https://www.jstor.org/stable/102421?seq=1#metadata_info_tab_contents (free)
- Bramanti C., (2001). *Raffaello Stiattesi, radio e radiestesìa*. Agosto, 2001 (Nessuna indicazione editoriale. Forse stampato in proprio da carlobramantiradio@alice.it). http://www.carlobramantiradio.it/stiattesi_libropdf.pdf (free)
- Calzecchi Onesti T., (1884). *Sulla conduttività delle limature metalliche*. Nuovo Cimento 3, XIII, 58-64. <https://doi.org/10.1007/BF02737267>
- Calzecchi Onesti T., (1886). *Di una nuova forma che può darsi all'avvisatore microsismico*. Nuovo Cimento, serie 3, XIX, pp.24-26. <https://doi.org/10.1007/BF02737325>
- Calzecchi Onesti T., (1911). *Le mie esperienze e quelle di Edoardo Branly sulla conduttività elettrica delle limature metalliche*. Nuovo Cimento 2, 387-396. <https://doi.org/10.1007/BF02958507>
- Ceramicola S., Slejko D., (2004). *Un Precursore della sismologia moderna: Giuseppe Ceramicola, Pergola (PS) 1879 - Ancona 1950*. Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Atti del 23° Convegno Nazionale, Roma, 14-16 dicembre 2004. http://www3.ogs.trieste.it/gngts/files/2004/content/PDF/05_09.PDF (free)

- Crescimanno F.P., De Rossi M.S., (1876). *I terremoti e il nuovo osservatorio sismico di Corleone in Sicilia*. Lettere del signor Francesco Paolo Crescimanno, Capo dell'Ufficio Telegrafico, ed osservazioni di M. S. De Rossi. Bull. Vulc. It. Anno III, Roma, 97-122.
ftp://ftp.ingv.it/pub/william.thorossian/alessio.mautone/BVI/1876/Sismos_1151.pdf (free)
- De Rossi M.S., (1879). *La meteorologia endogena*. Ristampa anastatica di Arnoldo Forni Editore, 2008, Vol. 1. ISBN: 88-271-3019-5. Il volume originale (Ed. Fratelli Dumolard, Milano 1879, Tomo Primo) è reperibile online in formato digitale:
https://archive.org/details/gri_33125010039986/page/n8/mode/2up (free)
- Derr J.S., (1973). *Earthquake lights: a review of observations and present theories*, Bulletin of the Seismological Society of America 63 (6-1): 2177-2187.
<https://pubs.geoscienceworld.org/ssa/bssa/article/63/6-1/2177/117338/Earthquake-lights-A-review-of-observations-and>
- Die Gartenlaube, (1890). *Gewitter auf dem Sonnblick*, Heft 1, p. 31. Adolf Kröner, Leipzig
https://de.wikisource.org/wiki/Gewitter_auf_dem_Sonnblick (free)
- Dudley P., (1727). *An Account of the Several Earthquakes Which Have Happen'd in New-England, since the First Settlement of the English in That Country, Especially of the Last, Which Happen'd on Octob. 29, 1727*. Communicated to the Royal Society by Paul Dudley, Esq; F. R. S. in a Letter to the Secretary, in: Philosophical Transactions of the Royal Society, Vol. 39 (1735 - 1736), pp. 63-73. https://www.jstor.org/stable/103977?seq=1#metadata_info_tab_contents (free)
- Favaro A., (1875). *Nuovi studi intorno ai mezzi usati dagli antichi per attenuare le disastrose conseguenze dei terremoti*. Venezia, tipografia Grimaldo, 135 pagine.
https://books.google.it/books?id=3zZoAAAACAAJ&printsec=frontcover&hl=it&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (free)
- Fidani C., (2006). *On Electromagnetic Precursors of Earthquakes: Models and Instruments*. International Project Hessdalen Workshop, Medicina (BO), 17 giugno 2006. Lo Scarabeo editrice Bologna, pp 25-41. ISBN: 978-88-8478-111-6. (Link free)
- Freund F., Ouillon G., Scoville J., Sornette D., (2018). *Earthquake precursors in the light of peroxy defects theory: critical review of systematic observations*. European Physical Journal (EPJ).
<https://arxiv.org/abs/1711.01780> (free)
- Galli I., (1910). *Raccolta e classificazione di fenomeni luminosi osservati nei terremoti*. Boll. Soc. Ital. Sismol., 14: 221-448.
ftp://ftp.ingv.it/pub/alessio.mautone/Ale_Donatella_000/BSSI_1910/235422.pdf (free)
- Henry T., (1778). *An Account of the Earthquake Which Was Felt at Manchester and Other Places, on the 14th Day of September, 1777*. In a Letter from Mr. Thomas Henry, F. R. S. to William Watson, M. D. F. R. S., in: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Volume 68, pp. 221-231. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstl.1778.0014> (free)
https://www.jstor.org/stable/106324?origin=ads&seq=1#metadata_info_tab_contents (free)
- Hobara Y., Parrot M., (2005). *Ionospheric perturbations linked to a very powerful seismic event*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Volume 67, Issue 7, Pages 677-685.
<https://doi.org/10.1016/j.jastp.2005.02.006>
- Johnston M., (2002). *Electromagnetic fields generated by earthquakes*. In: International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, W. Lee, H. Kanamori, P. Jennings, and C. Kisslinger, Eds., part A, pp. 621-634, Academic Press.
<http://www.everythingseismic.com/wp-content/uploads/electromagnetic-fields-earthquakes.pdf> (free)
- Lamont J., (1851). *Astronomie und Erdmagnetismus*. Volume 1. Franckh, 1851 - 289 pagine.
https://books.google.it/books?id=7Z0tAAAACAAJ&printsec=frontcover&hl=it&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (free)
- Lamont J., (1862). *Zusammenhang zwischen Erdbeben und magnetischen Storungen*. Annalen der Physik und Chemie, Volume 115. Leipzig, J. A. Barth. Gallica link:

- <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k15200x/f8.image.langDE> (free) Google link: https://books.google.it/books?id=HQgAAAAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=it&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (free)
- Marini, (1898). *Disturbing Effects of Electric Tramways on Magnetic Needles*. The Electrical World and Engineer, July, 29th. In: *Terrestrial magnetism and atmospheric electricity*. An International Quaterly Jurnal. Edited and published by L. A. Bauer and Thomas French – Volume IV, n. 3, March - December 1898, Ed. The University of Cincinnati, Ohio.
<https://archive.org/details/terrestrialmagn09flemgoog/page/n9/mode/2up> (free)
- Martinelli G., (1911a). *La previsione dei terremoti*. Boll. Della Soc. Sism. Ital. vol. XV. ftp://ftp.rm.ingv.it/pub/alessio.mautone/Ale_Donatella_000/BSSI_1911/235440.pdf (free)
- Martinelli G., (1911b). *Intorno ad alcuni recenti tentativi di previsione sismica*. Boll. Della Soc. Sism. Ital. vol. XV.
ftp://ftp.rm.ingv.it/pub/alessio.mautone/Ale_Donatella_000/BSSI_1911/235429.pdf (free)
- Martinelli G., (1997). *Non seismometrical precursors observations in Europe: steps of earthquake prediction research*. Historical Seismic Instruments and Documents: a Heritage of Great Scientific and Cultural Value Proc. Workshop, pp.195-216. (Link free). Vedi anche: Martinelli G. (1999). *History of Earthquake Prediction Research*. Nuovo Cimento 22 (3-4), 605-613 (1999). ISSN: 0390-5551. <http://eprints.bice.rm.cnr.it/13530/1/ncc7985.pdf> (free). Vedi anche: Martinelli G. (2000). *Contributions to a History of Earthquake Prediction Research*. Seismological Research Letters (2000) 71 (5): 583-588.
<https://doi.org/10.1785/gssrl.71.5.583> (free)
- Meloni A., Bianchi C., Mele G., Palangio P., (2015). *Background electromagnetic noise characterization: the role of external and internal Earth sources*. Annales Of Geophysics, 58, 3, 2015, G0330. <https://doi.org/10.4401/ag-6745> (free)
- Milne J., (1883). *Earthquakes and other earth movements*. Appleton, New York. WEB: <https://archive.org/details/earthquakesando01milngoog/page/n14/mode/2up> (PDF free) <https://www.gutenberg.org/files/60007/60007-h/60007-h.htm> (TXT free)
- Milne J., (1890). *Earthquakes in connection with electric and magnetic phenomena*. Transaction of the Seismological Society of Japan, Vol. XV, pp. 135-162, Yokooama: printed at the Office of the "Japan Mail". https://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=356&item_no=1&page_id=28&block_id=31 (free)
- Milne J., (1898). *Seismology*. Kegan Paul, London. WEB: <https://archive.org/details/seismology00milngoog/page/n7/mode/2up> (PDF free) https://archive.org/stream/seismology00milngoog/seismology00milngoog_djvu.txt (TXT free)
- Nemec, F., O. Santolik, and M. Parrot, (2009). *Decrease of intensity of ELF/VLF waves observed in the upper ionosphere close to earthquakes: A statistical study*. J. Geophys. Res., 114, A04303, <https://doi.org/10.1029/2008JA013972> (free)
- Parrot M., Benoist D., Berthelier J.J., Błęcki J., Chapuis Y., Colin F., Elie F., Ferreau P., Lagoutte D., Lefeuvre F., Legendre C., Leveque M., Pinçon J.L., Poirier B., Seran H.-C., Zamora P., (2006). *The magnetic field experiment IMSC and its data processing onboard DEMETER: Scientific objectives, description and first results*. Planetary and Space Science 54: 441-455. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2005.10.015>
- Poirier J.P., Perrier F., Mouël J.L., (2008). *On some electrical effects of the 1887 Ligurian earthquake*. Elsevier, Comptes Rendus Geoscience, Volume 340, Issue 4, April 2008, Pages 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2007.12.004> (free)
- Plinio il Vecchio, (79 d.C.). *Naturalis Historia*. https://la.wikisource.org/wiki/Naturalis_Historia (free, ma ovviamente è in latino)
- Poli G.S., (1805). *Memoria sul tremuoto de' 26 luglio del corrente anno 1805*. Ed. Vincenzo Orsino. Napoli MDCCCVI. <https://www.e-rara.ch/zut/doi/10.3931/e-rara-23364> (free)

- Reid H.F., (1914). *The free and forced vibrations of a suspended magnet*. Terrestrial magnetism and atmospheric electricity, vol. 19, pp. 57 - 189.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/TE019i004p00189>
- Rikitake T., (1968). *Earthquake prediction*. Elsevier, Earth-Science Reviews, vol.4, 245-282.
[https://doi.org/10.1016/0012-8252\(68\)90154-2](https://doi.org/10.1016/0012-8252(68)90154-2)
- Sarti C., (1783). *Saggio di congetture su i terremoti del dottore Cristofano Sarti*. Ed. Francesco Bonsignori, Lucca, 240 pagine.
https://books.google.it/books?id=MAMR9frHaGQC&printsec=frontcover&hl=it&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (free)
- Serpieri A., (1874a). *Sullo studio della perturbazione elettrica foriera del terremoto*. Rivista Scientifica-Industriale; Riportato in: *Scritti di Sismologia*, nuovamente raccolti e pubblicati da G. Giovannozzi, direttore dell'Osservatorio Ximeniano. Parte I, pagine 207-217. Tipografia Editrice Calasanziana, Firenze. <https://archive.org/details/scrittidisismol00serpgoog/page/n6/mode/2up> (free). (Link a Google libri) (free)
- Serpieri A., (1874b). *Il terremoto e le sue leggi*, Lezione popolare per l'inaugurazione dell'anno scolastico 1873-74 nell'Università di Urbino. Riportato in: *Scritti di Sismologia*, nuovamente raccolti e pubblicati da G. Giovannozzi, direttore dell'Osservatorio Ximeniano. Parte I, pag. 167-1##. Tipografia Editrice Calasanziana, Firenze. (Link a Google libri) (free)
- Shida R., (1886). *On Earth Currents*. Transaction of the Seismological Society of Japan. Volume IX, Parte I, pp. 32-501. https://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=372&file_id=19&file_no=1 (free)
- Schuster A. and Lamb H., (1889). *The Diurnal Variation of Terrestrial Magnetism*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Vol. 180, pp. 467-518.
<https://www.jstor.org/stable/90546>
- Symons G.J., (Editor), 1888. *The Eruption of Krakatoa and Subsequent Phenomena*. Report of the Krakatoa Committee of the Royal Society. Trubner, London, 494 pp.
https://openlibrary.org/books/OL6920796M/The_eruption_of_Krakatoa (free)
- Vannucci G., (1787). *Discorso istorico-filosofico sopra il tremuoto (...)*. Ed. Pallade, Cesena.
https://books.google.it/books?id=L1rXGKU1QXAC&printsec=frontcover&hl=it&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (free)
- Varley C.F., (1871). *Subterranean Electrical Disturbances*. Nature 3, 492.
<https://www.nature.com/articles/003492b0> (free)
- Vivenzio G., (1788). *Istoria de' tremuoti (...)*. Volume 1. Stamperia Regale, Napoli.
https://books.google.it/books?id=dDQAAAAAQAAJ&printsec=frontcover&hl=it&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (free)
- Warwick J.W., (1963). *Radio astronomical techniques for the study of planetary atmospheres*, in Radio astronomical and Satellite Studies of the Atmosphere, edited by J. Aarons, p. 400, North Holland, Amsterdam. https://www.scientificexploration.org/docs/4/jse_04_2_warwick.pdf (PDF free)
- Warwick J.W., Stoker C., Meyer T.R., (1982). *Radio emission associated with rock fracture: possible application to the great chilean earthquake of may 22, 1960*. J Geophys Res 87: 2851-2859.
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/JB087iB04p02851/abstract>
- Whipple G., (1887). *Instability of Freshly Magnetized Needles*. Nature 37, 128.
<https://doi.org/10.1038/037128a0> (free)
- Yasui Y., (1968). *A study of the luminous phenomena accompanied with earthquake*, part 1, Memèries of the Kakioka Magnetic Observatory, 13, 25-61. http://www.kakioka-jma.go.jp/publ/journal_DB/abstract_e.php?no=184& (Japanese PDF free)
- Yin News, mensile di informazione & cultura olistica: *Raffaele Stiattesi*, N° 2-3, Febb/Marzo 2017, pag. 16.
<http://www.libreriacristinapietrobelli.it/files/yin%20news%20febbraio%20marzo%202017.pdf> (PDF free)

Per ulteriori approfondimenti storici su personaggi e strumenti si invita a consultare le pagine del Progetto Tromos dell'INGV.

In particolare riguardo:

Studiosi e costruttori: <http://storing.ingv.it/tromos/STUNOM.htm#INTEST>

Strumenti sismici storici: <http://storing.ingv.it/tromos/STRNOM.htm#INTEST>

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/quaderni-di-geofisica.html/>

I QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) accolgono lavori, sia in italiano che in inglese, che diano particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari che necessitano di rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Per questo scopo la pubblicazione on-line è particolarmente utile e fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi. I QUADERNI DI GEOFISICA sono presenti in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics, e in "Open Access Journals" di Scopus.

QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) welcome contributions, in Italian and/or in English, with special emphasis on preliminary elaborations of data, measures, and observations that need rapid and widespread diffusion in the scientific community. The on-line publication is particularly useful for this purpose, and a multidisciplinary Editorial Board with an accurate peer-review process provides the quality standard for the publication of the manuscripts. QUADERNI DI GEOFISICA are present in "Emerging Sources Citation Index" of Clarivate Analytics, and in "Open Access Journals" of Scopus.

RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/rapporti-tecnici-ingv.html/>

I RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico come manuali, software, applicazioni ed innovazioni di strumentazioni, tecniche di raccolta dati di rilevante interesse tecnico-scientifico. I RAPPORTI TECNICI INGV sono pubblicati esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) publish technological contributions (in Italian and/or in English) such as manuals, software, applications and implementations of instruments, and techniques of data collection. RAPPORTI TECNICI INGV are published online to guarantee celerity of diffusion and a prompt access to published data. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favorisce la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV. In particolare, MISCELLANEA INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli, ecc. La pubblicazione è esclusivamente on-line, completamente gratuita e garantisce tempi rapidi e grande diffusione sul web. L'Editorial Board INGV, grazie al suo carattere multidisciplinare, assicura i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi sottomessi.

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favours the publication of scientific contributions regarding the main activities carried out at INGV. In particular, MISCELLANEA INGV gathers reports of scientific projects, proceedings of meetings, manuals, relevant monographs, collections of articles etc. The journal is published online to guarantee celerity of diffusion on the internet. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

Coordinamento editoriale e impaginazione

Francesca DI STEFANO, Rossella CELI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Progetto grafico e impaginazione

Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

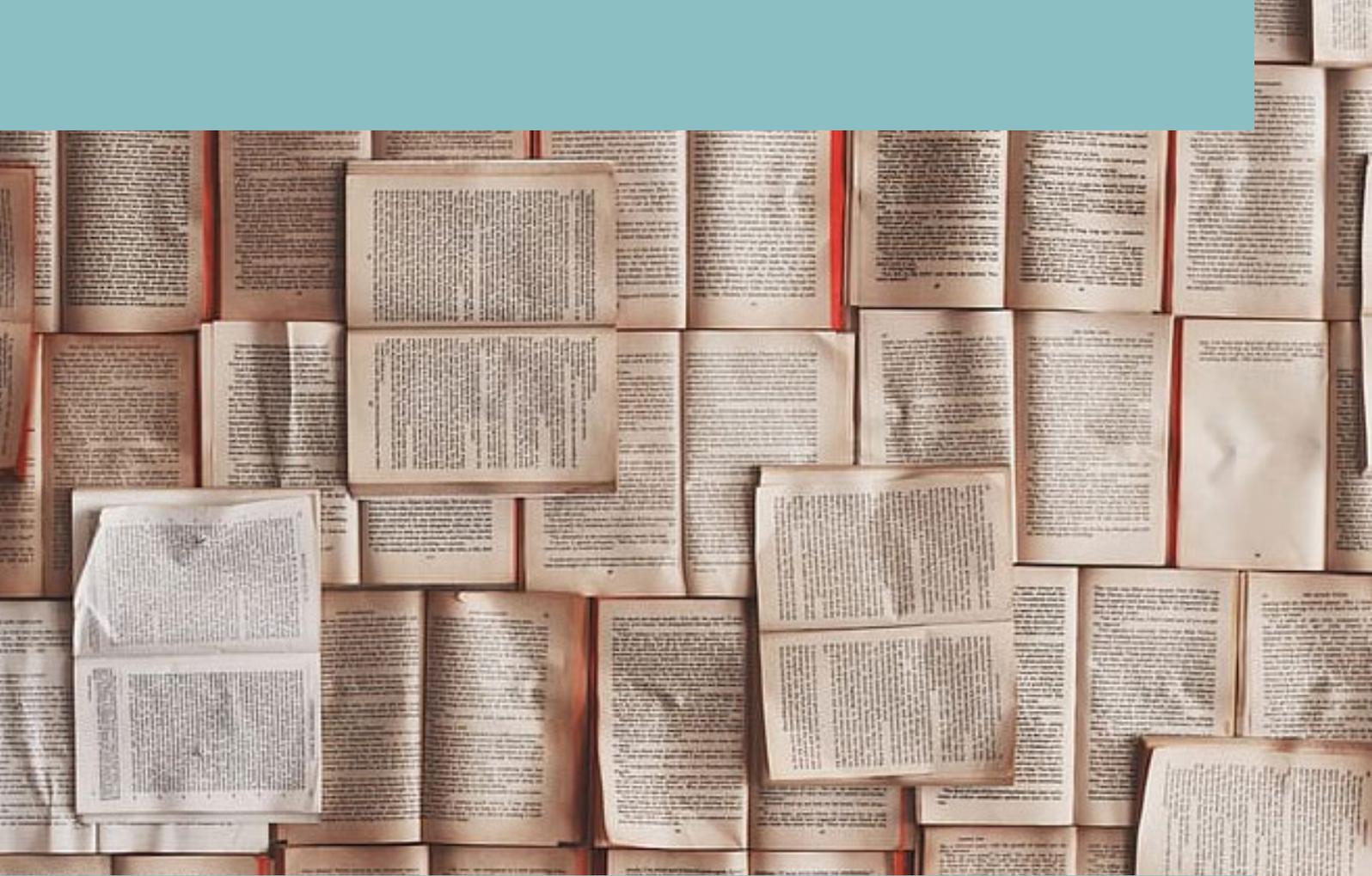
©2021

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605
00143 Roma
tel. +39 06518601

www.ingv.it



Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

