

Il meteorioide del Trasimeno (6-7 Settembre 1997)

Report di osservazioni in visuale e in radio

Enrico Macchia Flavio Falcinelli

Sommario—Si presentano gli esiti di un'indagine condotta su un meteorioide che attraversò i cieli dell'Italia centrale nella notte fra il 6 ed il 7 settembre 1997, prospettando una ricostruzione del fenomeno secondo le testimonianze raccolte e si mostrano le risultanze per una probabile ionizzazione quale effetto in relazione diretta con il passaggio del meteorioide secondo analisi condotte in radio (VLF-ELF) da una stazione non professionistica.

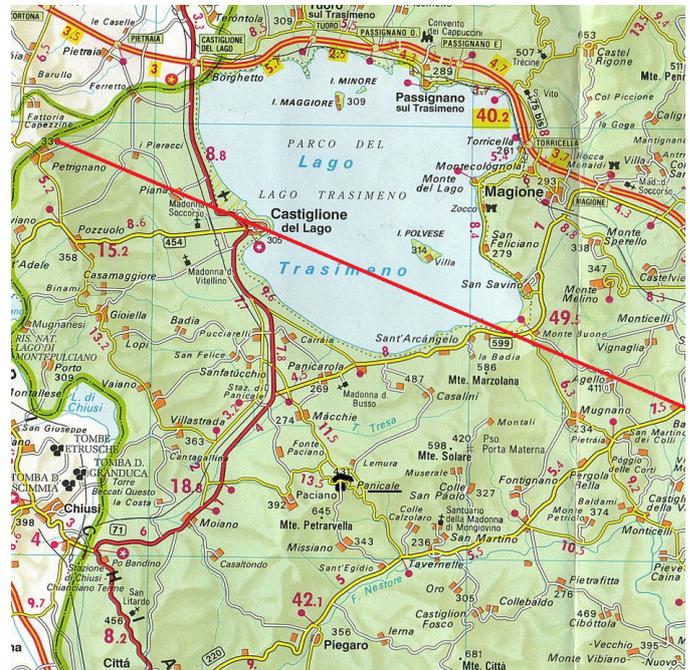
Keywords - Chiavi d'indicizzazione e ricerca. Bolide, meteorioide, radioastronomia, VLF, ULF, onde lunghe.

DURANTE LA NOTTE fra il 6 ed il 7 settembre 1997, un meteorioide di inusuali dimensioni ha attraversato il centro Italia. Il corpo, di qui in poi identificato come *il meteorioide del Trasimeno* avendo in questa zona manifestato eccezionali effetti di luminescenza, è stato avvistato da numerose persone per il bagliore e lo splendore inconsueto che ha originato in cielo. Dal giorno seguente l'avvistamento, l'Associazione¹ si adoperò a raccogliere testimonianze e documentazioni al fine di fornire la maggiore quantità d'informazioni possibili.

Il fenomeno è stato osservato anche da membri dell'Associazione, il che ha permesso di scremare le varie testimonianze riconducendole entro filoni di sufficiente e provata scientificità. Altre testimonianze, raccolte in un ampio lasso di tempo, successivamente all'evento da inesperti di questioni astronomiche hanno presentato descrizioni che mostravano sin dalla prime parole del racconto notevole aderenza alla realtà: ad oltre quindici giorni dall'evento, lo stesso era ancora vivo nella memoria degli intervistati che rendevano dichiarazioni conformi alle prime testimonianze raccolte, non consentendo alla fantasia, che spesso

Si ringraziano il Dr. Giordano Cevolani e il Dr. Gianfranco Sinigaglia del CNR di Bologna per l'attenzione mostrata a questo scritto e i consigli forniti.

¹Quest'articolo fu scritto per essere pubblicato sul n. 35 della rivista *PEGASO* edita allora dall'Associazione Astronomica Umbra: l'ultimo numero pubblicato fu il 34. Il documento fu presentato in rete l'anno seguente sul sito internet dell'associazione, in seguito anch'esso decaduto. In occasione di questa pubblicazione sono state operate alcune modifiche, quasi esclusivamente di ordine stilistico.



La traiettoria del bolide come ricostruita secondo le testimonianze raccolte

i ricordi generano, di sopravanzare sulla realtà. I testimoni, sui luoghi maggiormente interessati, sono stati ascoltati singolarmente per evitare che i racconti si influenzassero: quindi le versioni sono state poste a confronto anche alla presenza di più testimoni per dare alle singole dichiarazioni un significato univoco.

Le domande poste erano in ordine ai seguenti punti: a) direzione (traiettoria) del corpo; b) luminosità del fenomeno; c) colore e bagliori; d) scia o scie; e) rumori o sibili nel corso del fenomeno o successivi alla scia; f) direzione di caduta dei frammenti; g) altre particolarità rilevate. Quanto sopra perché la presentazione delle testimonianze, se non obiettiva e limata di immancabili impurità rischia di falsare la cronaca di un fenomeno che presenta caratteristiche di rarità ed eccezionalità.

I. OSSERVAZIONI VISUALI, EFFETTI CORRELATI

Il fenomeno si è manifestato nei cieli dell'Umbria in un intervallo temporale individuato fra le 00.15 e le 00.30 di tempo locale di domenica 7 settembre

1997 (22.15 e le 22.30 UT di sabato 6 settembre 1997). La ricostruzione si fonda sul resoconto di osservatori veritieri posti nelle seguenti località: Pianello di Cagli, Gubbio (Montefiore, Montegranelli e Madonna del Ponte), Perugia Monte Tezio, Collazzone, Todi, Castiglion del Lago, Magione, Passignano sul Trasimeno.

I testimoni siti in Montefiore (Gubbio) dichiarano di aver visto una scia di luce azzurra molto intensa solcare il cielo e rischiarare all'improvviso la notte come se fosse giorno; medesima descrizione è resa da testimoni siti in località Montegranelli (Gubbio), ma qui un testimone ha raccontato di una luce rossastra, di durata superiore a dieci secondi, che ha illuminato il cielo mentre dai lati esterni della scia dipartivano delle scintille di colore blu; lo stesso riferisce anche di aver inteso un tremore, come di vibrazione tellurica.

Un testimone sito in località Pianello di Cagli, in ottimali condizioni di buio, riferisce di un bagliore improvviso in cielo cui ha fatto seguito dopo 5-6 secondi una enorme *stella cadente* con una vistosa scia gialla che è andata a morire con un sordo boato. Il testimone colloca il fenomeno fra le 00.15 e le 00.20 LT in quanto ricorda di aver telefonato poco prima alla propria madre e di averle detto che era mezzanotte e dieci: il fenomeno è accaduto pochi minuti dopo.

Un membro dell'Associazione, Luca Casoli, studente (all'epoca) in ingegneria elettronica, ha osservato il fenomeno da località Madonna del Ponte (Gubbio), e stima l'ora, con incertezza di pochi minuti, intorno 00.30 LT del 7 settembre 1997: l'orario concorda abbastanza con un'altra testimonianza raccolta sul Lago Trasimeno di cui si dirà. Il testimone si trovava al centro di una festa locale, e racconta che in quel momento era investito dal fascio luminoso di una dozzina di lampade alogene da 2000 W ciascuna, e pure in quella situazione di luci abbaglianti ha stimato il fenomeno di una magnitudine non inferiore alla -17. Racconta di aver osservato il corpo in un moto a discesa verticale in direzione Est-Sud-Est (fra 250° e i 270°). L'oggetto scendeva con un'angolazione intorno agli 80°, e giunto a 30° circa sull'orizzonte ha dato cenno ad un'ulteriore frammentazione. Il corpo, osservato probabilmente in una fase successiva all'esplosione, pur avendo un moto apparente rettilineo, si muoveva come se fosse animato da un lieve zig-zag continuo, quasi un leggero tremolio caotico. L'oggetto appariva di colore giallo e tendeva al verde in prossimità del termine della scia. Lo spettacolo è durato circa 3-4 secondi. Il testimone riferisce di aver preso nota immediatamente della posizione verso cui il corpo andava a cadere, e riferisce che lo stesso si muoveva quasi in verticale nella costellazione dell'Aquila, fra le costellazioni della Lira

e di Bootes.

Testimoni siti in prossimità del Monte Tezio (Perugia) raccontano di aver visto, l'uno, un bagliore molto intenso della durata di 5-6 secondi seguito da una scia molto grande, l'altro di aver visto soltanto una scia stimata ad occhio *come se fosse lunga un metro e mezzo*: il testimone senza averne coscienza ha espresso una misura angolare. Altri ancora raccontano di aver veduto dapprima come un lampo, ma d'una durata temporale maggiore e quindi, mentre si illuminava il cielo a giorno, di aver visto un'enorme scia di cui non ricordano con precisione il colore.

La testimonianza dal comune di Collazzone (prof.ssa Simonetta Gervasi, dell'Associazione) riferisce della traiettoria da Sud-Est a Nord-Ovest e riporta come certa la traiettoria collocandola temporalmente tra le 00.27 e le 00.30, in accordo con la maggior parte delle testimonianze.

I testimoni siti in Todi non hanno potuto apprezzare la direzione essendo quasi tutti nel centro cittadino con molta illuminazione. Si sono accorti del fenomeno solo in virtù della grande luminescenza che si è prodotta in cielo e che non si poteva non scorgere.

I testimoni siti in prossimità del lago Trasimeno riferiscono di un bagliore improvviso come se si fosse illuminato tutto a giorno, un bagliore strano perché sopra il cielo era scuro. La scia scendeva con un colore fra il blu ed il viola, e più di un testimone riferisce di aver sentito due *botti* sordi quando la scia è andata a morire, botti che qualcuno ha detto di aver sentito come molto vicini. Secondo altri testimoni (stesso posto) una scia in cielo si è improvvisamente allargata illuminando a giorno con le ombre nette di color turchese e cadendo avrebbe originato come la scia di una stella cadente, ma molto più grande. Un altro ancora, Alfredo Brogioni, esperto a notevole livello di fenomeni meteoritici tramite una puntuale raccolta di dati, ne ha fornito questa ricostruzione:

È comparso all'improvviso una sorta di grande fungo luminoso, di un colore elettrico fra il verde chiaro ed il giallo, un bagliore molto forte che ha illuminato a giorno la spiaggia (del Lago) accompagnato da un rumore che sembrava quello di un gigantesco aspirapolvere in azione. Una frazione di secondo dopo² è

²In tutti i resoconti riportati le misure temporali stimate non sono quasi mai attendibili completamente per la tendenza ad allungare od accorciare i tempi durante i quali si è osservato il fenomeno a seconda della impressione che questo ha lasciato nell'osservatore. Si provi a chiedere ad una persona che si è trovata al centro di un terremoto quanto esso è durato e vi risponderà quantomeno raddoppiando il tempo effettivo della durata del sisma: si parla per esperienza diretta.

partita verso l'alto una freccia luminescente che si è alzata in cielo a velocità inconcepibile, descrivendo una traiettoria curvilinea in direzione Sud-Est.

Si tratta, con quasi assoluta certezza, di un frammento del meteoroido a seguito dell'esplosione, e non già della traiettoria del meteoroido stesso. La diversa traiettoria in questo caso è forse imputabile ad una diversa prospettiva di visuale: fra Magione e Perugia. La luce è stata così intensa da consentire per un istante di leggere un cartellone pubblicitario prima avvolto nell'oscurità ad una ventina di metri di distanza. I motori delle celle frigorifere del bar si sono spenti per un attimo e tre lampadine nuove di una sala del ristorante si sono fulminate. A Magione sono pure saltate le luci del palazzo comunale³

Anche altri testimoni siti sul Lago Trasimeno, fra cui Giorgio Carlini segretario dell'Associazione, aiutati certo dall'amplificazione della luce operata dalle acque del Lago, riferiscono che si leggevano (Passignano sul Trasimeno) cartelloni pubblicitari siti in lontananza, mentre un altro testimone che teneva vicino un giornale (era al buio) riferisce di aver distinto chiaramente i caratteri dello stesso; un altro ancora (Castiglione del Lago) garantisce di aver visto inequivocabilmente un frammento (un corpo) cadere nel lago; l'ora in questo caso si attesta sulle 00:27 LT del 7.9.1997 e il testimone sostiene di aver subito guardato l'orologio.

Altre testimonianze riportate dalla stampa locale, anche se da questa esageratamente amplificate, riferiscono di un forte abbassamento delle luci cittadine, mentre almeno un testimone, di provata fede (conosciuto), dichiara che mentre era dentro casa ha visto un bagliore fuori enorme, e dopo ha udito, e visto, sbattere porte e finestre.

Contattato l'osservatorio sismologico di Perugia non si sono evidenziati fenomeni di microsismicità anche perché è da maggio 1997, dopo il terremoto di Massa Martana (20 km circa da Todi) che ha distrutto il centro abitato del paese, che si assiste a continue scosse telluriche nella zona di Colfiorito, ai confini fra Umbria e Marche.⁴

Contattata l'ENEL per sentire se si fossero registrate cadute di tensione o danneggiamenti ad impianti, si è avuta risposta negativa: tuttavia sono univoche ed

indubbie le testimonianze – come visto – che riferiscono di repentini abbassamenti di tensione, come univoche sono le testimonianze relative all'onda d'urto, significative e plurime quelle sul tonfo di caduta.

È stata anche ristretta la zona in cui sarebbero caduti due frammenti, in località Vitellino e in località La Piana. Al centro della zona esiste però un ambiente boscoso molto fitto che, anche al seguito delle successive abbondanti precipitazioni, ha impedito finora la ricerca di residui meteoritici. È probabile che nella zona si trovi almeno un grosso frammento.

II. ANALISI DATI OSSERVATIVI

Per quanto sia stato non facile filtrare le documentazioni raccolte attribuendo a ciascuna il veritiero senso senza che personali convincimenti in materia si sovrapponevano al racconto, si possono trarre le seguenti considerazioni. Innanzi tutto sorgono dai racconti alcuni dati univoci che possono essere così riassunti.

a) Direzione: Per questo punto tutte le dichiarazioni concordano nello stimare il meteoroido come proveniente da Sud-Est e viaggiare verso Nord-Ovest. Testimoni siti sul Lago Trasimeno in parti diverse hanno permesso di ricostruire una triangolazione abbastanza affidabile che pone il meteoroido viaggiare in direzione Agello-Castiglione del Lago. Il problema della traiettoria rappresenta tuttavia una questione affatto risolta per quanto le testimonianze raccolte da noi siano pressoché univoche nel senso sopra descritto. Osservatori di conosciuta fama stimano la traiettoria del meteoroido secondo un'angolazione leggermente diversa, [Cevolani], e questo ha portato a parlare di sciame meteoritico. È chiaro che in assenza di puntuali ed inequivoche registrazioni fotografiche che consentano una stima trigonometrica non si potrà mai forse dire la parola fine nella controversia. Si rinvia sul punto al paragrafo seguente.

b) Luminosità: Per quanto concerne la luminosità prodottasi, evidentemente fuori del normale, a distanza di tempo continuiamo ancora a credere che essa possa essere stimata, concordemente alla descrizione fattane anche da un membro dell'Associazione, in passato attento quanto obiettivo osservatore, con una magnitudine visuale $M_v \approx 22 \pm 1$, considerando però l'amplificazione operata da parte delle acque del

³Testimonianza del titolare del ristorante Lido Santino, Monte del lago. Questa testimonianza, assieme a quella appena sopra riportata, è probabilmente l'unica di chi ha assistito al fenomeno nella sua interezza.

⁴Il moto sismico fu attivo in Umbria per tutta l'estate sino a sfociare il 26 settembre ed il 3 ottobre negli eventi che danneggiarono molti edifici dell'Umbria e delle Marche.

lago e che può aver influito di una magnitudine.⁵ Il fenomeno è stato efficacemente descritto, da più di un testimone, come un enorme bengala, un grande fuoco d'artificio che esplode sulla verticale dell'osservatore illuminando a giorno intorno mentre il cielo sopra è buio e nero. Si consideri che la Luna a quell'ora era tramontata e che un grande bengala che esplode quasi sulla verticale di un lago di notevoli dimensioni come il Trasimeno, si comporta come un oggetto posto all'infinito, che specularmente illumina una grande distesa e che distribuisce la sua luce tutt'intorno: ma questo può aver accresciuto la luminescenza soltanto di una magnitudine al massimo ed in prossimità del lago; il fenomeno che resta attestato, quanto a luminescenza, su caratteristiche eccezionali.

c) *Colore*: Per quanto concerne il colore, si è assistito invece ad una diversa e variegata sorta di racconti che non presentano mai requisiti univoci. Senza voler forzare la mano alle interpretazioni e concordemente alle testimonianze raccolte, si vuole però proporre una soluzione la cui valutazione si rimette ai più competenti settori scientifici. È proprio questa diversità di descrizioni infatti che, a parere di chi scrive, contribuisce a fornire un dato univoco.

C'è da considerare che non tutti i testimoni, per la posizione fisica occupata rispetto al fenomeno, hanno assistito, ad eccezione di alcuni, al fenomeno nella sua interezza. Le diverse colorazioni osservate potrebbero essere funzione di diversi istanti di osservazioni e d'attenzione dedicata al fenomeno. Il meteoroido è entrato molto probabilmente, stando anche ad una comunicazione personale del professor Korado Korlevich dell'osservatorio di Visniano (Istria), che ha assistito al fenomeno dall'Istria, molto basso sull'orizzonte. La diversa colorazione locale dell'atmosfera in funzione di varie e diverse forme d'inquinamento, potrebbe anche aver fatto il resto, nel senso che le scie, già di per

⁵A seguito delle perplessità destate dalla nostra stima della luminescenza prodotta dal corpo, si è ripensata a lungo la questione e si è giunti alla conclusione che la stima non dovrebbe essere esagerata. Se si considera infatti, in accordo con la teoria classica, che per una meteora la cui massa sia soltanto un decimo di grammo si ha energia cinetica iniziale $E \approx 8 \cdot 10^4$ J, di cui soltanto $1,6 \cdot 10^2$ J si trasformano in luce dando luogo ad una grandezza stellare +2, non è difficile immaginare, ponendo soltanto una massa probabile, la luminescenza consequenziale. Si consideri inoltre che per testimonianze univoche la luminescenza spettacolare è stata originata dall'esplosione del corpo, e non dalla sua scia terminale seguente l'esplosione, pure essa luminosa, e che i testimoni descrivono le ombre come nette, segno tipico di fenomeni di luminescenza maggiori della Luna piena, che dà solo ombre confuse ai bordi. Questo potrebbe fornire una conferma all'ipotesi appresso avanzata del *guscio molecolare* che avvolgeva il meteoroido assai densamente negli ultimi istanti della sua corsa.

sé cangianti colore per la diversa qualità di materiale in ablazione, possono aver assunto ulteriore diversa colorazione in relazione all'atmosfera locale.

Dai vari racconti sembra di sintetizzare, più che raccogliere, un'univocità circa il colore giallo della scia, mentre degno di attenzione è il racconto del testimone che dichiara di aver visto dipartirsi scintille di colore blu. Questo spiegherebbe i successivi tuoni avvertiti poco dopo lo spegnimento della scia. Le osservazioni visuali sopra riportate conducono a tentare una ricostruzione del fenomeno nel senso appresso indicato:

Un corpo di notevoli dimensione e massa, probabilmente di natura petrosa, forse una condrite,⁶ nella tarda sera del 6 settembre 1997, per via dell'attrazione terrestre aumenta gradualmente la propria velocità d'ingresso. La superficie esterna del corpo, a poco a poco che attraversa zone sempre più dense dell'atmosfera, sotto la pressione dei primi consistenti strati, crescendo l'attrito, ha iniziato a scaldarsi dando avvio al processo di decomposizione.

Aumentando la potenza dinamica del meccanismo evolutivo, le particelle liberate per ablazione iniziavano ad assumere proporzioni non indifferenti per quantità e consistenza, ed è probabile – supposta una non indifferente massa del corpo – che la materia prodotta di continuo, proprio per le dimensioni notevoli che andava via via assumendo, faticasse ad allontanarsi dal corpo che la generava, cominciando a viaggiare assieme al corpo stesso formando così, a sua volta, una non indifferente massa in coesione per la grande vivacità molecolare. Al contempo la temperatura della parte frontale saliva in modo impressionante, mentre la parte posteriore, pur scaldandosi notevolmente, non reagiva ovviamente alla stessa maniera.

Di qui in poi il meccanismo seguiva gli standard classici di decomposizione e graduale decadimento universalmente riconosciuti per un corpo di notevole dimensione e massa: avanzava il fronte dell'onda d'urto, lo strato compresso diveniva sempre più denso e consistente, la pressione aerodinamica cresceva in

⁶La natura del meteorite va individuata, con percentuale d'errore – si ritiene – inferiore al 10%, come naturalmente petrosa. Un meteorite di natura ferrosa è più solido e compatto e non si dovrebbe prestare a fenomenologie come quelle cui si è assistito.

maniera sempre maggiore. Quando attraversava l'Adriatico il corpo era prossimo al punto critico: mentre la temperatura continuava a salire e mentre cresceva anche la pressione aumentava di volume (il cono) del fronte dell'onda d'urto, si liberava una scia sempre più consistente, ... ed una quantità ormai tutt'altro che indifferente di materia avvolgeva il corpo. L'insieme costituiva una massa consistente, e la perdita di materia-massa del corpo centrale era compensata dall'energia continuamente prodotta.

Può essere accaduto, in questa fase, che vi sia stata una prima frantumazione della parte più giovane (la più esterna) del meteoroido, non necessariamente la parte frontale, e questo potrebbe anche spiegare il fatto che, come riferito in comunicazioni personali, alcuni frammenti siano caduti fuori dalla traiettoria sulla costa Nord-orientale dell'Adriatico. Ma la parte di più antica formazione, e quindi la più resistente, riusciva ad attraversare la costa orientale dell'Italia, finché, giunta all'interno della penisola, ha cessato di esistere l'equilibrio che teneva in coesione il corpo sotto la spinta della velocità di ingresso che concorrevano a generare una diversa pressione fra la parte anteriore e quella posteriore del corpo, della differenza di temperatura e dei meccanismi concatenati e consequenziali, ed il meteoroido, o quel che ne restava, è esploso assieme alla massa di plasma molecolare che gli si era ormai formata attorno e che lo avvolgeva.

Questa potrebbe essere, forse, una spiegazione dell'inusuale luminescenza prodottasi, in quanto al momento dell'esplosione il meteoroido ha rotto l'involucro di plasma che ormai lo circondava ed ogni singolo «pezzo» di materiale si è disperso all'interno dell'involucro creatosi prima di liberarsi, aumentando velocità e potenza distruttiva sotto la pressione dell'esplosione: la forza d'urto, secondo questa ricostruzione, sarebbe stata contenuta per una frazione di tempo. Rottosi l'involucro, i frammenti sono caduti in discesa con un enorme scia, mentre il corpo si frammentava ulteriormente in parti che ormai non possedevano dimensioni superiori a qualche decina – o poco più – di centimetri nel caso maggiore, contro le notevoli dimensioni originarie, mentre altri frammenti, di

dimensioni centimetriche e subcentimetriche venivano schizzati via in ogni direzione, e la direzione che assumevano era in funzione del punto del corpo da cui emanavano e della traiettoria di questo. I frammenti più grandi cadevano in terra e nel lago producendo un rumore sordo generato più dall'onda d'urto residuale che accompagnava il frammento che dal «tonfo» vero e proprio.⁷

d) Ulteriori considerazioni: A fronte di una tale ricostruzione, resta la considerazione probabile, come si è accennato in conversazioni con addetti ai lavori, che si potrebbe essere trattato, in via teorica, anche di due o più corpi che viaggiando assieme hanno poi tenuto comportamenti diversi in quanto uno di dimensioni molto maggiori dell'altro (o degli altri): in pratica quella sera, secondo tali ricostruzioni, non un singolo meteoroido di notevoli dimensioni, bensì un nutrito sciame meteoritico avrebbe attraversato il centro della Penisola.

Tale ricostruzione è probabile, ma al momento non ci si sentirebbe di sostenerla sull'unico fondamento di segnalazioni di diverse e divergenti traiettorie e di una singola diversità d'orario, realtà pur rappresentata da fonte autorevole. Questo poiché se si fosse trattato, come si ipotizza pure da queste fonti, di alcuni corpi e tutti di dimensioni non indifferenti che avrebbero viaggiato in prossimità di un corpo di massa assai superiore (quello esploso sul Trasimeno), resterebbe inspiegato, almeno a nostro parere, perché ad un certo istante, i corpi minori, pur risentendo l'attrazione del meteoroido progenitore, si sarebbero distanziati. Tutti i meccanismi possono essere teorizzati, ma sembra difficile sostenere che la diversità della massa, in costanza della medesima atmosfera attraversata, abbia potuto imporre ai corpi una diversa traiettoria. Tale presupposta diversità di masse avrebbe dovuto, in corso d'ablazione, far evaporare i corpi nell'attrito con l'atmosfera (non si vede altra spiegazione, in tal caso, al di fuori di questa) e non far loro assumere traiettorie diverse. Ad essere estremamente prudenti in tale valutazione, è soprattutto il fatto che meccanicamente il fenomeno non poteva sussistere per questo meteoroido, considerando dagli effetti che ha prodotto.

⁷La spiegazione del guscio molecolare è lungi dal trovare la comunità scientifica d'accordo: la tesi proposta è intesa solo come probabile. In ultima analisi si potrebbe benissimo ipotizzare in via teorica, che il regime molecolare libero abbia subito comportamenti obbedienti alla massa corporea che li generava trattandosi di un meteoroido di dimensioni tutt'altro che indifferenti, per cui le molecole in agitazione continua nella parte interna della scia potrebbero aver trovato, sempre in via teorica una loro forza di coesione.

Si tende anche ad escludere che si sia trattato di due soli corpi di massa notevolmente diversa, perché in tal caso dei due corpi solo uno avrebbe raggiunto la superficie della terra e quindi in questa ricostruzione resterebbero spiazzate automaticamente le altre traiettorie. Se infine si fosse trattato invece di due corpi di massa pressoché eguale, questi avrebbero alla fine viaggiato quasi insieme, e la massa di plasma sarebbe stata unica ed il fenomeno doppio non sarebbe stato avvertito.

Non si vuole proporre alcuna preferita interpretazione né confutare diverse traiettorie. Si ribadisce comunque, pronti ad essere smentiti da report più approfonditi dei nostri, che le traiettorie avvistate in luminescenza eccezionale sull'Emilia-Romagna, sembrano di pertinenza di una pre-esplosione sull'Adriatico, della perdita di uno o più frammenti considerevoli, mentre il corpo principale, ormai ridottosi notevolmente di dimensioni, continuava la sua corsa e proiettava i residui a parabola sino a Pisa che è proprio lungo la direttrice Agello - Castiglione del lago.

Considerando una massa meteoroidica media, e ponendo l'esplosione al centro dell'Umbria, calcolando la parabola di qui a Pisa non è difficile risalire alla velocità d'ingresso. Attesa comunque la diversità d'orari segnalati,⁸ che va considerata, resta forse un'ulteriore ipotesi che qui si scrive con estrema prudenza, e cioè che non di un meteoroido si sia trattato bensì di un treno di meteoroidi: sotto questa angolazione la teoria dello sciame, così rivisitata, potrebbe avere molta più consistenza. Conduce ad avanzare l'osservazione la differenza significativa d'orario riportata in un caso: un testimone in Emilia, ammesso che non avesse l'orologio fuori uso, stima il fenomeno alle 00.17 LT del 07.09.1997.

I testimoni in Umbria, tutti ricercatori provati, lo collocano intorno alle 00.27–00.30 LT dello stesso giorno; le oscillazioni negli altri racconti sono dovute a non repentini sguardi agli orologi. Tale differenza d'orario, se confermata da altri osservatori, porterebbe quasi senza dubbio a prendere in considerazione l'ipotesi di un corpo che viaggiava in frantumazione multipla progressiva, e probabilmente a questo punto d'origine cometaria e non più meteoritica, sul tipo della Shoemaker-Levy 9.

In questo caso, se fosse ulteriormente provata la differenza di orario, andrebbe rivisitata tutt'intera la vicenda, anche perché le frammentazioni cometarie sono da tempo universalmente accettate e recentemente

anche osservate. Questa considerazione di dovuta prudenza ha convinto a mutare il titolo rispetto alla prima stesura del presente lavoro da *Il bolide del Trasimeno* a *Il meteoroido del Trasimeno*.

III. LA PROBABILE EMISSIONE IONIZZATA

Restano le considerazioni sull'eventuale emissione ionizzata prodotta da un meteoroido che penetri nell'atmosfera terrestre.

Da anni l'Associazione sta conducendo ricerche in radio con apparecchiature autocostruite, e a quanti ci hanno seguito trattare l'argomento sulla nostra rivista *PEGASO*, è noto che sin dalla nascita l'Associazione va alla ricerca di una significativa emissione in VLF a fronte del verificarsi di fenomeni meteoritici. Le campagne in radio condotte dal 1992 (Associazione) ed ancor prima dall'ing. Flavio Falcinelli, coautore del presente articolo e membro dell'Associazione, hanno mostrato segnali di consistente attività radio individuabili come un notevole aumento del rumore di fondo in costanza del verificarsi di fenomeni meteoritici. Per il meccanismo di tali eventi, si rimanda il lettore agli articoli apparsi sulla rivista oltretutto, ovviamente, alla letteratura in materia.

Se nello studio di un tale meteoroido resta l'amaro in bocca, perché, oltre al fatto che non si è riusciti ad individuarne nemmeno un frammento (nonostante sia stata identificata con sufficiente precisione la zona), la stazione radio in ELF-VLF di Todi, costruita proprio per questi bolidi, era in manutenzione per ampliamento, K. Korlevich aveva quella sera la camera All-Sky in non uso e i centri di ricerca professionistica non hanno registrazioni significative. Tuttavia un pizzico di fortuna ha assistito: infatti una delle stazioni che già in passato aveva prodotto un notevole contributo allo studio in ELF-VLF delle meteore era operativa.

La stazione di Serra de' Conti (Ancona),⁹ erroneamente creduta anch'essa in un primo momento in manutenzione, era invece operativa ed ha registrato una significativa (crediamo) emissione che qui di seguito andiamo a discutere. Questa stazione, al pari di quella che sarà di nuovo attiva in Todi a decorrere dal gennaio 1998, è costituita da un ricevitore ad amplificazione diretta del segnale, impostata per un tempo di integrazione di un secondo, ossia il ricevitore è tarato per la registrazione di fenomeni macroscopici, mentre quella operante in Todi (tempo di integrazione 1 ms) è più adatto per la registrazione di fenomeni

⁸COELUM, numero citato. Tale diversità d'orario, per quanto noto, è relativa ad una sola osservazione ed anche questo fa propendere per l'unicità del corpo.

⁹I due circuiti in ELF e VLF (Todi e Serra de' Conti) sono descritti nel libro di Flavio Falcinelli; [Falcinelli1996]. Si vedano anche dello stesso gli altri testi citati in bibliografia.

Dati relativi al ricevitore ELF-VLF operante a Serra de' Conti (Ancona)	
Ubicazione	Serra de' Conti: $\varphi = 43^{\circ}32'$ Nord; $\lambda = 13^{\circ}2'$ Est
Ricevitore	ELF-VLF a correlazione di frequenza. I segnali provenienti da due canali, sono moltiplicati e ne viene estratto il valore medio
Antenna	Ferrite a risonanza orientata Nord-Sud a 10 m dal suolo
f_o	Frequenza centrale ricezione: $f_o = 5,5$ kHz
Gamma frequenza	Da 1,5 kHz a 7,5 kHz
Banda passante	$B_o = 6$ kHz
Costante τ_o	Tempo d'integrazione: $\tau_o = 1$ s
Registrazione dati	Supporto magnetico
Acquisizione dati	Scheda hardware e software dedicato, media su 400 campionamenti (periodo di campionamento $\approx 0,03$ s). La scheda hardware restituisce un campione dei 630 che formano un file: il campione è la media di 4000 campionamenti
Elaborazione dati	Foglio elettronico: Kaleidafraf per Mac

Tabella I: Caratteristiche tecniche del ricevitore e modalità del campionamento

che presentino caratteristiche fortemente transienti. Ricordiamo da ultimo che mentre la stazione di Todi ha operato sinora la registrazione dei dati mediante il classico sistema di registrazione su supporto cartaceo, quella di Serra dei Conti già da tempo ha sostituito questo modo d'acquisizione dati con una più valida scheda hardware autocostruita e registrazione tramite software dedicato e progettato per l'occasione.

Per una migliore comprensione dei dati che si andranno a presentare, si sono riassunte nella tabella I le caratteristiche del ricevitore radio: d'ora in avanti ci si riferirà ovviamente al solo ricevitore di Serra dei Conti, unica stazione che quella sera ha registrato qualcosa di significativo:

Si precisa che il primo coautore del presente articolo si è occupato esclusivamente delle note di presentazione di quest'articolo, mentre il lavoro di costruzione, messa a punto strumentale, hardware, software, elaborazione dati è esclusiva opera dell'ingegner Flavio Falcinelli. Gli orari presenti nei grafici s'intendono tutti LT (Local Time).

A. Analisi di una curva

Nel figura 2 alla pagina seguente, grafico in alto, è presentato uno *screening* di dati ottenuti secondo il sistema di acquisizione indicato. I dati coprono l'arco temporale che va dall'11.08.1997 (12 h 21 min 48 s LT) al 24.09.1997; lo *smoothing* di 50 campioni è rappresentato in suddivisioni temporali sulle ascisse le cui suddivisioni sono tarate per coprire ciascuna un tempo di 23h 14m. A causa di fattori imprevisi, quali, ad esempio, interruzioni di corrente, blocco temporaneo del sistema, . . . l'acquisizione dei dati (dall'11.08.1997 al 24.09.1997), in alcune sezioni non è sequenziale, mancano cioè all'inizio ed alla fine del grafico alcuni periodi di acquisizione.

In ordinata, fattore di scala da 0 a 5, è rappresentato il valore relativo della potenza della radiazione incidente. La densità di potenza della radiazione incidente (passo da 0 a 1) è esprimibile in

$$2,17 \cdot 10^{-24} \text{ W/m}^2 \quad (1)$$

I picchi delle sezioni 1, 2, 7, 22 e da 25 a 30 sono anomali, esprimono cioè rumore di fondo d'origine spuria causato da disturbi che hanno influenzato la normale radiazione di fondo interessandola, di nessuna attinenza con i fenomeni in esame. La sezione 20, indicata da una freccia è quella d'interesse a cavallo fra il sei ed il sette settembre 1997.

Ad occhio attento non sfugge che fra quelle *gobbette*, a prima vista tutte eguali, ce n'è una con un andamento diverso dalle altre, una curva più significativa, in crescita e decrescita costante, diversa dalle altre. Si tratta appunto della curva della sezione n. 20. Osservandola si nota che presenta l'andamento tipico della gaussiana, assente nelle altre, tipico delle curve presenti in costanza di sospetta ionizzazione. In prima approssimazione questo lo si verifica operando la proiezione del *plot* di dati, medesimo *smoothing*, su una scala della potenza della radiazione incidente più frazionata, che valorizzi cioè i dati intermedi che possono sfuggire ad una valutazione in scala a passo 1.

Modulata così la scala (passo 0,5, grafico in basso figura 2), medesimi dati e stesso arco temporale, la sezione mostra una curva di salita e di discesa con andamento costante nel tempo. La freccia che indica la sezione in esame evidenzia l'andamento tipico di una curva da ionizzazione.

Sembra evidente ormai a questo punto la differenza fra la curva in esame e le altre. Per quanto anche nelle altre sezioni possano essere presenti emissioni ionizzate

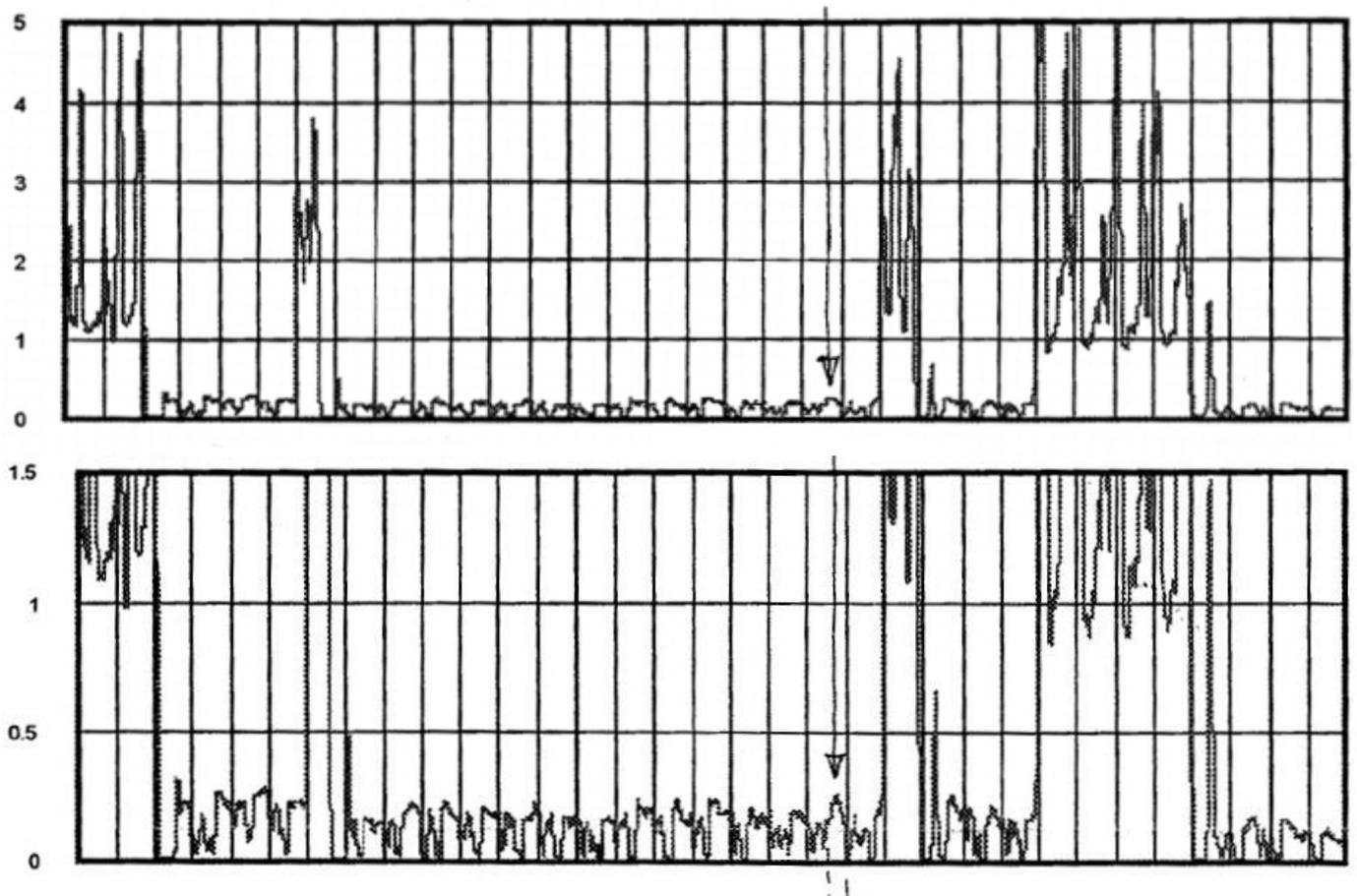


Figura 2: Nel grafico in alto *plot* dati ELF - VLF per uno *smoothing* di 50 campioni. In ordinata la potenza (valore relativo) della radiazione incidente; la suddivisione delle ascisse è in 23 h 14 min; ogni rettangolo rappresenta il fattore di scala come espresso dall'equazione (1). La freccia indica la curva oggetto d'ingrandimento nei successivi grafici. Acquisizioni dall'11 agosto 1997 al 1 ottobre 1997 (11 h 18 min 45 s).

In basso *plot* dati ELF - VLF per uno *smoothing* di 50 campioni. Stesso grafico di cui alla figura precedente con ingrandimento della scala

di singole sporadiche meteore od anche disturbi casuali di diversa origine, appare chiaro come in questo caso ci si trovi in presenza di un fenomeno diverso originato da un disturbo che ha avuto un'evoluzione progressiva e crescente, scemando nel tempo con il trascorrere delle ore, così come all'inizio era cresciuto, con l'andamento tipico appunto do una gaussiana. Per verificare ulteriormente tale probabilità si è operato un ingrandimento sul periodo di interesse.

Così, nel grafico presente in alto (figura 4) si è ulteriormente frazionato il valore di potenza della radiazione incidente (passo 0,1), e si è limitato il periodo in esame dal 2 all'11 settembre 1997 (qui i dati sono tutti idonei e nel periodo non si sono verificate interruzioni nell'acquisizione). I dati presenti nel grafico di questa figura mostrano una curva a

campana, assai di rado osservata, in coincidenza con gli orari d'indagine. Il fattore di calibrazione, essendo ora modulata la scala per un passo 0,1, è espresso ora, ovviamente, da

$$2,17 \cdot 10^{-25} \text{ W/m}^2 \quad (2)$$

ed ogni *puntino* sul grafico, ogni pixel, è sempre il risultato della media di 4000 campionamenti. In questa prima analisi dettagliata dei dati sembra ancor più risaltare in maniera evidente l'andamento di una curva per progressiva ionizzazione. Lo stesso andamento si evidenzia ancora meglio nel grafico in basso, dove i dati sono stati ulteriormente affinati.

Qui l'elaborazione del grafico è stata condotta sopra un'ulteriore media di 50 campioni (destra e sinistra del campione centrale; operazione questa che non altera

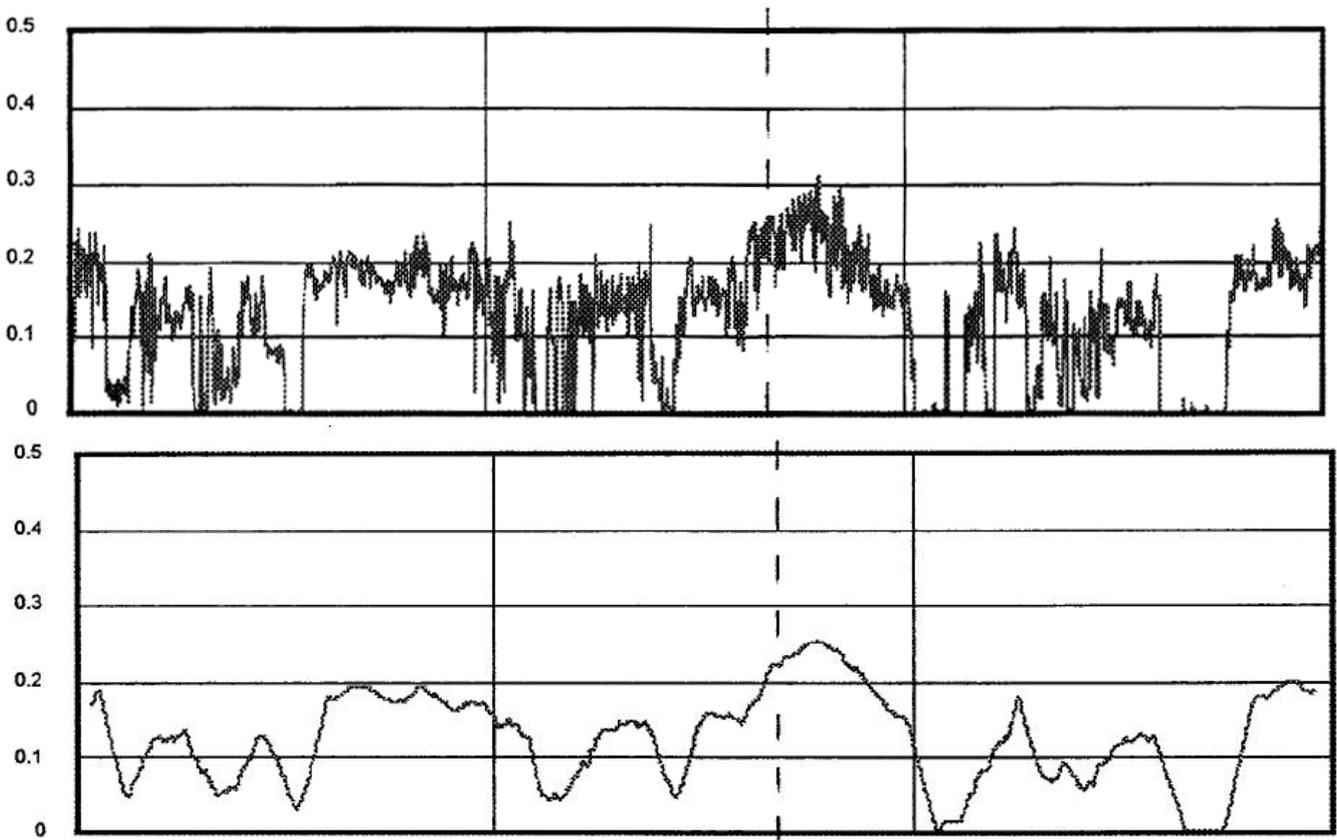


Figura 3: *Plot* dati ELF - VLF per il periodo 5 settembre (11 h 25 min 46 s) all'8 settembre 1997 (09 h 02 min 49 s). Nell'immagine in alto i dati sono rappresentati come acquisiti dal sistema, in quella in basso il grafico è ancora elaborato su un'ulteriore media di 50 campioni (50 a sinistra e 50 a destra) del campione centrale. La linea tratteggiata che attraversa le figure coincide approssimativamente con l'inizio della probabile ionizzazione. La suddivisione in ascissa è sempre di 23 h 14 min. Le due barre che dividono il grafico in tre zone iniziano rispettivamente, alle ore 10 h 41 min del 6 settembre e alle ore 09 h 55 min del 7 settembre.

l'andamento medio e presenta il vantaggio di attenuare le fluttuazioni indesiderate evidenziando il valore medio dei dati in esame. Infine si è operata un'ulteriore riduzione temporale dei dati, restringendo cioè i periodi di osservazione, e ponendo così in relazione la curva di quel giorno (notte del 6-7 settembre 1997 LT) con quella del giorno precedente e del giorno seguente, *stirando* anche la larghezza delle sezioni ognuna delle quali continua a valere 23h 14min.

Ancora una volta si evidenzia l'andamento tipico delle gaussiane assente nelle altre e tipico di salita progressiva e continua per (probabile) ionizzazione, mentre per contro la curva in esame è esente dai *nervosismi* che si presentano nelle curve degli altri giorni. Così, grafici di cui alla figura 3, si nota che poco dopo le ore 00 h del 7 settembre 1997 (LT) l'apparecchiatura ha registrato, in coincidenza con gli orari d'avvistamento visuale, una crescita del rumore di fondo disturbato da una causa esterna di notevole

potenza di flusso. Volendo misurare tale flusso in jansky, avremo

$$f_j = \frac{2,17 \cdot 10^{-25} \text{ W/m}^2}{B_o} \quad (3)$$

considerato che nel nostro caso è $B_o = 6 \text{ kHz}$.

Anche per questi due grafici valgono le considerazioni svolte per i precedenti rappresentando il primo, per ogni pixel, il risultato della media di 4000 campionamenti, e il secondo un'ulteriore elaborazione dello stesso grafico su un'ulteriore media di 50 campionamenti a destra e sinistra del campione centrale attenuando le fluttuazioni indesiderate ed evidenziando il valore medio. Le acquisizioni dei dati sono continue anche in questo caso.

IV. CONSIDERAZIONI FINALI

A termine di questo breve lavoro traiamo le seguenti conclusioni, premettendo che con esso si è inteso solo portare un contributo, per quanto significativo esso

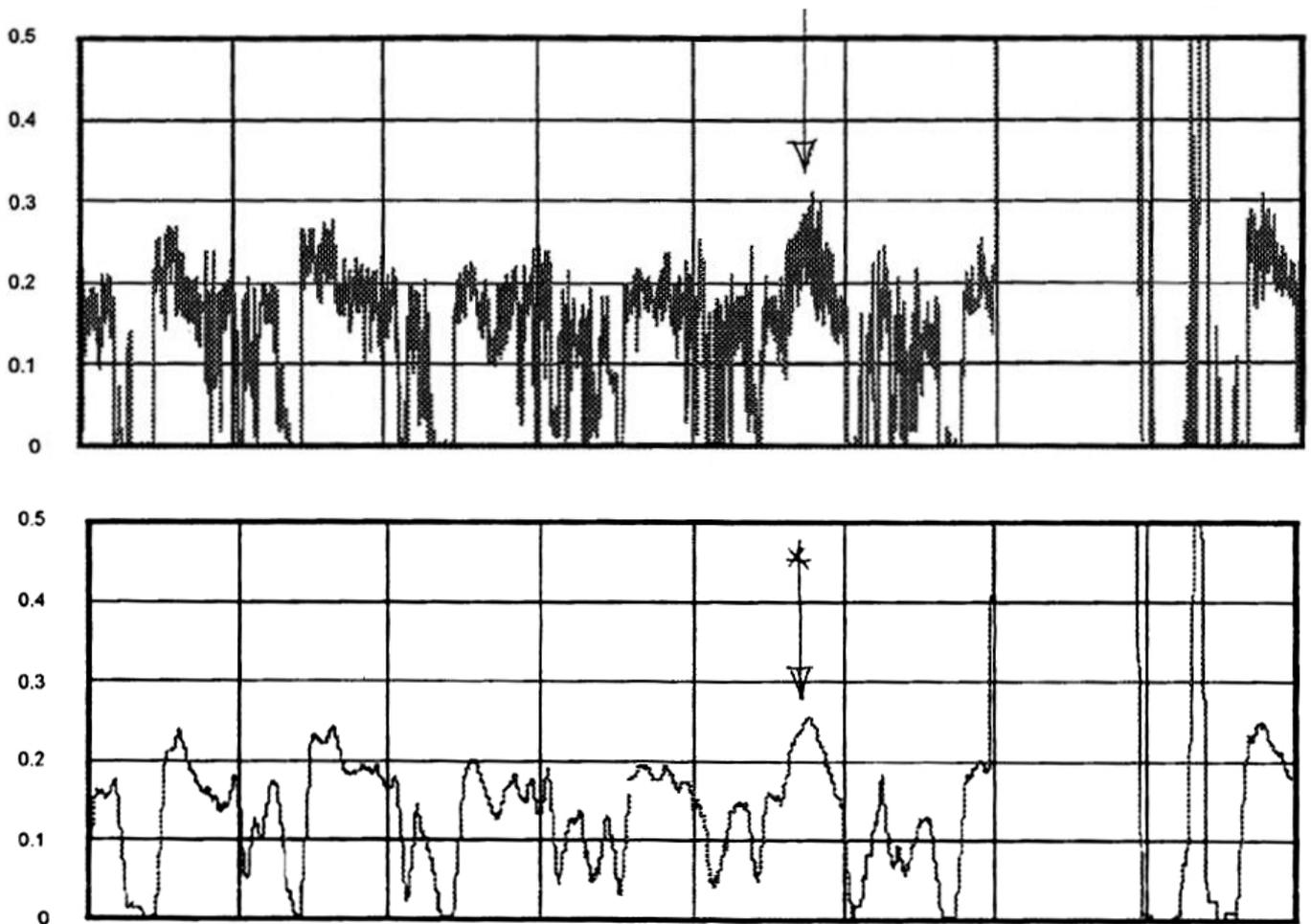


Figura 4: Plot di dati ELF - VLF per il periodo 2 settembre 1997 (14 h 05 min 03 s) al'11 settembre 1997 (10 h 00 min 31 s). La suddivisione in ascissa è sempre di 23 h 14 min; mentre il fattore di calibrazione sull'ordinata è mutato: vedi testo. I dati sono rappresentati come acquisiti, ciascun pixel è il risultato di 4000 campionamenti. In basso *plot* dati ELF - VLF per il periodo 2 settembre 1997 (stessi orari della figura precedente). Elaborazione del grafico su un'ulteriore media di 50 campioni, 50 a destra e 50 a sinistra del campione centrale. La suddivisione in ascissa è sempre di 23 h 14 min.

possa essere eventualmente stimato, allo studio del meteoroido: non si vuole imporre alcuna interpretazione, né di dinamica né d'orari d'avvistamento. Tutto è perfettibile e rivedibile alla luce di ulteriori risultati. Sia conferma di tale atteggiamento l'estrema cautela usata nella presentazione che è in funzione diretta di quella giustamente richiesta in questi casi.

Chi legge avrà forse provato anche un senso di fastidio per tutti quei «sembra», quei «potrebbe», quei «è probabile» incontrati di continuo. Questo è perché s'è giudicato opportuno non correre alcun rischio di ascientificità affermando verità e certezze che secondo il comune buon senso e la doverosa investigazione sembravano del tutto fuor di luogo.

Per quanto concerne la parte relativa all'avvistamento del fenomeno come esso è stato rivissuto attraverso i racconti, ci si è sforzati di rappresentare questa parte al meglio, secondo quanto permesso dalle testimonianze. Questa parte, al di là di residue incertezze sulla traiettoria, ha evidenziato le inusuali dimensioni del corpo che ha dato origine alla fenomenologia tipica di questi fenomeni: rumori di tuono, intenso campo magnetico, onda d'urto. L'abbassarsi della corrente elettrica, il fulminarsi delle lampadine, lo spegnimento delle celle frigorifere, lo sbattimento di porte e finestre sono fenomeni registrati in concomitanza che costituiscono, fra i pochissimi, l'unica cosa certa sul cui effettivo accadimento non occorre ulteriormente investigare,

essendo stati accertati.

Relativamente alla *survey* in radio, qui risiede il lato più significativo del lavoro svolto, nel contributo che si è inteso offrire cercando di mettere in relazione il passaggio del meteoroido con una probabile ionizzazione: il fatto che si continui a parlare di «probabile ionizzazione» va preso ulteriormente, a costo di stancare il lettore, come l'ennesima prova di prudenza interpretativa. Le stazioni militari effettuano in continuo ricerche e trasmissioni in ELF-VLF: le basse frequenze sono usate dalle Marine Militari¹⁰ per comunicazioni sottomarine. Se queste stazioni, alle quali può più facilmente accedere un organismo di ricerca istituzionale, dovessero confermare le nostre osservazioni, allora, forse, potremmo anche togliere l'aggettivo «probabile» dalla parola ionizzazione.

E quanto sopra poiché, semplicemente, osserviamo, se non si va errati, che questa è una delle pochissime volte in cui si assiste, in coerenza con la dinamica di un fenomeno meteoritico, alla registrazione di una intensa ionizzazione per un notevole numero di ore, affermazione questa correlata, ovviamente, alle sole registrazioni radio che operino non sfruttando il principio del *meteor-scatter*.

In assenza del ritrovamento di frammenti del meteoroido, che da soli potrebbero portare un notevole contributo allo studio dei corpi dell'alta atmosfera, questo nostro resta, crediamo, uno dei più significativi contributi in materia, anche alla luce delle seguenti due considerazioni:

- sono estremamente coincidenti gli orari relativi all'avvistamento visuale del corpo con gli orari della probabile intensa ionizzazione;
- la curva di ionizzazione presenta l'andamento tipico della gaussiana assente nelle altre, una curva a campana non a creste multiple significando che la densità di potenza della radiazione incidente è stata di notevole intensità ed ha avuto ampia durata, poco più di 10 ore, decrescendo abbastanza lentamente, significando una ionizzazione residua di notevole entità.

Tali coincidenze conducono a credere che, secondo gli standard dinamici comunemente riconosciuti, abbia avuto luogo una ionizzazione di notevole potenza sull'Italia centrale.

Riassumendo i dati proposti relativi alla sintesi delle sole osservazioni visuali, si possono attribuire al fenomeno le seguenti caratteristiche:

- scia del corpo luminoso in avvicinamento, magnitudine visuale $M_v \approx -13 \pm 1$ (splendore della Luna piena);
- luminescenza dell'esplosione, magnitudine visuale $M_v \approx -22 \pm 1$;
- scia dei frammenti residui dopo l'esplosione, magnitudine visuale $M_v \approx 7 \pm 1$;
- dinamica seguente l'esplosione, notevole frammentazione con corpo principale da cui si dipartono scintille che precipita quasi in verticale, in direzione Ovest-Sud-Ovest;
- provenienza del corpo, Sud-Est.

Di proposito non si sono tratte conclusioni. Essendo la teoria dei corpi ampiamente conosciuta, ricorrendo alle tabelle della dinamica dei corpi meteoroidi è possibile ricavare dati per queste osservazioni.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [Brown] W. K. BROWN. *A Theory of sequential fragmentation and its astronomical applications*, Los Alamos Technical report, LA-11043, 1988.
- [Cevolani] GIORDANO CEVOLANI. *Il bolide del Trasimeno*, "Coelum", dicembre 1997.
- [Cevolani1997] GIORDANO CEVOLANI. *The "Lugo" Fireball of January 19, 1993*, in "Il nuovo Cimento", Vol. 16, n. 4, pagg. 463-472, 12m 1997.
- [Falcinelli1995] FLAVIO FALCINELLI. *Monitoraggio permanente in VLF*, "PEGASO", Associazione Astronomica Umbra, n. 29, 1995.
- [Falcinelli1996] FLAVIO FALCINELLI. *VLF, risultato del primo ciclo di osservazioni*, "PEGASO", Associazione Astronomica Umbra, n. 29, 1995.
- [Falcinelli1996|EF] FLAVIO FALCINELLI. *Esperimenti radioastronomici: monitoraggio in VLF*, in "Elettronica FLASH", n. 150-151, 1996.
- [Falcinelli1997] FLAVIO FALCINELLI. *Sussurri dal cosmo. Radioastronomia amatoriale*, Felsinea, Bologna, 1997.
- [Verniani] FRANCO VERNIANI. *Il fenomeno meteoritico: aspetti teorici ed applicazioni*, in "RadioRivista", settembre 1972.
- Enrico F. Macchia È stato per dieci anni presidente dell'Associazione Astronomica Umbra, fondando a Todi il primo osservatorio pubblico dell'Umbria. Ha diretto sino alla fine degli anni novanta la rivista *PEGASO* dell'Associazione, svolgendo intensa attività di divulgazione.
- Flavio Falcinelli Laureato in Ingegneria Elettronica, si dedica da decine d'anni alla Radioastronomia amatoriale costruendo numerose apparecchiature operanti a varie frequenze con cui ha svolto significative ricerche. Ha pubblicato *Sussurri dal cosmo, Radioastronomia amatoriale, Tecniche radioastronomiche*; è autore di numerosi articoli apparsi su riviste di astronomia ed elettronica. Attualmente riveste rilevanti posizioni presso una nota azienda di elettronica delle Marche, continuando sempre il suo lavoro in Radioastronomia.

¹⁰ Attualmente le frequenze sono molto meno usate di quanto lo fossero all'epoca della scrittura di quest'articolo.