

Fotocopiato in proprio, distribuito gratuitamente, è gradita la collaborazione dei lettori - Il N. 30 è stato inviato a 19 lettori
Redazione: Ezio Mognaschi, v.le Gorizia, 63 - 27100 Pavia PV, tel. 0382 539522, posta elettronica: mognaschi@fiscavolta.unipv.it

Hanno collaborato a questo numero: A. Casarola ed il Gruppo ARI della Lunigiana, E. Mognaschi ed altri.

Sommario: Notizie, p. 1; Frattali ed antenne frattali, p. 1-3; La stazione di Pavia per la ricezione dei precursori elettromagnetici dei sismi, p. 3-6.

Notizie: * L'8.07.03 sono stati emanati due D.P.C.M.: il primo, pubblicato sulla *Gazzetta Ufficiale* n. 199 del 28.08.03, riguarda la fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz; il secondo, pubblicato sulla *Gazzetta Ufficiale* n. 200 del 29.08.03, riguarda le stesse tematiche, ma per i campi alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti. Nel primo decreto vengono specificati i seguenti limiti per il campo elettrico: per frequenze da 0.1 a 3 MHz 60 V/m, da 3 a 300 MHz 20 V/m, da 3 a 300 GHz 40 V/m; da 0.1 MHz a 300 GHz valori di attenzione ed obiettivi di qualità 6V/m. Nel secondo decreto il limite di esposizione è di 100 μ T per l'induzione magnetica e di 5 kV/m per il campo elettrico, mentre il valore di attenzione nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere il valore di attenzione scende a 10 μ T da intendersi come valore medio nelle 24 ore; mentre l'obiettivo di qualità scende a 3 μ T. Cosa significa? Per costruire una nuova abitazione nei pressi di un elettrodotto occorrerà prima verificare i valori di campo magnetico e non si potrà costruire se superano i valori predetti; per edifici esistenti spetterà all'ENEL, quando e se potrà, abbassare il livelli di campo a quelli del decreto.

* Nell'ambito del corso di Misurazione di campi elettromagnetici è in svolgimento una tesi sperimentale, in collaborazione con l'A.R.P.A. (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente) della Lombardia, Sede di Pavia, sulla misura dei campi elettromagnetici in prossimità delle due emittenti FM cittadine.

* Il 23° ciclo solare è ormai nella fase discendente. La novità di questo ciclo consiste nel fatto che esso mostra chiaramente due massimi distinti nella curva che interpola il numero di macchie solari. Questi massimi sono stati osservati, rispettivamente, nel gennaio 2000 e nel gennaio 2002. L'esistenza di due massimi era stata ipotizzata nel precedente ciclo (che aveva presentato un massimo piuttosto largo) ed ora se ne ha conferma. Questo significa che coesistono due distinti cicli solari con periodo leggermente diverso. I due massimi dovrebbero distinguersi ulteriormente in futuro e dovremmo, di conseguenza, osservare più rapidi e frequenti aumenti e diminuzioni del numero di macchie solari.

Frattali ed antenne frattali

di Ezio Mognaschi

Strutture fisiche con caratteristiche "frattali" esistono in natura da sempre, l'uomo ne ha poi costruite alcune ancor prima che venisse definita matematicamente e riconosciuta l'esistenza di notevoli proprietà geometriche delle forme cui è stato dato il nome di "frattale"

Lo spirito razionale che pervade la mentalità occidentale e che si può far risalire alla filosofia greca, ci ha condotto ad apprezzare forme e figure con proprietà semplici, ben definite e possibilmente simmetriche, nelle quali si potesse riconoscere una "regolarità".

Chi non ricorda la balla frusta, propinataci quando eravamo piccoli, secondo la quale la sfera è un solido perfetto?

Nella Bibbia, nel 1° Libro dei Re, scritto nel VI sec. a. C., oltre ad interessanti informazioni sulla costruzione del tempio di re Salomone (che regnò tra il 972 ed il 932 a.C.), è contenuta anche una descrizione del vestibolo del Tempio nella quale appare evidente la maniacale preoccupazione di realizzare un'opera perfetta e simmetrica. Dice, ad esempio, la Bibbia: "Salomone rizzò le colonne [in bronzo, realizzate - come afferma la stessa Bibbia - da un artigiano straniero, per mancanza di competenze a Gerusalemme!] nel portico del Tempio; una a destra e le pose nome Jakin; e l'altra a sinistra, e le pose nome Boaz." Poco oltre l'anonimo profeta, autore del testo, non si fa scrupoli di riferire grossolanamente che π , il rapporto tra la lunghezza della circonferenza e del suo diametro, è pari esattamente a 3. Dice sempre la Bibbia, a proposito di un cratere rituale: "Aveva dieci cubiti da una parte dell'orlo all'altra opposta, ed era tondo d'ogni intorno....ed un filo di trenta cubiti lo circondava d'ogni intorno". Si tratta forse della più antica, ma anche sicuramente della più grossolana, valutazione del valore di π che si conosca. Dunque potere e religione, strettamente unite nella persona del re, trionfano in un contesto di incompetenza, ignoranza e grossolanità, però la simmetria e la perfezione nella costruzione del Tempio è l'aspetto maggiormente evidenziato dall'autore del testo.

Nel mondo classico una sconvolgente eccezione, rispetto all'idea di regolarità e simmetria, fu rappresentata dal "labirinto", una struttura necessariamente non regolare, legata allo spaventoso mito del Minotauro, nella quale era

quasi inevitabile perdersi e cadere in pasto al mostro. Appunto ad indicare il pericolo di strutture non regolari era prevista la morte per chi avesse sfidato con insuccesso il labirinto, mentre la fama eterna era per chi l'avesse vinto. La nostra mentalità razionale si è sforzata, però, di trovare anche per il labirinto l'antidoto: il filo di Arianna che permette all'eroe di salvarsi, con il condimento sentimentale-piagnucoloso dell'eroina sedotta ed abbandonata.

Chi non ricorda, a proposito di regolarità, le proporzioni semplici tra i suoni armonici scoperte e ricercate da Pitagora? Anche queste sono durate poco: la scoperta che la diagonale del quadrato, calcolata con il teorema che prende nome proprio da Pitagora non è in rapporto razionale con il lato, gettò gli antichi filosofi nella più profonda disperazione ed incredulità e ci volle qualche sforzo cerebrale per rendere rassegnata l'umanità ai rapporti non razionali.

Con il progresso della geometria sono poi state descritte, con equazioni algebriche, le più semplici ed utili curve: l'equazione della circonferenza che, ad esempio, descrive l'arco (a tutto sesto od ogivale), l'equazione della parabola per una corda uniformemente caricata, quella della catenaria per una fune o catena omogenea sospesa agli estremi, l'ellisse per il moto dei corpi celesti e così via. Chi non ricorda i penosi sforzi per trovare una relazione tra le orbite dei pianeti ed i poliedri regolari e per descrivere i diversi cieli che circonderebbero la Terra nella visione di Keplero, grande matematico ed astronomo, costretto a simili acrobazie mentali solo per guadagnare di che vivere facendo l'astrologo?

Ma esistono oggetti che non si possono descrivere con queste semplici curve o semplici solidi: un albero, una nuvola, il percorso di un fulmine, la geografia di una costa, la distribuzione degli ammassi galattici, un cristallo cresciuto a dendrite, i salti di una cavalletta, il moto browniano...il caos! Ecco, siamo arrivati a quanto sembra il massimo del disordine: il caos. E poi guardiamo il comportamento dell'uomo nella storia e nella vita quotidiana: le rivoluzioni, le decisioni politiche, i mercati finanziari, l'insorgere di epidemie, i disastri naturali, cosa li regola? Se guardiamo - sui giornali o alla televisione - l'andamento della borsa scopriamo una linea spezzata, senza alcuna apparente regolarità, infatti è praticamente impossibile prevedere il suo futuro andamento; sarebbe bello, chi vi riuscisse potrebbe guadagnare molto! C'è una legge semplice che descrive tutte queste cose? Sembra di no. Se consideriamo altre disgrazie come le malattie, i terremoti, le alluvioni, gli sconvolgimenti climatici, l'unica cosa che, sinora, siamo in grado di fare è un'analisi statistica la quale, tutt'al più, ci dice la probabilità di un evento futuro in base a quello che è successo in passato. Così, se in un inverno tu hai preso due volte l'influenza mentre io nemmeno una, in media, ciascuno di noi ha avuto, democraticamente, la sua influenza. Ovviamente questo discorso non si può fare limitatamente a due individui, ma bisogna considerare una collettività. Il discorso è comunque idiota e non serve a gran che, salvo a prevedere i posti letto che deve avere un ospedale o il numero di bare da tenere a disposizione per una data popolazione.

Immaginiamo il seguente esperimento molto casalingo: ritagliamo alcuni quadrati di foglio di alluminio (quello che si usa in cucina) di diversa misura, ma tutti dello stesso spessore. Prendiamo nota della misura del lato e poi accartocchiamo i diversi quadrati facendo delle palline con una pressione regolare, ma non eccessiva. Poi misuriamo il diametro delle diverse palline, più o meno grandi, ottenute e riportiamo in grafico il diametro D delle palline in funzione della misura del lato d del quadrato. Si scoprirà con meraviglia che la legge che lega queste due grandezze è del tipo: $D = kd^\gamma$ con $\gamma \cong 1.8$, cioè l'esponente non è intero come, ed esempio nella relazione tra volume V e raggio R di una sfera: $V = 4\pi R^3/3$.

A metà degli anni '70 il matematico francese Benoît Mandelbrot descrisse, per primo, alcune figure geometriche caratterizzate da una ripetizione all'infinito di una forma fondamentale, queste figure, note come "frattali", dal latino *fractus*, frazionato, hanno affascinato scienziati, matematici ed artisti e ciascuno ne ha colto un aspetto: i matematici hanno trovato le particolari leggi che le descrivono, altri scienziati hanno scoperto frattali da tutte le parti, gli artisti grafici, con l'uso di calcolatori capaci di ripetere moltissime volte un'operazione in poco tempo, hanno creato graziosi quanto noiosi disegni.

Esistono però altri frattali nei quali la ripetitività non è evidente, questi manifestano un disordine a corto raggio ed un ordine a lungo raggio.

Il mio incontro con i frattali avvenne nel 1980 quando, analizzando insieme ad un collega, allora giovane ed ora famoso fisico teorico, alcuni dati sperimentali che avevo ottenuto da misure di costante dielettrica in funzione della temperatura, in un particolare cristallo in prossimità di una transizione di fase, ci accorgemmo che la legge di potenza che descriveva i risultati era una legge con esponente frazionario, uno tra i primi esempi di frattale in fisica.

Ricordo poi, nel 1994, un seminario sulle "Fractales Harmonie" con l'ascolto di brani di musiche frattali nelle quali i rapporti armonici non erano tra numeri interi come nella musica classica. Interessante, ma, alla fine, noiosetto!

Ma cosa c'entrano i frattali con la radio? C'entrano eccome, adesso vediamo. Pensiamo ad una semplice antenna a telaio, costituita da una sola spira quadrata (fig. 1), è l'antenna Quad con, ad es., il perimetro $l = \lambda$. Adesso sopprimiamo il terzo centrale di ogni lato e sostituiamolo con una spezzata come in fig. 2, ne risulta una figura un po' strana, che utilizza un po' più di filo ($l = 5\lambda/3$) e quindi, a parità di ingombro, risona ad una frequenza un po' più bassa. Tutto qui? No! Continuiamo a sopprimere il terzo centrale di ogni lato ed a sostituirlo come prima; alla seconda iterazione del processo la figura diventa più complicata (fig. 3) la lunghezza del filo sempre un po' maggiore ($l = 25\lambda/9 = 5^2\lambda/3^2$), la frequenza un po' più bassa. Abbiamo applicato un processo che si può ripetere, teoricamente, all'infinito, in pratica ci si deve fermare quando non si riesce più a piegare il filo. Per l' n -esima iterazione è $l = 5^n\lambda/3^n$. Si noti che le successive frequenze di risonanza non sono sottomultiple secondo numeri interi della frequenza di risonanza dell'antenna Quad.

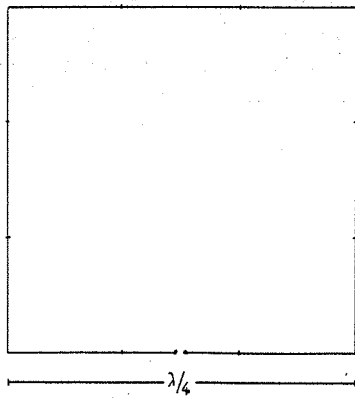


Fig. 1

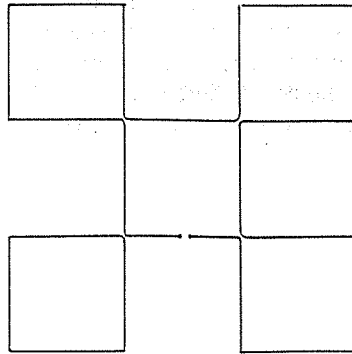


Fig. 2

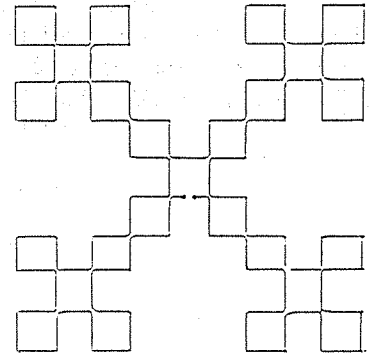


Fig. 3

(segue)

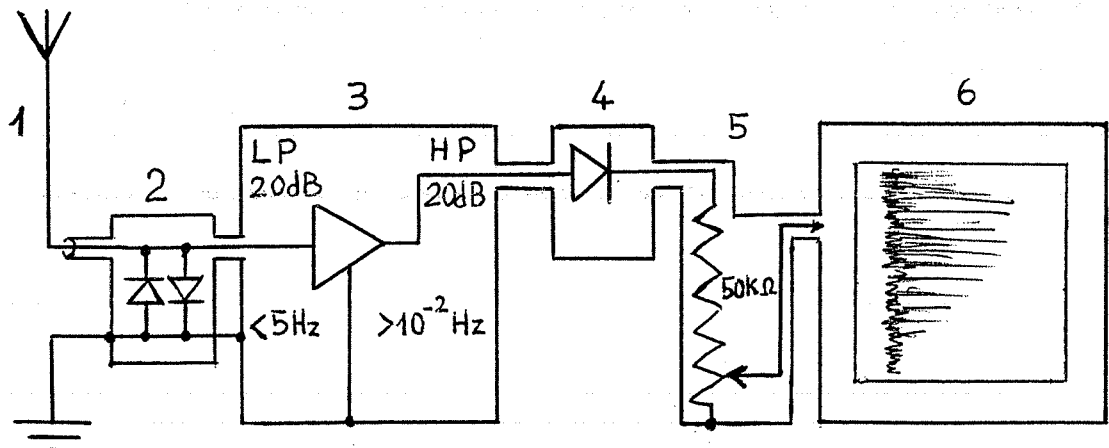
La stazione di Pavia per la ricezione dei precursori elettromagnetici dei sismi di Ezio Mognaschi

A) Descrizione della stazione

I primi tentativi per ricevere i cosiddetti precursori elettromagnetici dei sismi risalgono a diversi anni fa; le prime registrazioni che conservo risalgono all'ottobre 2000, ma tentativi sporadici risalgono ad almeno 5 anni prima. Dopo mesi di sperimentazioni e di prove, durate sino a ottobre 2002 e dopo un'interruzione forzata, tra ottobre 2002 e maggio 2003 (dovuta a gravi difficoltà incontrate dallo scrivente con i direttore del Dipartimento di allora per condurre la propria attività di ricerca in questo settore), dal giugno 2003 la stazione ricevente di Pavia ha assunto una configurazione praticamente definitiva e, dal settembre 2003, sono in corso registrazioni continue.

La stazione, il cui schema a blocchi è riportato qui sotto, è attualmente alloggiata in un laboratorio al secondo (ed ultimo) piano del Dipartimento di Fisica "A. Volta" dell'Università di Pavia, sito in via A. Bassi, 6 a Pavia. Si tratta di una zona periferica, in prossimità della tangenziale ovest della città. La stazione si compone delle seguenti parti:

1) Antenna ricevente, 2) Circuito limitatore, 3) Filtro passabanda, 4) Rivelatore di precisione, 5) Attenuatore, 6) Registratore a carta, 7) Sistema temporizzatore. La sensibilità del complesso è di $1 \mu\text{V}$ per una deviazione di 1 cm del pennino registratore.



Vediamo ora la descrizione delle varie parti ed il perché di determinate scelte. Queste ultime sono state effettuate in base all'esperienza acquisita ed alla disponibilità di strumentazione e di *know-how*.

1) L'antenna è un'antenna elettrica omnidirezionale formata da un pezzo di filo di rame, rigido, verticale, tenuto teso - lungo la parete interna del muro perimetrale dell'edificio ed a pochi centimetri da esso - da due isolatori di

porcellana del tipo di quelli usati sino agli anni '50 negli impianti elettrici. Il filo è lungo 2.60 m ed il suo diametro è di 2 mm. Uno spezzone di cavo coassiale, della lunghezza di circa 1 m, collega l'antenna alla scatola contenente il circuito limitatore. Questo pezzo di cavo presenta una capacità di circa 100 pF. Perché un'antenna elettrica? Alle frequenze scelte per la ricezione (< 5 Hz) un'antenna magnetica, basata sulla legge dell'induzione elettromagnetica, è scarsamente sensibile, inoltre presenta generalmente una bassa impedenza che, a meno di interporre un adattatore d'impedenza, praticamente cortocircuiterebbe l'ingresso del ricevitore. Le antenne magnetiche sono, inoltre, direzionali e non si voleva privilegiare alcuna particolare direzione rispetto ad altre. Come mai vicino al muro? Alle frequenze ricevute il muro in mattoni è praticamente trasparente e non diminuisce la sensibilità dell'antenna. Come mai un'antenna così corta? Come si vedrà in seguito la sensibilità ottenuta con questa antenna è sufficiente allo scopo, un'antenna più lunga, in grado di captare un maggiore segnale (e maggiori disturbi), potrebbe portare il ricevitore in saturazione.

2) Il **circuito limitatore** è costituito da una coppia di diodi in opposizione, collegati tra il conduttore centrale del cavo coassiale e terra ed ha il solo scopo di proteggere il successivo filtro da segnali che accidentalmente superassero 6 V di picco. Il circuito è alloggiato in una piccola scatola di alluminio che porta due connettori BNC, uno per l'ingresso d'antenna, l'altro per il collegamento al filtro.

3) Il **filtro** è il primo circuito attivo ed è la parte principale e più costosa del sistema ricevente. È un'apparecchiatura di produzione industriale, fabbricata nel 1989, dalla ditta americana Krohn-Hite, mod. 3342. Si compone di due sezioni identiche, poste in serie con frequenze di taglio selezionabili tra 10^{-3} Hz e 10^5 Hz, l'apparecchiatura è alimentata dalla rete. La prima sezione viene utilizzata come filtro passa-basso con frequenza di taglio selezionata a 5 Hz, in modo da eliminare subito all'inizio eventuali, forti segnali indesiderati. La seguente sezione è utilizzata come filtro passa-alto con frequenza di taglio fissata a 0.01 Hz. La ripidezza dei fianchi del filtro è di ben 48 dB per ottava. Il guadagno di ciascuna sezione è selezionabile a 0 oppure 20 dB e quest'ultimo valore è stato scelto, di modo che il guadagno complessivo del filtro è di 40 dB, cioè è pari a 100 volte in tensione. L'impedenza d'ingresso è di 100 M Ω in parallelo a 100 pF, mentre quella d'uscita è di 50 Ω . Il perché della scelta effettuata per la banda passante è una lunga storia e riflette diversi anni di sperimentazione sul rumore presente *in loco*. Innanzi tutto ho deciso di escludere la frequenza di rete e quelle superiori ove sono presenti le sue armoniche in considerazione della loro intensità e variazione casuale di intensità durante la giornata. Per questo scopo non è stato ritenuto opportuno usare dei filtri *notch*, anche perché, in banda ELF sono presenti diversi segnali naturali (e non) e ritengo più vantaggioso eliminare tutta la banda ELF piuttosto che ritagliarne delle parti. Inoltre, a frequenze di 7 Hz e superiori sono presenti le risonanze di Schumann e graziose, quanto indesiderate, emissioni di computer (forse segnali di quadro dei monitor a tubo catodico). Per quanto riguarda il limite inferiore della banda, questo è risultato da un compromesso tra tenere la banda più larga possibile ed un curioso inconveniente che si manifesta quando la banda ha un limite inferiore molto più basso di quello scelto. In presenza di un forte impulso disturbante, il filtro entra in oscillazione (*ringing*) e l'oscillazione si smorza in un tempo pari a circa l'inverso della frequenza di taglio inferiore. Con una frequenza di taglio di 0.01 Hz l'uscita del filtro torna a zero, dopo un forte impulso, in circa 100 s, un tempo accettabile; se la frequenza di taglio fosse, ad es., 0.001 Hz il filtro oscillerebbe per circa 1000 s, un tempo inaccettabile.

4) Il **rivelatore** utilizzato è quello presentato in *Radioonde* N. 21. Si tratta di un rivelatore di precisione contenente un operazionale a guadagno variabile, seguito da un rettificatore ad onda intera e da un circuito di integrazione. È anch'esso un circuito attivo e prende l'alimentazione rubando un po' di corrente all'alimentatore del filtro, si tratta di pochi mA a ± 9 V. Il furto viene perpetrato per mezzo di un cavo schermato a due conduttori, oltre la calza esterna, che collega filtro e rivelatore. La caratteristica principale del rivelatore di precisione è di presentare una risposta complessiva lineare da alcuni volt sino a circa 1 mV. Un circuito passivo, basato solo su diodi a stato solido, è invece praticamente insensibile sotto circa 0.5 V e necessita non solo di amplificazione prima della rivelazione, ma è fortemente non lineare. Nel rivelatore di precisione la necessaria non linearità dei diodi viene corretta dall'amplificazione che è variabile e viene automaticamente variata a seconda dell'intensità del segnale in ingresso. L'impedenza d'uscita del rivelatore è di circa 10 k Ω , valore accettabile in considerazione dell'impedenza del circuito che segue. La costante di tempo del circuito integratore è stata scelta empiricamente provando diversi valori del condensatore in uscita. Un buon compromesso tra il desiderio di registrare i transienti che caratterizzano i precursori sismici e quello di diminuire il valore di picco del rumore è stato ottenuto con una capacità di 1 μ F. L'uscita del rivelatore è dunque una tensione continua, cui è sovrapposto il rumore. Il segnale di uscita, prima di essere applicato all'ingresso del registratore, deve essere attenuato, altrimenti il registratore va oltre fondo scala.

5) L'**attenuatore** è un potenziometro Helipot a 10 giri, a filo metallico da 50 k Ω . Il segnale all'uscita del rivelatore è applicato, sempre per mezzo di cavo schermato, agli estremi del potenziometro, mentre il segnale attenuato è prelevato dal cursore. Questo potenziometro rende possibile la regolazione fine del guadagno complessivo del sistema ricevente. Per ottenere il guadagno usato attualmente, corrispondente alla deviazione di 1 cm del pennino registratore per un segnale in antenna di 1 μ V, il potenziometro è posizionato a 0.30 giri cioè a poco meno di un terzo del primo dei 10 giri. L'attenuazione è di circa 333 volte in tensione, cioè circa 50 dB.

6) Il **registratore** a carta è un pezzo da museo. Costruito negli anni '60 del secolo scorso dalla ditta FAS (Fabbrica Apparecchi Scientifici) di Milano, mod. RE 10/1-BZ, è contenuto in una cassa parallelepipedica pressofusa delle dimensioni di $0.5 \times 0.5 \times 0.4$ m³, con coperchio e connettori a tenuta stagna, la sua massa è di circa 50 kg. L'elettronica

comprende quattro triodi amplificatori di tensione ed un pentodo di potenza che pilota un motore il quale trascina la penna. Presenta una eccezionale stabilità sia meccanica, sia elettronica. L'impedenza di ingresso è di 5 k Ω e la sensibilità è fissa e comporta la deviazione di 25 cm della penna per un segnale in ingresso di 1 mV. Era stato progettato e costruito per registrare la tensione di una termocoppia per il controllo della temperatura di qualche processo industriale; raramente si possono trovare in commercio registratori così sensibili. La carta viene trascinata da un motorino elettrico sincrono di fabbricazione svizzera (Sonceboz), seguito da un primo castello di riduzione della velocità che porta la rotazione ad un giro ogni 10 minuti. Vi è poi un secondo sistema di ingranaggi, con coppie di ruote intercambiabili, per ottenere 8 diverse velocità. La più bassa velocità della carta che si può avere è di circa 92 mm all'ora. La penna scrivente è una biro da serrare all'equipaggio mobile; la carta, in rotoli, viene tuttora fornita dalla ditta Barbè di Mortara (PV), specializzata nella stampa di carta millimetrata. Per economia ogni rotolo viene scritto più volte, con tracce parallele, spostate di qualche centimetro. A seconda del numero di tracce utilizzate un rotolo di carta dura uno o due mesi. Se c'è poco rumore una biro dura una settimana.

7) Il sistema temporizzatore è l'acquisizione più recente. Comprende un orologio al quarzo Theben TR611 che può essere programmato per chiudere un interruttore ad ore fissate e per un determinato tempo, inoltre mostra l'ora e la data in modo digitale ed automaticamente commuta sull'ora legale o solare alle date stabilite. È stato programmato in modo da chiudere per 1 s l'interruttore ogni ora e per 30 s alla mezzanotte. Un apposito oscillatore a 5 Hz è sempre in funzione e l'interruttore del temporizzatore invia il segnale dell'oscillatore, tramite un lasco accoppiamento capacitivo, all'ingresso del sistema ricevente. Il risultato è costituito da brevi impulsi ogni ora ed un impulso lungo 30 s alla mezzanotte, ora italiana.

Il sistema ricevente sopra descritto necessita di frequenti controlli per quanto riguarda il regolare scorrimento della carta, il periodico riavvolgimento del rotolo, il rifornimento della carta, la sostituzione della biro e l'annotazione a mano dell'ora e della data in corrispondenza degli impulsi orari. Dall'esame quotidiano dei tracciati ho imparato a distinguere diversi segnali: segnali impulsivi isolati, connessi con l'attivazione di qualche grande carico alla rete, segnali impulsivi dovuti alle scariche elettriche dei temporali, ed altri. Un disturbo transiente veniva provocato dall'accensione del monitor a colori di un PC posto nelle vicinanze: era l'impulso di corrente di smagnetizzazione, precauzionalmente inviato ad apposite bobine che circondano il tubo catodico ad ogni accensione, per eliminare la memoria magnetica dei materiali del monitor al fine di eliminare distorsioni cromatiche. È bastato allontanare di qualche metro il PC dall'antenna per eliminare questo disturbo. Un caso più intrigante si è verificato nel dicembre 2003. Ad un certo punto è comparso un fortissimo disturbo che durava qualche ora ed era in grado di oscurare completamente la sensibilità del sistema ricevente e di scaricare la biro in due giorni. Una domenica, quando non c'era nessuno in Dipartimento, ho girato tutto l'edificio, di complessivi 4 piani e lungo circa 300 m, sia all'interno, sia lungo il perimetro esterno con un ricevitore VLF portatile ed ho localizzato il punto di massima intensità del rumore. Nessuna particolare apparecchiatura elettrica era presente e funzionante in prossimità della sorgente di rumore. Ho notato inoltre che il rumore aveva una cadenza periodica di circa un secondo. Un rapido consulto con un tecnico del Dipartimento ha fatto sospettare l'origine dei disturbi nel sistema ad alta tensione che qualche imbecille ha fatto installare sui tetti e lungo le grondaie dell'edificio per tenere lontani i colombi, senza, peraltro, riuscire a scacciarli. I colombi hanno imparato a stare lontani dai conduttori sotto tensione e continuano a frequentare i tetti; il risultato è che sono stati spesi un bel po' di soldi, è stato creato un pericolo ed un impaccio per chi fa manutenzione a tetti e grondaie ed è stato creato un bel po' di rumore elettromagnetico. Una incursione, sempre domenicale, al luogo dove c'è l'interruttore generale dell'alimentazione del sistema anti-colombi ha permesso di disattivarlo clandestinamente. Tutto è apparentemente normale, cioè i colombi stanno sempre lontani dalle grondaie e quindi nessuno li vede e nessuno si lamenta, però è cessato il disturbo elettromagnetico. Questo era verosimilmente dovuto a scariche che si verificavano, a causa della condensazione dell'umidità atmosferica, in alcune ore del giorno, su uno o più isolatori che sostengono i fili sotto tensione. In condizioni di gelo o di prolungato sole non si aveva disturbo, mentre nelle ore di disgelo e finché non era evaporata tutta l'acqua, alcuni isolatori scaricavano.

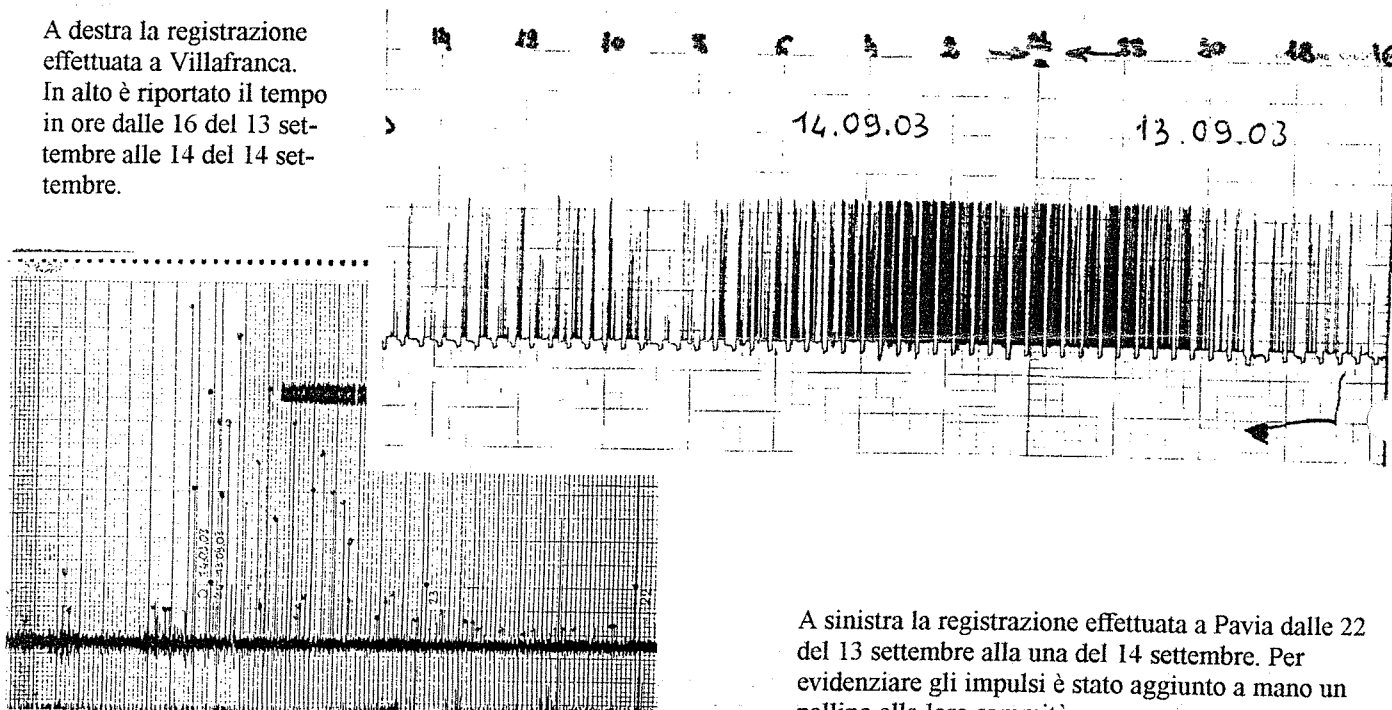
Il rumore proprio del registratore è praticamente invisibile, cioè è minore dell'ampiezza della traccia di una biro. Il rumore elettronico del filtro, con ingresso ad alta impedenza aperto, insieme a quello del rivelatore, è di circa 0.3 μV_{pp} , cioè la traccia della biro oscilla in una striscia ampia 3 mm. Quando si collega l'antenna, il rumore aumenta ed è di 4 o 5 mm nei giorni di basso rumore, ma può diventare di alcuni cm, cioè di alcuni μV_{pp} , in momenti particolarmente rumorosi. Voglio ribadire un concetto generale e molto importante per l'effettuazione di misure o di osservazioni: quando il sistema di misura, attraverso il suo sistema di amplificazione, permette di vedere il rumore (ovviamente non solo il proprio, cosa banale ed inevitabile), ma anche il rumore captato dall'antenna, allora non è il caso di aumentare molto l'amplificazione. Il rumore costituisce un limite. Questo limite è fortunatamente non invalicabile, ma per valicarlo occorre l'uso di particolari tecniche. Normalmente, però, se si vede (o si sente) il rumore, l'amplificazione non deve essere aumentata oltre una certa misura pena la possibilità di intermodulazione tra segnali e/o la saturazione di qualche stadio.

B) Una recente osservazione effettuata a Pavia, paragonata a quella effettuata a Villafranca (MS)

I lettori ricorderanno il sisma di magnitudo $M = 5.60$ avvenuto il 14.09.03 alle 21:42:51 UTC, con epicentro a 44.33° N e 11.45° E (dati ottenuti dal sito <http://neic.usgs.gov>) nell'Appennino Modenese. Si è trattato del più intenso sisma avvenuto nell'Italia settentrionale negli ultimi anni. La mattina successiva apprendo la notizia dal GR delle 7 e

corro in Dipartimento a controllare la registrazione. Trovo un segnalino proprio alle 23.43 ora estiva italiana (UTC +2) della notte del 14. Una coincidenza? Forse. Comunque lo scopo non è quello di osservare quello che succede durante, bensì quello che succede prima o molto prima di un terremoto. Svolgo il rullo e trovo, circa 24 ore prima, una successione di intensi impulsi caratterizzati da una ripida crescita tra le 22 e le 24 del 13 settembre. Gli impulsi decrescono rapidamente e spariscono verso l'una di notte del 14 settembre. In queste ore non era in corso alcuna attività temporalesca e posso escludere anche sciagurate attività elettromagnetiche locali che, quando presenti, hanno sempre avuto diverso aspetto. In basso a sinistra è riportata la registrazione effettuata a Pavia. Si ricordi che il tempo cresce da destra a sinistra. Date ed ore, espresse in ora estiva italiana, sono riportate sulla registrazione.

A destra la registrazione effettuata a Villafranca. In alto è riportato il tempo in ore dalle 16 del 13 settembre alle 14 del 14 settembre.



A sinistra la registrazione effettuata a Pavia dalle 22 del 13 settembre alla una del 14 settembre. Per evidenziare gli impulsi è stato aggiunto a mano un pallino alla loro sommità.

A questo punto occorre una conferma, mando allora un messaggio ad Angelo Casarola che è il mio contatto con il gruppo di radioamatori, coordinato da Alfredo Bernardi I5JRV, che da anni registra a Villafranca Lunigiana (MS) precursori elettromagnetici in banda VLF. Il loro sistema ricevente si compone di 4 antenne a telaio, del diametro di 1 m, orientate ogni 45°; la banda ricevuta va da 70 Hz a 150 kHz con filtro *notch* a 50 Hz. A giro di posta elettronica ottengo da Angelo il file relativo alla notte tra il 13 ed il 14 settembre e il permesso di farne parte i lettori di *Radioonde*. Lascio al lettore giudicare l'eccezionale coincidenza (pur con alcune diversità, dovute forse alle differenti bande osservate ed al diverso guadagno dei ricevitori) tra la registrazione di Pavia e quella di Villafranca riportata sopra a destra.

Le stazioni di Pavia e di Villafranca distano tra loro circa 118 km. Segnali intensi per entrambe, con un picco di 15 μV per Pavia e tale da mandare in saturazione il ricevitore di Villafranca, non può essere di origine locale per entrambe le stazioni, quindi deve essere stato originato ad una distanza da ciascuna dell'ordine di quella che separa tra loro le due stazioni o maggiore, però più vicino alla stazione di Villafranca che a quella di Pavia in considerazione delle intensità dei segnali ricevuti dalle due stazioni. L'epicentro del sisma del 14.09.03 dista da Villafranca 119 km e 203 km da Pavia. Queste distanze sono congruenti con le considerazioni precedenti.

Una caratteristica che sembra comune a quei segnali che riteniamo precursori elettromagnetici, è quella di essere costituiti da brevi *spikes*, cioè brevi impulsi la cui intensità dapprima cresce nel tempo e poi decresce più rapidamente di quanto è cresciuta. Questi impulsi sono separati tra loro, ma costituiscono un gruppo di forma caratteristica estendentesi nel tempo per qualche ora e precedente i relativi sismi di qualche ora, o di parecchie ore. Questi brevi impulsi assomigliano moltissimo a quelli osservati prima ed alla frattura macroscopica di campioni di roccia (v. *Radioonde* N. 12), e la loro caratteristica di essere temporalmente "brevi" comporta un ampio spettro in frequenza. Questo rende conto della possibilità di osservare contemporaneamente questi segnali su più bande: ad es. in ULF a Pavia ed in ELF-VLF a Villafranca. La spiegazione del più o meno lungo intervallo di tempo che separa i precursori dal terremoto potrebbe essere la seguente: dopo la fase di microfratturazione delle rocce che dà origine ai segnali elettromagnetici, si verifica il fenomeno della dilatazione delle rocce e la penetrazione per capillarità di fluidi (acqua) nelle microfratture. Questo fatto ha due conseguenze: aumenta la conducibilità elettrica delle rocce e quindi si attenua od annulla la produzione di precursori elettromagnetici ed inoltre aumenta la pressione all'interno delle microfratture che favorisce il cedimento delle rocce o lo scorrimento di parte di esse rispetto ad altre. Quest'ultimo fatto è stato verificato sperimentalmente sia con l'iniezione di fluidi nel sottosuolo sia, più semplicemente, studiando la sismicità indotta dal riempimento di grandi invasi d'acqua.