

## Parte 2: Quasar a Nucleo Multiplo

Primo Galletti      Aldo Aluigi

15 Febbraio 2001

L'analisi dei grafici prodotti con i dati registrati dal rivelatore dal 1994 fino ad oggi ci ha permesso di scoprire un insieme di fenomeni completamente nuovi che avvengono nell'Universo, fra cui l'esistenza di particolari *Quasar a Nucleo Multiplo (MNQ)*, supermassicci, che sembrano caratterizzarne il funzionamento. Vedremo in particolare che <sup>1</sup>:

- le "forchette" positive rappresentano *collassi (gravitazionali) di corpi celesti con conseguente "uscita" di questi dall'Universo*;
- le "forchette" negative rappresentano *"ingressi" nell'Universo di corpi celesti (già "usciti" in precedenza)*.

Durante tali eventi, si generano *onde gravitazionali* di enorme intensità che si propagano nello spazio circostante, fino a notevole distanza dal luogo dove sono avvenuti, senza subire attenuazioni e/o distorsioni.

L'analisi di un particolare evento registrato nell'estate del 1995 ci ha consentito di risolvere il problema del "*redshift*" di queste onde e, quindi, della distanza da noi degli eventi che le hanno generate. Inoltre, il confronto con altri eventi analoghi registrati negli anni successivi e, in particolare, quelli di elevata intensità dell'Agosto 1999, ha permesso di migliorare la precisione con la quale vengono effettuati i calcoli del redshift di queste onde.

Fino ad una distanza di  $2/3$  del *raggio dell'Universo visibile* le onde che arrivano al rivelatore sono molto nitide, mentre a circa  $3/4$  dello stesso raggio si iniziano a vedere alcune distorsioni che aumentano rapidamente con il crescere della distanza. Oltre i  $9/10$  del raggio le onde diventano praticamente irriconoscibili (anche se lo strumento continua ancora a registrarle!). In termini di volume ciò significa che il rivelatore è in grado di "vedere" abbastanza bene circa  $1'80 \div 90$  % dell'Universo visibile <sup>2</sup>.

Ma prima di presentare questa analisi, si vuole riprendere il *problema della calibrazione del rivelatore*. Si tratta, in questo caso, del *significato fisico* da attribuire al segnale di tensione che viene misurato ai capi del ponte di Wheatstone.

---

<sup>1</sup>Sul significato dei termini "ingresso" ed "uscita" dall'Universo si ritornerà in seguito.

<sup>2</sup>Quando qui si parla di *raggio dell'Universo visibile* si intende la distanza oltre la quale non è possibile "vedere" più nulla, in quanto la velocità di allontanamento da noi dei corpi celesti a causa dell'espansione dell'Universo diventa superiore alla velocità di propagazione della luce.

# 1 La costante "K" del Rivelatore

La costante  $k$  dello strumento é stata definita <sup>3</sup> in termini di variazione relativa (o percentuale) della corrente anodica  $I_a$  per unitá di variazione della differenza di potenziale  $V_{CD}$  ai capi del ponte. Ossia:

$$k = \frac{I_a - (I_a)_0}{(I_a)_0} \frac{1}{V_{CD}} \quad (1)$$

dove il pedice "0" indica i valori nominali di funzionamento del sensore.

Quando arriva un'onda gravitazionale, noi osserviamo soltanto la variazione della tensione  $V_{CD}$  generata dalla variazione della resistenza del fotoresistore posto su uno dei rami del ponte. Oltre a questo noi non vediamo altro, in quanto tutti gli altri strumenti non registrano alcuna variazione.

Quindi, per calcolare la costante  $k$  abbiamo a disposizione soltanto le variazioni osservate di  $V_{CD}$ , con le quali possiamo calcolarci, ad esempio, le variazioni della resistenza del fotoresistore perché conosciamo le altre resistenze del ponte.

Ma la soluzione del "rompicapo" del rivelatore ci indica che:

- *la velocità della luce aumenta quando la tensione  $V_{CD}$  sale verso valori positivi;*
- *la costante dielettrica (e la permeabilità magnetica) diminuiscono in proporzione all'aumento della velocità della luce;*
- *la carica elettrica (degli elettroni e dei protoni) é inversamente proporzionale alla costante dielettrica.*

Pertanto, le variazioni della corrente anodica e della tensione di accelerazione (*che gli strumenti a nostra disposizione non ci consentono di rilevare!*) prodotte dalle *variazioni della carica elettrica risultano direttamente proporzionali alle variazioni della velocità della luce*. Ossia,

$$\frac{c}{c_0} = \frac{I_a}{(I_a)_0} = \frac{V_a}{(V_a)_0} \quad (2)$$

dove  $c_0$  é la velocità della luce in assenza di onde.

Tenendo conto della (2), la costante  $k$  può essere scritta anche nel modo seguente:

$$k = \frac{c - c_0}{c_0} \frac{1}{V_{CD}} \quad (3)$$

quindi, una volta azzerato il ponte di Wheatstone, si ha che *le variazioni della tensione  $V_{CD}$  che si misurano ai capi del ponte corrispondono, attraverso la*

---

<sup>3</sup>Si veda la **Parte 1** di *Un rivelatore di Onde Gravitazionali*.

costante  $k$ , direttamente alle variazioni della velocità della luce prodotte dalle onde gravitazionali:

$$\Delta c = k c_0 V_{CD} \quad (4)$$

oppure,

$$\Delta c = K V_{CD} \quad (5)$$

dove in cui si é preferito esprimere la costante dello strumento direttamente in  $km/s$  di variazione della velocità della luce per  $mV$  di variazione della tensione ai capi del ponte <sup>4</sup>.

In generale, il valore di  $K$  é compreso tra  $25 \div 50$   $km/s$  per  $mV$  di variazione della tensione, a secondo del tempo di funzionamento, misurato in anni, dello strumento. Più lungo é questo tempo maggiore risulta essere il valore di  $K$  <sup>5</sup>.

Ad esempio, dalla calibrazione che é stata effettuata sul uno dei sensori del secondo rivelatore il 29 Gennaio 2001 é stato ricavato il seguente valore per la costante  $k$ :

$$k = 0.012 \text{ \% per } mV$$

Pertanto, con una velocità della luce di riferimento di  $300,000$   $km/s$  si ha che:

$$K = k c_0 = \frac{0.012}{100} 300,000 = 36.0 \text{ } km/s \text{ per } mV$$

Nei cinque giorni seguenti (dal 31/01/2001 al 05/02/2001) la tensione é diminuita di  $-36.3$   $mV$ . La corrispondente variazione della velocità della luce é stata, pertanto, di:

$$\Delta c = K V_{CD} = -36.0 \cdot 36.3 = -1307 \text{ } km/s$$

## 2 Alcune considerazioni energetiche (preliminari)

Dalla relazione (2) si ha che per l'energia luminosa  $\dot{E}_\nu$  prodotta, nell'unità di tempo, dall'anodo del diodo a vuoto (e, quindi, anche l'energia cinetica degli elettroni) risulta:

$$\frac{\dot{E}_\nu}{(\dot{E}_\nu)_0} = \frac{V_a I_a}{(V_a I_a)_0} = \frac{c^2}{c_0^2} \quad (6)$$

---

<sup>4</sup>Come un barometro, il quale mediante un semplice tubo di vetro riempito di mercurio ed un'alta millimetrata é capace di misurare la pressione atmosferica del punto dove si trova immerso mediante la lettura diretta sull'asta, cosí questo strumento é capace di misurare la variazione della velocità della luce mediante la misura diretta della tensione ai capi del ponte di Wheatstone!

<sup>5</sup>L'unica incertezza che nell'utilizzo della (3) sta nel fatto che noi non sappiamo se il sensore é "formattato" completamente. Ció che possiamo affermare é che il rivelatore misura, in realtà, variazioni di velocità della luce che sono inferiori a quelle effettive!

Ossia, le variazioni  $\Delta E$  di energia cinetica indotte dalle onde gravitazionali sugli elettroni che colpiscono l'anodo sono proporzionali alle variazioni del quadrato della velocità della luce <sup>6</sup>:

$$\Delta E \propto c^2 - c_0^2 \quad (7)$$

Inoltre, la variazione  $\Delta U$  di energia (gravitazionale!) per unità di massa di queste onde risulta essere:

$$\Delta U \approx c^2 - c_0^2 \quad (8)$$

L'espressione (8) ci indica che le onde gravitazionali trasportano attraverso lo spazio energie (gravitazionali) enormi, in quanto *le variazioni della velocità della luce che il rivelatore registra risultano piuttosto elevate.*

Va tenuto presente, infine, che *l'intensità  $I$  di queste onde risulta direttamente proporzionale alla variazione relativa della velocità della luce:*

$$I \propto \frac{c - c_0}{c_0} \quad (9)$$

ossia, *all'ampiezza del segnale in tensione misurato direttamente dal rivelatore* <sup>7</sup>.

### 3 Il problema del redshift

Come é stato detto all'inizio, l'evento registrato nell'estate del 1995 (v. **Grafico 1995\_6** e **Grafico 1995\_7**) é stato uno dei piú interessanti e significativi fin'ora registrati. Si é trattato di un evento che si é presentato isolato per cui é stato possibile analizzarlo con precisione. Questa é stata una vera fortuna in quanto, ci ha consentito di risolvere il *problema del redshift* di queste onde e, quindi, della *distanza* da noi degli eventi che le hanno generate <sup>8</sup>.

Il confronto diretto delle onde del 1995 con quelle analoghe registrate nell'estate del 1994 ha evidenziato subito l'esistenza di uno stretto legame tra *intensità* e *durata*. Infatti, le "forchette" del 1994 sono di forma alta e stretta mentre quelle del 1995 sono basse e allargate. Ciò sta ad indicare che *gli eventi del 1995 sono avvenuti ad una distanza maggiore di quella degli eventi del 1994*. Inoltre, le onde del 1995 non sono cosí nitide e precise come quelle del 1994, ad ulteriore conferma della notevole lontananza da noi del luogo dove sono state generate.

Il **Grafico 1994\_10** riporta in dettaglio alcune delle "forchette" registrate nell'estate del 1994. La durata complessiva di questi singoli eventi é di circa 14 ÷ 15

---

<sup>6</sup>Il fotoreistore, dunque, può essere considerato un wattmetro per queste onde!

<sup>7</sup>La relazione (7), insieme alla (8), rappresenta uno dei punti importanti che ci ha permesso di conciliare il redshift di queste onde con l'energia sviluppata dagli eventi che le hanno generate.

<sup>8</sup>Con l'esistenza di uno spazio fisico quale mezzo di comunicazione per le forze, le espressioni per i redshift, le distanze, i tempi di percorrenza delle onde, etc... devono essere modificate rispetto a quelle attualmente in uso nella Fisica. Nelle **Appendici A.1** e **A.2** vengono riportate alcune delle espressioni utilizzate per fare questi calcoli.

giorni, mentre la distanza tra i due picchi delle "forchette", che rappresenta in qualche modo il tempo caratteristico dell'onda, é sempre piú o meno la stessa e risulta di circa 4 giorni, corrispondente, pressappoco, anche alla distanza tra le punte delle "forchette" rovesciate.

Il fronte di salita ha una durata di circa 6 giorni mentre la loro ampiezza, che rappresenta in qualche modo l'intensitá di questi eventi, é anch'essa sempre, piú o meno, la stessa ed é pari a circa  $0.50 \div 0.60$  V.

Il **Grafico 1995.10** riporta in dettaglio le onde registrate nell'estate del 1995. É possibile notare che sia l' allargamento che il tempo di salita sono circa 3 volte maggiore di quello delle onde del 1994 mentre le ampiezze sono circa 2.5 volte inferiori <sup>9</sup>.

Dal confronto tra queste due serie di eventi é stato possibile determinarne, per la prima volta, il *redshift*. Dai primi calcoli effettuati all'epoca delle registrazioni risultava, per gli eventi registrati nel 1994, un redshift pari a circa  $z = 1$  mentre agli eventi dell'estate 1995 corrispondeva un redshift prossimo a  $z = 5$  (v. **Appendice A.3**). Con questi valori di redshift gli eventi del 1994 risultavano posti ad una distanza di circa  $1/2$  del raggio dell'Universo visibile, mentre quelli del 1995 a circa  $5/6$  di detto raggio.

In seguito, dal confronto con altri eventi analoghi avvenuti negli anni successivi, in modo particolare con quelli di elevata intensitá registrati nell'Agosto 1999, é stato possibile migliorare sensibilmente la precisione di questi calcoli. Nell'**Appendice A.4** viene riportata questa analisi dettagliata.

Da questa analisi risulta che gli eventi del 1994 hanno un redshift di  $z = 1.5$  mentre per gli eventi del 1995 si ha redshift di  $z = 9$ . Con questi nuovi valori gli eventi del 1994 risultano posti ad una distanza di poco inferiore ai  $2/3$  del raggio dell'Universo visibile, mentre quelli del 1995 ad una distanza di circa  $9/10$  del medesimo raggio <sup>10</sup>. Inoltre, risulta che il tempo impiegato dalle onde per raggiungere il rivelatore é stato, rispettivamente, di circa *18 miliardi di anni* per gli eventi del 1994 e di *46 miliardi di anni* per gli eventi del 1995.

---

<sup>9</sup>All'epoca delle registrazioni era stata considerata, per i collassi di Luglio e Agosto 1995, una distanza media tra le punte di circa 12 giorni. Ossia, era stato identificato il primo collasso con i picchi 1 e 2 ed il secondo collasso con i picchi 3 e 4. Successivamente é stato possibile stabilire, invece, che il primo collasso é costituito dal picco 1 e 3, metro il secondo collasso é rappresentato dal picco 2 4, ossia una distanza media é di circa 16 giorni.

<sup>10</sup>I valori del redshift di tutti gli altri si ottiene dal confronto con quelli del 1994 (v. **Appendice A.4**):

$$z = w_{ratio} w_0 - 1$$

dove  $w_0$  é l'allargamento dell'onda di riferimento (1994) che é pari a  $w_0 = 2.5$ . Per cui, per le onde del 1995 si ottiene:

$$z_1 = w_0 - 1 = 1.5$$

$$z_2 = \frac{16}{4} 2.5 - 1 = 9$$

Per gli eventi del 1995 si tratta di un tempo che é di *gran lunga maggiore*, secondo le teorie oggi piú accreditate, dell'età dell'Universo. Si ritornerà in seguito su questo importante punto <sup>11</sup>.

## 4 Onde Gravitazionali

**Cosa rappresentano, dunque, le "forchette" positive registrate dal rivelatore?** Per come é costruito il rivelatore, valori crescenti della tensione rappresentano situazioni in cui si ha una *diminuzione della costante dielettrica* e, di conseguenza, *aumenta la velocità della luce*. Ne consegue che le "forchette" positive rappresentano onde gravitazionali con "espansione" dello spazio.

Si tratta di onde generate a seguito di "collassi" gravitazionali improvvisi di oggetti celesti supermassicci, del tipo quasar o simili, che hanno raggiunto una massa critica per cui la pressione interna dovuta alla elevata temperatura non riesce piú a resistere alla contrazione gravitazionale. La velocità di caduta su se stessa della materia che costituisce il corpo diventa prossima alla velocità della luce, generando localmente una quantità enorme di energia, capace di "perforare" (o curvare!) lo spazio circostante e "uscire" dall'Universo.

Durante il collasso del corpo si crea una violenta onda gravitazionale ed é rappresentata dal fronte di salita della "forchetta", la quale ha una durata di circa  $2 \div 3$  giorni (effettivi) <sup>12</sup>.

La "uscita" del corpo celeste dall'Universo é rappresentata dalla punta del primo picco ed avviene in un tempo di circa  $10 \div 15$  minuti! Una volta uscito, *il corpo celeste non fa piú sentire i suoi effetti gravitazionali* e, venendo a mancare la materia nell'intorno, *lo spazio circostante si "richiude"* ad altissima velocità.

Nel frattempo, lo spazio messo in moto durante la fase di collasso va a premere nel punto dove si é avuta l' "uscita" del corpo provocando il *rimbalzo* che genera il secondo picco (piú alto e arrotondato) della "forchetta". Dopodiché lo spazio torna a riposo nel giro di circa 2.4 giorni (effettivi).

La **Figura 1** riporta, in forma schematizzata, l'onda relativa a questo evento.

### Cosa rappresentano le "forchette" rovesciate registrate dal rivelatore?

Poiché valori decrescenti della tensione rappresentano situazioni in cui si ha un *au-*

---

<sup>11</sup>I calcoli sono stati effettuati utilizzando per la costante di Hubble il valore di 15 km/s per milione di anni-luce. Anche se si utilizzasse un valore diverso per questa costante il problema della enorme distanza da noi dell'evento dell'estate del 1995 non cambierebbe, poi, di molto!

<sup>12</sup>La correzione dei tempi dovuta al redshift viene effettuata nel modo seguente:

$$T_{\text{corretta}} = T_{\text{misurata}} \frac{z}{z+1}$$

per cui, per i collassi del 1994 si ottiene:

$$T_{\text{corretta}} = 4 \frac{1.5}{1.5+1} = 2.4 \text{ giorni}$$

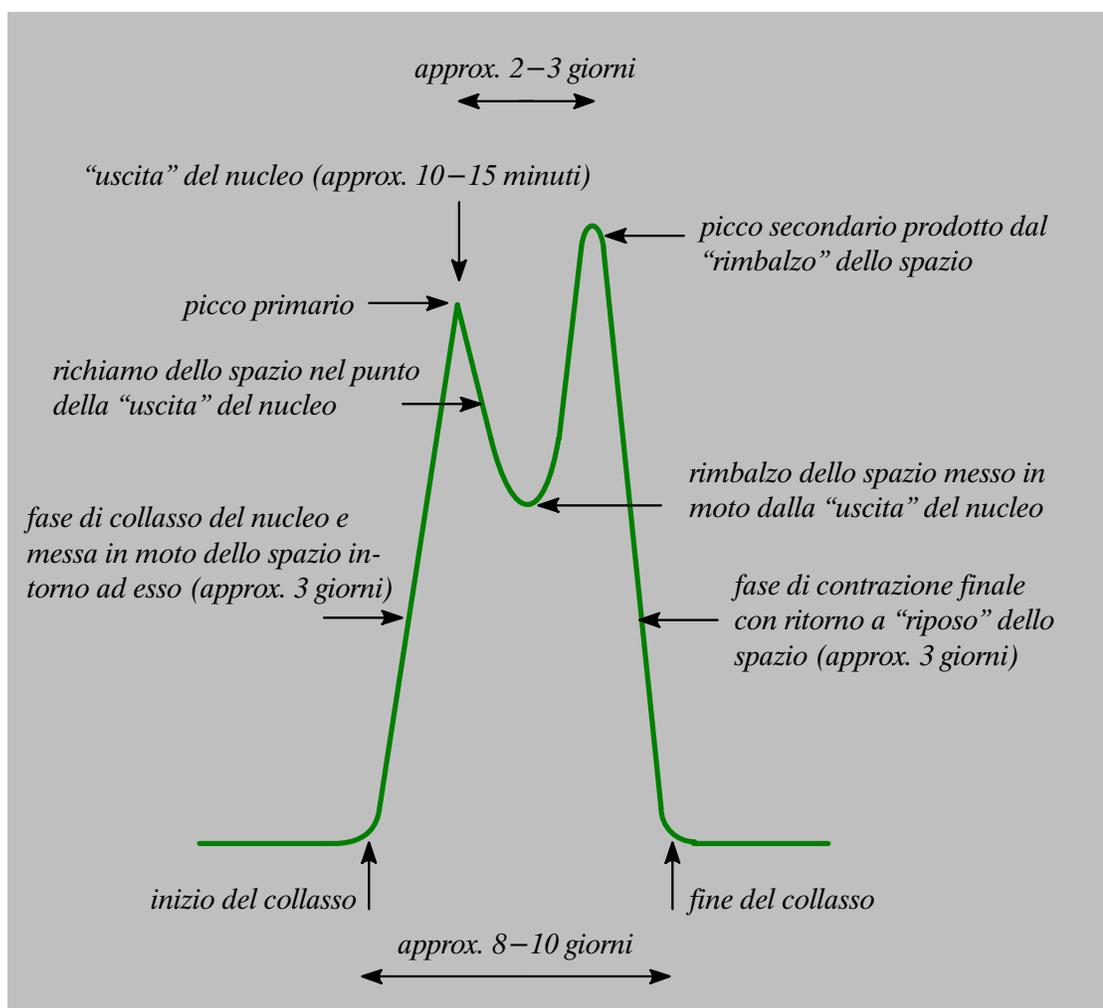


Figura 1: Onda Gravitazionale prodotta dall' "uscita" di un nucleo

mento della costante dielettrica e, di conseguenza, *diminuisce la velocità della luce*. Ne consegue che le "forchette" rovesciate rappresentano *onde gravitazionali con "contrazione" dello spazio*. Si tratta, in questo caso, di *corpi celesti già collassati in precedenza che rientrano a far parte dell'Universo!*

Appena entrato nell'Universo, il corpo fa sentire subito i suoi effetti gravitazionali per cui ha inizio una fase di collasso della materia di cui è costituito, che è rappresentato dal fronte di discesa dell'onda. Durante il collasso viene messo in moto lo spazio circostante il cui conseguente rimbalzo produce il secondo picco (arrotondato) dell'onda. In questo caso il rimbalzo dello spazio (che avviene intorno al corpo!) è di più modesta entità per cui il secondo picco è meno profondo del primo. La **Figura 2** riporta, in forma schematizzata, l'onda gravitazionale relativa a questo evento.

Perché si preferisce parlare di "ingresso" e non dell'esplosione/espansione del corpo celeste? La ragione è la seguente. È molto difficile immaginare una esplo-

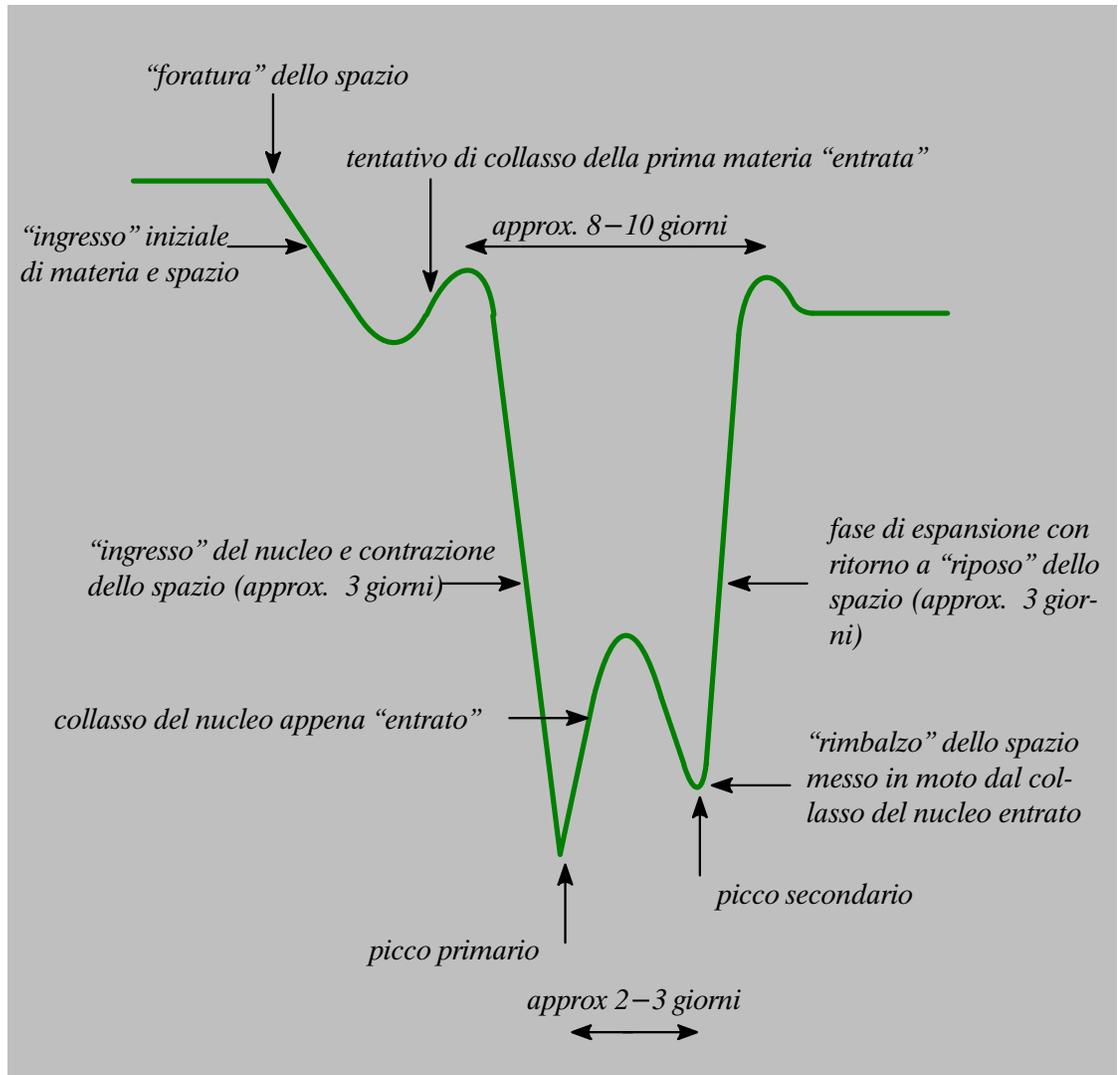


Figura 2: Onda Gravitazionale prodotta dall' "ingresso" di un nucleo

sione/espansione della materia in così breve tempo e in presenza del forte campo gravitazionale prodotto da questi corpi celesti. Inoltre, a seguito della esplosione/espansione il corpo non avrebbe più ragione di contrarsi nuovamente e così rapidamente!

**Cosa rappresenta l'onda riportata nel Grafico 1995\_3?** In questo caso le cose sono andate diversamente. Innanzitutto c'è stata una serie di "ingressi" a catena come è testimoniato dal sensibile abbassamento della tensione sul rivelatore. Le conseguenti *forti oscillazioni locali dello spazio* hanno innescato la fase di collasso (v. circolo 13) <sup>13</sup>.

<sup>13</sup>Quando si parla di oscillazioni locali dello spazio, significa che i nuclei interni del QNM subiscono incontri ravvicinati per cui tentano di collassare ma, essendo ancora relativamente piccoli,

La fase di collasso é durata in tutto 5÷6 giorni (v. **Grafico 1995\_4**), al termine della quale l'oggetto in questione non ha avuto l'energia sufficiente a "perforare" lo spazio e "uscire" dall'Universo. A questo punto si potrebbe pensare che il tutto sarebbe dovuto rimbalzare indietro generando anche in questo caso un'onda a forma di "forchetta" del tutto analoga a quella degli eventi precedenti.

Perché il rimbalzo non c'è stato? Quando, in precedenza, si verificava un collasso con la "uscita" del corpo celeste dall'Universo, questo uscendo *non faceva piú sentire localmente i suoi effetti gravitazionali*, per cui *lo spazio circostante poteva richiudersi di nuovo*. In questo caso, invece, *tutta la materia che costituiva il corpo é rimasta sul sul luogo continuando ad esercitare i suoi effetti gravitazionali* rallentandone l'espansione che, a questo punto, ha rispettato le leggi dell'attrazione gravitazionale a noi note. Si é trattato, in sostanza, di un *collasso mancato*.

**Cosa rappresenta la grande "forchetta" registrata dal rivelatore tra la fine di Settembre e gli inizi di Ottobre del 1994 e la cui intensitá é sensibilmente superiore rispetto a tutte le altre (v. Grafico 1994\_4)?** In questo caso il collasso riguarderebbe un *corpo piú massiccio* degli altri e che é stato registrato con molta precisione dal rivelatore. Si tratta di uno dei piú grandi collassi fino ad oggi osservati! É possibile notare come nella parte terminale del primo picco la tensione sia aumentata in un solo giorno di circa 1.2 V, che rappresenta oltre il 10 % della tensione totale ai capi del ponte di Wheatstone ed in cui si é avuta una diminuzione della resistenza del fotoresistore di piú del 20 %! Il corrispondente incremento della velocitá della luce é stato pari a circa 36,000 km/s <sup>14</sup>.

Rispetto a quella degli altri collassi, la distanza tra le punte é aumentata passando da 4 giorni a circa 7.5 giorni, mentre l'ampiezza dell'onda é di circa 2.4 V (v. **Grafico 1994\_11**).

Poiché le dimensioni fisiche effettive del corpo celeste (e.g. raggio) sono proporzionali al tempo di salita dell'onda durante la fase di collasso, si é trattato di un oggetto che era 6 ÷ 7 volte piú massiccio degli altri per cui anche il rapporto delle rispettive energie sviluppate dovrebbe corrispondere a tale valore. Infatti, poiché *l'energia é data dal prodotto dell'ampiezza per il tempo di salita dell'onda*, risulta che questo collasso ha sviluppato un'energia circa 6 ÷ 7 volte piú elevata rispetto agli altri.

Un fenomeno analogo si é ripetuto durante la serie di collassi registrati nell'estate del 1998 e riportati nel **Grafico 1998\_5** in cui risulta evidenziata con il circolo 5 una "forchetta" avente una intensitá superiore alle altre.

---

*non hanno l'energia sufficiente per portare a termine il collasso.* Queste intense oscillazioni che si producono possono indurre i nuclei piú massicci a collassare.

<sup>14</sup>Infatti si ha:

$$\Delta c = 30 \cdot 1.2 \cdot 10^3 \approx 36,000 \text{ km/s}$$

dove 30 km/s per mV era il valore della costante  $K$  del rivelatore.

**Come avviene l' "ingresso" di un corpo celeste?** L' "ingresso" del corpo celeste nell'Universo può essere provocato dalle perturbazioni locali molto intense dello spazio generate durante il collasso di altri nuclei.

Talvolta il collasso della materia appena "entrata" è così violento che *il conseguente rimbalzo dello spazio (intorno al corpo stesso) è di entità tale da farlo "uscire" nuovamente dall'Universo.* Il picco secondario creato durante l'uscita può, a sua volta, farlo riemergere nuovamente. In alcuni casi si è notato che questo fenomeno di tipo oscillatorio può durare anche per alcuni cicli. Esempi di queste oscillazioni sono evidenziati dal circolo 13 del **Grafico 1995\_3**, dal circolo 2 del Grafico 1998\_3 e dal circolo 5 del **Grafico 1999\_3**.

## 5 Gli eventi registrati dal rivelatore

Nel **Grafico 1995\_5** è riportata l'attività complessiva del rivelatore dall'inizio (26 Aprile 1994) fino al 30 Giugno 1995.

Dall'analisi del redshift risulta che *la serie di onde registrate nell'estate 1994 rappresentano eventi che sono avvenuti in un ben determinato luogo dell'Universo.* Inoltre, *i singoli eventi rappresentati da queste onde hanno sviluppato, più o meno, tutti la stessa energia.*

Ciò significa che nella regione dell'Universo dove si sono verificati tali fenomeni *dovevano essere presenti più corpi celesti aventi dimensioni e caratteristiche fisiche molto simili tra di loro!* Il grafico mostra che si tratta di *un'unico fenomeno* il cui inizio dovrebbe risalire ai primi mesi del 1994 (quando il rivelatore non era ancora in funzione).

Dopo la serie di collassi a catena iniziali ed il grande collasso di Settembre/Ottobre, la tensione ha continuato ad aumentare fino a raggiungere, nel mese di Novembre 1994, un valore massimo assoluto di circa 2.4 V. Dopodiché è iniziato un periodo in cui si è assistito ad una serie continua di "ingressi" di materia che è durata fino a metà Gennaio 1995 (v. circoli 9, 10, 11, e 12) che hanno portato ad un abbassamento della tensione del rivelatore fino ad un valore di circa -0.6 V, cui sono seguite delle intense oscillazioni locali dello spazio che hanno innescato il collasso "mancato" di Febbraio/Marzo 1995. In questo periodo si registra un abbassamento della velocità della luce di ben 120,000 km/s <sup>15</sup>!

Il redshift di queste onde risulta pari a  $z = 1.5$ , per cui la famiglia di onde registrate proviene da un *unico luogo dell'Universo*, la cui distanza da noi era pari a *2/3 del raggio dell'Universo visibile e le cui onde sono partite circa 18 miliardi di anni fa!*

Nel **Grafico 1996\_3** è riportata l'attività complessiva del rivelatore nel periodo che va dal 1 Giugno 1995 fino al 30 Settembre 1996, mettendo a confronto oltre un anno di registrazioni. Anche questo grafico rappresenta un *unico fenomeno avvenuto in un'altra e ben determinata regione dell'Universo.* Tutto l'evento ha

---

<sup>15</sup>Il valore della costante dello strumento era passata, nel frattempo, dai 30 km/s ai 40 km/s per mV.

avuto inizio con l'ingresso di materia registrato nel Giugno/Luglio 1995, cui hanno fatto seguito i due collassi parzialmente sovrapposti esaminati in precedenza.

Il redshift di queste onde risulta essere pari a  $z = 9$ , per cui la famiglia di onde registrate proviene da un unico luogo che era distante *9/10 del raggio dell'Universo visibile* e le cui onde sono partite circa *46 miliardi di anni fa!*

Dopo la coppia di onde dell'Agosto 1995 é iniziato un periodo caratterizzato da una serie continua di "ingressi" di materia che é durata fino ai primi di Marzo 1996 (v. circoli 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11) che hanno portato la tensione del rivelatore ad un valore di circa -1.4 V, che risulta essere il valore piú basso in assoluto fino ad oggi registrato! La corrispondente diminuzione della velocità della luce é stata di 84,000 km/s.

Dopo aver raggiunto questo minimo, la tensione sul rivelatore ha iniziato a salire nuovamente ritornando, alla metà di Agosto 1996, intorno alla linea dei 0 V. Questo periodo é determinato da una serie di collassi a catena (v. circoli 12, 13, 14, 15 e 16). Nei circoli 12 e 13 é ancora possibile distinguere un'onda a forma di "forchetta" la cui distanza tra le punte é sempre pari a circa 16 giorni, mentre dal circolo 14 in poi non si riesce a distinguere piú nulla. Si vede soltanto la tensione salire, indizio di collassi multipli.

Dopo il mese di Agosto 1996 e per circa 3 mesi la tensione si é mantenuta praticamente costante, ma dalla seconda metà di Novembre 1996 ha avuto inizio una brusca discesa che indica una probabile uscita dal groviglio delle onde che hanno caratterizzato l'aspetto del grafico dei mesi precedenti.

Dai primi di Dicembre 1996 si osserva (v. **Grafico 1997\_3**) una nuova fase in cui le onde si vedono piú distintamente. Nella seconda metà di Dicembre si assiste ad una rapida salita della tensione che termina con una altrettanta rapida discesa, indice di un collasso. Comportamenti analoghi sono presenti nei mesi successivi fino a Marzo 1997. Si tratta, comunque, di una serie di collassi sovrapposti ed in fase di esaurimento in cui risulta difficile identificare le "forchette" <sup>16</sup>.

Dopo la serie di picchi registrati nei primi mesi del 1997, dai primi di Giugno, improvvisamente, inizia una salita della tensione fino a portarsi ad un valore massimo di circa 1.3 V. Dopodiché lo strumento inizia a registrare una nuova serie continua di onde.

Se si osserva piú attentamente il **Grafico 1997\_4**, é possibile identificarvi due serie di collassi parzialmente sovrapposti. Piú in particolare, si puó notare una serie di collassi la cui distanza tra le punte é pari a 9 giorni ed un'altra serie di collassi la cui distanza tra le punte é di 11 giorni. Piú precisamente si ha <sup>17</sup>:

---

<sup>16</sup>Il rivelatore non ha proprietà direzionali. Ossia, non é in grado di rivelare le onde provenienti da una ben determinata direzione.

<sup>17</sup>Infatti per queste onde si ha:

$$z_1 = \frac{9}{4} 2.5 - 1 = 4.6$$

$$z_2 = \frac{11}{4} 2.5 - 1 = 5.9$$

- circolo 2: un collasso con redshift  $z = 4.6$
- circolo 3: due collassi entrambi con redshift  $z = 5.9$
- circolo 4: un collasso con redshift  $z = 4.6$
- circolo 5: un collasso con redshift  $z = 4.6$

Si tratta di eventi che, rispetto al precedente, sono avvenuti in tempi piú recenti ed in altri settori dell'Universo piú vicini a noi.

Nel **Grafico 1998\_4** sono riportate le registrazioni effettuate dal 1 Ottobre 1997 fino al 30 Settembre 1998. Nella seconda metà di Ottobre, il punto del grafico contrassegnato con il circolo 1 segna l'inizio di una serie di forti oscillazioni locali dello spazio, evidenziati con i circoli 2, 3 e 4. Non sembra trattarsi di ingressi di materia in quanto non é riconoscibile il doppio picco della "forchetta" rovesciata.

Queste forti perturbazioni, come si vedrá, hanno innescato una serie di collassi a catena che si sono protratti per tutto il 1998. Il primo di questi collassi é, molto probabilmente, quello evidenziato con il circolo 5, anche se risulta molto disturbato dalle oscillazioni che erano ancora presenti. Dopodiché si puó distinguere abbastanza bene (v. circoli 6, 7, 8 e 9) una serie di collassi a catena. I picchi secondari delle "forchette", sono tutti ben visibili nonostante le distorsioni presenti, dovute alla notevole distanza. I picchi primari risultano meno visibili

La distanza tra le punte di queste "forchette" é di circa 17 giorni, cui corrisponde un redshift di  $z = 9.6$ . Ciò significa che questa serie di eventi si trovava a oltre 9/10 del raggio dell'Universo Visibile, il cui segnale é partito oltre 47 miliardi di anni fa. Si puó notare come le onde ricevute sono molto arrotondate, indice di forti distorsioni subite durante il lungo viaggio.

Sullo stesso grafico é stato evidenziato il periodo corrispondente ai mesi da Luglio a Settembre 1998 in cui risulta evidente una nuova serie di collassi che si sono sovrapposti al collasso generale che era già in corso. Tali eventi sono avvenuti in un'altra regione dell'Universo ad una distanza molto minore, come dimostra il piú basso valore del redshift e la loro maggiore intensità, per cui emergono distintamente dalle onde sottostanti.

Il **Grafico 1998\_5** riportata in dettaglio la serie di collassi avvenuti nel periodo da Luglio a Settembre 1998. Contrassegnati con i circoli 1 e 2 risultano ben visibili due "forchette" relative ad altrettanti collassi. La distanza tra le punte é pari a 4.5 giorni, cui corrisponde un redshift di  $z = 1.8$ . Il circolo 3 evidenzia altro un collasso della stessa serie, mentre nel circolo 4 si distingue una coppia di collassi il cui picco intermedio, molto piú grande, é la sovrapposizione di un picco secondario e di uno primario. Anche questi collassi hanno un redshift di  $z = 1.8$ . Con il circolo 5 si distingue molto nettamente un'altro collasso avente caratteristiche del tutto simili a quello avvenuto nel Settembre e Ottobre 1994. Anche in questo caso si tratta di un oggetto sensibilmente piú massiccio degli altri che é collassato per ultimo.

Il **Grafico 1999\_3** pone a confronto le onde gravitazionali arrivate al rivelatore dal 1 Ottobre 1998 fino al 30 Giugno 1999. Nel mese di Ottobre 1998 si vede un

collasso molto lontano (v. circolo 1), cui hanno fatto seguito altri due collassi parzialmente sovrapposti (v. circoli 2 e 3), dopodiché si assiste ad una rapida discesa della tensione. La distanza media delle punte é di circa 11 giorni, cui corrisponde un redshift di circa  $z = 5.9$ . Si tratta, pertanto, di collassi che non fanno parte delle serie precedenti i cui segnali, partiti oltre 38 miliardi di anni fa. Le onde appaiono di bassa intensità a causa della scala delle ordinate che é stata utilizzata per costruire questo grafico. Dopo questi collassi la tensione é scesa di quasi 0.5 V, in 15 giorni. Da metà di Novembre 1998 (v. circolo 4) ha inizio una serie di forti oscillazioni locali dello spazio (v. circolo 5) che sono durate per circa 2 mesi.

Nella seconda metà di Gennaio 1999 si assiste all'ingresso di un corpo celeste, molto probabilmente innescato dalle forti oscillazioni dello spazio che erano presenti in quel momento. Nel mese di Febbraio 1999 si vede molto bene (v. circolo 6) la "forchetta" rovesciata relativa a questo evento, la cui distanza delle punte é di circa 13 giorni cui fa subito seguito, nel mese di Marzo 1999, un collasso (v. circolo 7) piuttosto distorto la cui "forchetta" mostra una distanza tra le punte anch'essa di circa 13 giorni corrispondente a un redshift  $z = 7.1$ . Con questo evento ha avuto inizio una nuova serie di collassi a catena (v. circoli 8, 9 e 10) al termine della quale la tensione é salita a circa 1.8 V.

Nei mesi di Luglio e Agosto 1999, altri collassi che si sono sovrapposti al collasso generale che era già in corso (v. **Grafico 1999\_4**). Tali eventi sono avvenuti in altre regioni dell'Universo e a distanze molto minori, come dimostra il basso valore del redshift e l'intensità molto più elevata di queste onde, per cui riescono ad emergere molto distintamente dalle onde sottostanti. Le onde contrassegnate con i circoli 11, 12 e 13 appartengono, molto probabilmente, ancora al collasso generale che era in corso ma non ci sono elementi certi al riguardo.

Il **Grafico 1999\_5** riporta, in forma ingrandita, le registrazioni relative ai mesi da Luglio a Settembre 1999. Nella seconda metà di Luglio é visibile un collasso (v. circolo 1) la cui distanza tra le punte della "forchetta" é di circa 7 giorni, cui risulta un redshift di  $z = 3.4$ .

A metà di Agosto si assiste ad un altro collasso (v. circolo 2) avente lo stesso redshift di quello registrato nel mese precedente. Il secondo picco di questo nuovo collasso non é ben visibile in quanto, contemporaneamente a questo, si é avuto un altro collasso la cui "forchetta" emerge molto distintamente (v. circolo 3). Quest'ultimo collasso é avvenuto ad una distanza molto inferiore rispetto agli altri due precedenti. Dalla distanza delle punte che é di 2.5 giorni, risulta un redshift di circa  $z = 0.6$ . L'ampiezza di quest'ultima onda, se non si considera il picco secondario del collasso precedente dovrebbe essere intorno a 1.0 V. Si tratta (v. **Grafico 1999\_6**) del collasso più vicino a noi fino ad oggi registrato e la cui distanza da noi al momento del collasso era di circa  $9 \div 10$  miliardi di anni-luce! Il ginocchio che é visibile durante la salita dell'onda, evidenziato con il circolo 6, é il risultato della parziale sovrapposizione (del tutto casuale!) con il collasso precedente. A seguito di questa sovrapposizione, il segnale del rivelatore ha raggiunto il valore piú elevato finora registrato, pari a circa 3.4 V. Il corrispondente aumento della velocità della

luce é stato superiore a 120,000 km/s!

Negli ultimi giorni di Agosto il rivelatore ha registrato un altro collasso della stessa intensitá di quello precedente (v. circolo 4), in cui é possibile distinguere chiaramente il primo picco ma sembra mancare del tutto il secondo picco. Si potrebbe pensare ad un collasso mancato analogo a quello osservato nel 1995. Ma non é cosí, come viene confermato dalla ripida discesa dell'onda. Quasi sicuramente il secondo picco si é avuto in concomitanza dell'inizio di un successivo ingresso di materia (v. circolo 6).

Dopo i collassi di elevata intensitá registrati nell'Agosto 1999 la tensione ai capi del rivelatore ha iniziato a scendere, raggiungendo alla fine di Gennaio 2000 un valore minimo di circa 1.8 V. A partire dai primi di Marzo 2000, la tensione ha ripreso nuovamente a salire, anche se molto lentamente.

Nel **Grafico 2000\_4** é riportata l'attivitá complessiva del rivelatore nel periodo che va dal 1 Gennaio 2000 fino al 31 Dicembre 2000. Anche in questo caso si puó distinguere una serie di collassi a catena avvenuti a notevole distanza da noi, quasi ai confini dell'Universo visibile. Le relative forchette, sia positive che negative, sono praticamente irriconoscibili. La distanza tra le punte dovrebbe essere di circa 20 giorni (v. circoli 1, 2, 3, 4 e 5), per cui il redshift sarebbe di oltre  $z = 11 \div 12$ .

Tra la fine di Agosto e l'inizio di Settembre si é registrato un collasso che non appartiene alla serie giá in corso. Nel **Grafico 2000\_5** sono riportati i dettagli dell'onda registrata la quale risulta essere stata disturbata dall'arrivo di altre onde piuttosto basse e confuse. Non é possibile fare delle considerazioni piú precise su questo collasso.

## 6 Quasar a Nucleo Multiplo

I fenomeni osservati ci inducono a ritenere che gli eventi sopra descritti appartengano a corpi celesti, supermassicci, che costituiscono un nuovo tipo di *Quasar a Nucleo Multiplo* (QNM). Questi oggetti celesti sono formati da un elevato numero di nuclei (fino a qualche decina) che orbitano strettamente l'uno intorno all'altro come fanno le stelle di un ammasso globulare compatto.

Il raggio effettivo di ciascun nucleo dovrebbe essere di  $2 \div 3$  giorni-luce, mentre le dimensioni complessive di questi QNM sarebbero pari a circa 3 mesi-luce di raggio medio <sup>18</sup>.

Il meccanismo di funzionamento di questo particolare tipo di QNM sembra essere il seguente. Quando uno dei nuclei ha raggiunto una massa critica collassa a causa del sopravvento della contrazione gravitazionale sulla pressione interna dovuta alla sua elevata temperatura. Durante la contrazione, che avviene alla velocitá della luce, si genera localmente una quantitá enorme di energia capace di "perforare" lo spazio e consentire al nucleo di "uscire" dall'Universo.

---

<sup>18</sup>Le dimensioni approssimative di un QNM si determinano, anch'esse, a partire dalla durata totale dell'evento corretta per il redshift.

Il nucleo, una volta uscito dall'Universo, rimane "sepolto" nello spazio e, a causa di questo suo isolamento, non può più disperdere la sua energia residua. Ma in futuro, può "riemergere" nuovamente nel punto dove è uscito.

Dai grafici analizzati si è potuto osservare che quando uno dei nuclei collassa fa da detonatore per gli altri che gli sono vicini, innescando una serie di collassi a catena fino all'esaurimento dei più massicci. Durante questa serie di collassi, a causa delle perturbazioni locali dello spazio prodotte, alcuni nuclei collassati in precedenza possono riemergere dallo spazio e rientrare a far parte del QNM, contribuendo a prolungarne la sua vita. Si parlerà, in questo caso, di *riciclaggio di vecchia materia* all'interno del QNM <sup>19</sup>.

Il fenomeno del *riciclaggio di materia*, si vede abbastanza bene nel **Grafico 1996\_3**, nel **Grafico 1998\_4** e nel **Grafico 1999\_4**. I nuclei di cui erano formati questi QNM dovevano essere qualche decina.

Il tempo che un nucleo impiega per collassare dipende dalla materia di cui dispone intorno a sé. Più il QNM invecchia più aumentano i suoi nuclei, fino a quando non esaurisce tutto l'ammasso di galassie e piccoli quasar che ha intorno a sé, dopodiché ha inizio una fase di rallentamento dei collassi.

Il QNM del 1995/1996 doveva essere molto vecchio e questo si vede molto bene osservando il **Grafico 1996\_3**, mentre il QNM del 1997/1998 doveva avere, invece, molti meno nuclei <sup>20</sup>.

## 7 Discussione

Da quanto riportato nei precedenti paragrafi sorgono, subito, alcune domande.

1. Perché questi corpi che collassano non sono visibili con i tradizionali sistemi ottici o elettromagnetici, data l'altissima energia che viene sviluppata?

Il collasso di un nucleo avviene a velocità molto prossime a quella della luce per cui risulta praticamente invisibile a qualsiasi osservatore in quanto il *redshift proprio* è elevatissimo. L'oggetto che collassa è visto allontanarsi ad altissima velocità da un qualsiasi osservatore posto nell'Universo. Se a ciò si aggiunge il *redshift di allontanamento* da noi di questi oggetti, causato dall'espansione continua dell'Universo, diventa praticamente impossibile vederli collassare.

Gli unici oggetti che potrebbero vedersi sono i nuclei che riemergono all'interno del QNM in quanto la maggior parte dell'energia emessa è costituita da raggi cosmici altamente energetici e da equivalenti raggi gamma. Ma la presenza dello spesso guscio di gas ad altissima temperatura che avvolge l'intero

---

<sup>19</sup>Si preferisce parlare, qui, di vecchia materia riciclata per distinguerla dall'ingresso di nuova materia, ossia di *materia che entra per la prima volta nell'Universo*.

<sup>20</sup>Perché lo riteniamo essere molto vecchio? Primo, il numero di nuclei che rientrano è alquanto elevato, e questo è un primo indizio in quanto questi nuclei erano collassati in precedenza. Secondo, i successivi collassi a questi rientri hanno formato un grafico con una collina alta e piatta della durata di circa 7 mesi indice, questo, dell'elevato numero di nuclei collassati.

QNM non permette alla radiazione elettromagnetica di uscire direttamente. Ciò che potremmo vedere di questi eventi é soltanto un aumento dell'energia elettromagnetica complessiva emessa dal QNM <sup>21</sup>.

2. Perché non si osserva anche l'emissione di radiazione elettromagnetica durante questi eventi?

Innanzitutto, occorre precisare che ciò che lo strumento registra *é solo l'energia gravitazionale*. Nei grafici *non vi é traccia di energia elettromagnetica*.

La parte elettromagnetica di questa energia arriverá all'osservatore *molto tempo dopo*, in quanto le onde elettromagnetiche viaggiano a *velocité medie* inferiori rispetto alle onde gravitazionali, poiché subiscono deviazioni e/o distorsioni molto superiori durante la loro propagazione nello spazio <sup>22</sup>.

3. Quale é l'energia di queste onde?

Se consideriamo, ad esempio, le forchette dell'estate 1994 (v. **Grafico 1994\_10**), all'arrivo di queste onde si é registrata una variazione della velocità della luce pari a <sup>23</sup>:

$$\Delta c = K \Delta V_{CD} \approx 30 \cdot 0.50 \cdot 10^3 = 15,000 \text{ km/s} \quad (10)$$

per cui l'energia trasportata da queste onde risulta:

$$\Delta U \approx c^2 - (c_0)^2 = 315,000,000^2 - 300,000,000^2 \approx 10^{16} \text{ J/kg} \quad (11)$$

É stato verificato che se venisse convertita in materia tutta questa energia, utilizzando la ben nota relazione di Einstein, *si otterrebbe una massa pari a circa  $10^{28} \div 10^{29}$  masse solari, ossia una massa di parecchi ordini di grandezza superiore a quella presente nell'Universo visibile!*

Questo fatto ci induce a ritenere che durante il collasso di un nucleo, non solo collassa la materia di cui é costituito, ma con questa *collassa anche lo spazio che il nucleo trattiene intorno a sé*. Pertanto, l'enorme quantità di energia di queste onde (e di cui noi non ci accorgiamo!) viene fornita solo in piccolissima parte dalla materia che collassa e, in massima parte, dallo spazio che collassa insieme alla materia stessa.

---

<sup>21</sup>Occorre tenere presente che quando un nucleo riemerge, pur avendo ancora tutta la sua massa, la materia di cui é costituito risulta (quasi) priva di energia in quanto perduta quasi totalmente durante il precedente collasso.

<sup>22</sup>Alla luce delle ultime osservazioni telescopiche, si osservano nell'Universo alcuni quasar molto luminosi i quali hanno la caratteristica di produrre immagini di galassie poste dietro di loro a forma di archi luminosi (v. **Abel 2218**). Dopo l'osservazione dei fenomeni qui riportati, sono questi gli oggetti che occorrerebbe tenere d'occhio perché potrebbero essere i futuri candidati per questi collassi. Qualcuno di questi oggetti potrebbe essere, addirittura, già collassato!

Dalle riprese del telescopio spaziale risulta che questi archi si estendono in molti casi per centinaia di migliaia di anni-luce di distanza!

<sup>23</sup>Questo valore si ricava a partire dalla costante  $K$  di calibrazione dello strumento che, a quel tempo, aveva un valore di circa 60 km/s per mV.

4. Quale é la massa di questi nuclei?

Ad oggi la massa di questi nuclei é stata calcolata con una discreta approssimazione ed il suo valore dovrebbe essere di  $2.5 \div 5$  *miliardi di masse solari*<sup>24</sup>.

Questi particolari QNM, a causa della loro elevatissima massa, agiscono come dei potentissimi attrattori aspirando, letteralmente, tutta la materia che si trova nelle loro vicinanze, galassie comprese. Essi ricavano l'enorme quantità di energia di cui hanno bisogno per vivere solo in parte dalla (quasi) totale conversione in energia della materia in caduta libera sulla loro superficie. La maggior parte dell'energia gli viene fornita dalla loro interazione con le onde gravitazionali generate dai nuclei che collassano o che riemergono localmente.

5. Cosa producono queste intense onde gravitazionali che arrivano continuamente sulla Terra?

*Le onde gravitazionali interagiscono con i campi magnetici.* Poiché anche la Terra possiede un campo magnetico che risulta tanto più intenso quando più si scende in profondità, quando arriva un'onda gravitazionale si genera in profondità una forza maggiore che in superficie. Questa differenza, provoca un *rallentamento momentaneo del nucleo della Terra e, di conseguenza, uno slittamento verso Est della crosta terrestre*<sup>25</sup>.

Secondo le nostre stime il valore dello slittamento ammonterebbe a circa 1 metro per le grandi onde e per tutta la durata dell'evento. A prima vista sembra essere poco ma, considerando l'entità della massa della crosta terrestre, l'energia sviluppata é sufficiente per dare luogo a tutta una serie di fenomeni di tipo geologico molto intensi.

Il primo di questi fenomeni é quello delle *scosse sismiche*. Durante il fronte di salita dell'onda si verificano scosse sismiche, *quasi simultaneamente su tutta la fascia equatoriale della Terra*, poiché in tale zona la velocità di rotazione é maggiore, mentre ai poli non accade, in pratica, nulla.

La salita molto rapida dell'onda che é partita il 16 di Agosto 1999 ha provocato una serie di *terremoti molto che si sono avuti contemporaneamente su tutta la superficie terrestre*, che si sono ripetuti nuovamente verso la fine del mese a causa dell'arrivo della seconda onda.

Il secondo di questi fenomeni consiste nella *riattivazione di tutti quei vulcani che si trovano in equilibrio precario*. Questo secondo fenomeno si osserva con

---

<sup>24</sup>La massa di cui si parla é quella "propria" o particellare. La maggior parte della massa di questi nuclei é rappresentata dalla massa gravitazionale la quale é costituita dalla massa "propria" più lo spazio addensato intorno al nucleo. La massa gravitazionale, per questi nuclei, é circa  $10^{18} \div 10^{19}$  volte superiore a quella "propria" e risulta anche pari al rapporto tra l'energia emessa con le onde gravitazionali e quella emessa con le onde elettromagnetiche.

<sup>25</sup>Si tratta di un fenomeno del tutto analogo a quello che vediamo accadere sul nostro *sensore magnetico* che é in funzione da parecchi anni, e che consiste di una forza generata dall'onda gravitazionale quando attraversa un conduttore sottoposto all'azione di un campo magnetico.

qualche mese di ritardo rispetto al primo. Infatti, nei mesi successivi si sono riattivati nel mondo tutta una serie di vulcani. In Italia, a partire dall'Etna e verso Nord molti vulcani hanno ripreso ad eruttare intensamente.

6. Cosa producono queste onde gravitazionali sul Sole?

Sappiamo che il Sole ha un *campo magnetico che é di gran lunga piú elevato* di quello presente sulla Terra. Inoltre, sappiamo che il Sole possiede un conducibilitá elettrica molto elevata. Per cui, in questo caso, *il riscaldamento prodotto all'interno del Sole dall'arrivo delle onde gravitazionali é di gran lunga piú elevato* e, inoltre, a causa della elevata conducibilitá questo calore raggiungerá la superficie in tempi molto piú lunghi.

Per quello che si é potuto osservare a seguito dei collassi dell'Agosto 1999, l'attivitá vulcanica sulla Terra si é ridotta solo dopo circa  $6 \div 8$  mesi. Per quanto riguarda il Sole ancora non siamo in grado di dire nulla di piú preciso.

Non sappiamo, ad esempio, se l'intensa attivitá solare registrata in questi ultimi tempi sul Sole sia stata provocata dalle intense onde gravitazionali del 1994 oppure da altre arrivate in precedenza!

7. Perché non si é utilizzata la formula "relativistica" per il redshift?

La spiegazione é molto semplice. *La formula "relativistica" non funziona, mentre la formula "classica" é in accordo con le osservazioni.*

Per quanto ci riguarda, pensiamo che i fenomeni (soprattutto quelli gravitazionali) che avvengono nell'Universo *possano essere meglio compresi in termini di velocitá della luce variabile*, per cui non ci meraviglia il fatto che la formula relativistica possa essere in difetto per queste onde.

Sappiamo, d'altronde, che le due espressioni per il redshift tendono a coincidere per bassi valori del redshift ( $z < 0.5$ ) e che l'espressione relativistica, oggi molto utilizzata per le onde elettromagnetiche, *non ha ancora fornito risultati convincenti per grandi distanze ( $z > 1$ )*. La **Figura 3** riporta il confronto tra queste due relazioni.

8. Come é possibile conciliare la Fisica di oggi con una velocitá della luce variabile?

Sappiamo che l'Elettromagnetismo viene, oggi, spiegato in termini di velocitá della luce costante. Il problema é, dunque, quello di verificare se e come l'Elettromagnetismo *possa essere reso compatibile con una velocitá della luce variabile*.

Ma vedremo che *l'Elettromagnetismo é perfettamente compatibile con una velocitá della luce variabile!* Tutto ciò che occorre é *l'esistenza di uno spazio fisico quale mezzo di comunicazione per le forze (elettrica, magnetica e gravitazionale)*.

9. È possibile conciliare i fenomeni osservati con le teorie oggi più accreditate sul funzionamento dell'Universo?

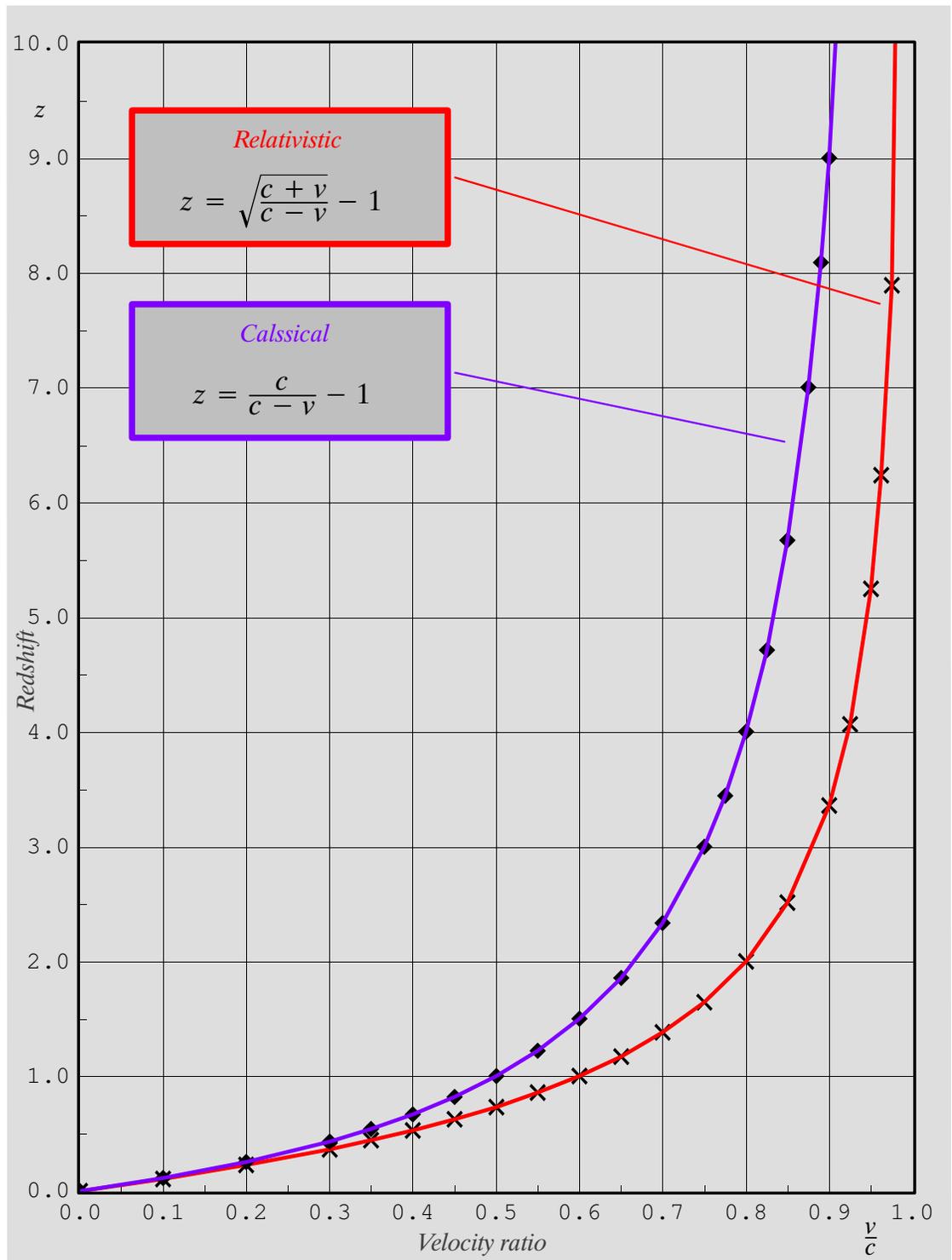


Figura 3: Confronto tra redshift "classico" e "relativistico"

Siamo, ormai, convinti che questa conciliazione *non sia possibile*. Si osservano molto chiaramente eventi che sono avvenuti  $40 \div 50$  miliardi di anni fa ed i cui protagonisti (ossia i nuclei del QNM) erano già di per se stessi molto vecchi. E tutto questo non può essere in accordo con un Universo che si è formato per la prima volta circa 15 miliardi di anni fa!

Personalmente preferiamo fare a meno delle attuali teorie e dare più credito a ciò che registra questo rivelatore. Inoltre, preferiamo teorie sul funzionamento dell'Universo che siano *più semplici e più comprensibili*, dove possano trovare una giusta collocazione anche molti altri fenomeni osservati in queste ultime decine di anni e che non hanno ancora avuto la considerazione che meritano.

# A APPENDICE

## A.1 Redshift

Con l'esistenza di uno spazio fisico quale mezzo di comunicazione per le forze, le espressioni per i redshift, le distanze, i tempi di percorrenza delle onde, etc... devono essere modificate rispetto a quelle attualmente in uso nella Fisica le quali si basano, essenzialmente, sulla Teoria della Relatività.

Vengono qui riportate alcune delle espressioni utilizzate nei calcoli. Per il *redshift*  $z$  si ha:

$$z = \frac{c}{c - v} - 1 \quad (12)$$

da cui ne consegue per la *velocità di allontanamento*  $v$ :

$$v = c \frac{z}{z + 1} \quad (13)$$

L'allargamento,  $w$ , dell'onda é dato da:

$$w = z + 1 \quad (14)$$

La distanza  $r_0$  dall'osservatore (e.g. il rivelatore) del luogo dell'evento si ricava dal redshift  $z$  mediante la seguente espressione:

$$r_0 = R_U \frac{z}{z + 1} \quad (15)$$

dove  $R_U$  é il *raggio dell'Universo visibile*, il quale é legato alla costante di Hubble  $H_0$  ed alla velocità della luce  $c$  dalla seguente relazione:

$$R_U = \frac{c}{H_0} \quad (16)$$

Il tempo  $\Delta t$  di percorrenza dell'onda prima di raggiungere l'osservatore risulta pari a:

$$\Delta t = t_H \ln(z + 1) \quad (17)$$

dove  $t_H$  é il *tempo di Hubble*, definito come segue:

$$t_H = \frac{R_U}{c} \quad (18)$$

La *distanza  $r_w$  percorsa dall'onda* prima di raggiungere l'osservatore risulta::

$$r_w = c \Delta t = c t_H \ln(z + 1) \equiv R_U \ln(z + 1) \quad (19)$$

La distanza  $r$  dell'oggetto celeste che ha generato l'evento, nell'istante in cui l'onda raggiunge il rivelatore, é data dalla seguente espressione:

$$r = r_0 e^{\frac{\Delta t}{t_H}} \quad (20)$$

Per cui, utilizzando la (17) nella (20) risulta che:

$$r = r_0 (z + 1) \quad (21)$$

## A.2 Il redshift delle onde gravitazionali

É ben noto che l'energia  $\dot{U}$  trasportata per unitá di tempo da un'onda risulta pari a:

$$\dot{U} = 4 \pi r^2 I \quad (22)$$

dove  $I$  é la sua intensitá.

Poiché *l'intensitá  $I$  di un'onda gravitazionale é direttamente proporzionale all'ampiezza  $A$  misurata dal rivelatore:*

$$I \propto \frac{c - c_0}{c_0} \propto A \quad (23)$$

e la sua propagazione nello spazio avviene con perdite trascurabili (anche per distanze molto grandi), si ha che:

$$4 \pi r^2 I \approx \text{costante} \quad (24)$$

Per due eventi (che denomineremo con i pedici 1 e 2) avvenuti in punti dell'Universo differenti ma che *hanno sviluppato la stessa energia* si ha, quindi:

$$\frac{r_2^2}{r_1^2} \frac{A_2}{A_1} \equiv \frac{R_U z_2^2 (z_1 + 1)^2 A_2}{R_U z_1^2 (z_2 + 1)^2 A_1} = 1 \quad (25)$$

dove é stata utilizzata per le distanze l'espressione (15) precedente. Se si indica con:

$$A_{ratio} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$w_{ratio} = \frac{w_2}{w_1}$$

si ottiene il seguente sistema di due equazioni nelle due incognite  $z_1$  e  $z_2$ :

$$w_{ratio} = \frac{z_2}{z_1} \sqrt{A_{ratio}} \quad (26)$$

$$w_{ratio} = \frac{z_2 + 1}{z_1 + 1} \quad (27)$$

dal quale é possibile ricavare le due incognite:

$$z_1 = \frac{\sqrt{A_{ratio}}}{w_{ratio}} \frac{w_{ratio} - 1}{1 - \sqrt{A_{ratio}}} \quad (28)$$

$$z_2 = \frac{w_{ratio} - 1}{1 - \sqrt{A_{ratio}}} \quad (29)$$

Pertanto, nell'ipotesi che i due eventi abbiano avuto *la stessa intensità energetica*, é possibile ricavare il redshift di *entrambi* a partire dal rapporto delle ampiezze  $A$  e degli allargamenti  $w$  delle rispettive onde.

*Il rapporto tra gli allargamenti é anche uguale al rapporto tra le distanze delle punte delle "forchette"* per cui é possibile determinarlo con molta precisione grazie alla particolare forma dell'onda, mentre il rapporto delle ampiezze é di piú difficile determinazione a causa, soprattutto, della sovrapposizione delle onde che arrivano al rivelatore. É possibile determinarlo con sufficiente precisione soltanto se l'evento considerato risulta *isolato*.

### A.3 I primi calcoli sul redshift

All'inizio del 1996 furono effettuati i primi calcoli del redshift. Questi calcoli si basavano essenzialmente sul confronto tra le onde arrivate al rivelatore nell'estate 1994 e quelle dell'estate del 1995. Piú precisamente, per le onde del 1994 erano stati assunti i seguenti parametri:

$$A_1 \approx 0.55 V \text{ e larghezza delle punte} = 4 \text{ giorni}$$

mentre per quelle del 1995:

$$A_2 \approx 0.20 V \text{ e larghezza delle punte} = 12 \text{ giorni}$$

Ossia, alle "forchette" positive del 1995 e riportate sul **Grafico 1995\_7** fu attribuita una distanza tra le punte di circa 12 giorni in quanto era stata identificata la prima "forchetta" (v. circolo 2) dal primo ed il secondo picco, mentre la seconda "forchetta" (v. circolo 3) dal terzo ed il quarto picco. Con i suddetti parametri si aveva:

$$\sqrt{A_{ratio}} = \sqrt{\frac{0.20}{0.55}} = 0.60$$

$$w_{ratio} = \frac{12}{4} = 3$$

per cui, utilizzando le relazioni (28) e (29) precedenti, si erano ottenuti i seguenti valori di redshift:

$$z_1 = \frac{0.60}{3} \frac{3-1}{1-0.60} = 1$$

$$z_2 = \frac{3-1}{1-0.60} = 5$$

Da cui risultavano le seguenti distanze:

$$r_1 = R_U \frac{z_1}{z_1 + 1} = R_U \frac{1}{1 + 1} = \frac{1}{2} R_U$$

$$r_2 = R_U \frac{z_2}{z_2 + 1} = R_U \frac{5}{5 + 1} = \frac{5}{6} R_U$$

ossia, gli eventi registrati nel 1994 venivano posti ad una distanza di  $1/2$  del raggio dell'Universo visibile, mentre gli eventi dell'estate 1995 venivano posti ad una distanza di  $5/6$  di detto raggio.

In seguito, dopo gli eventi di elevata intensit  registrati nell'Agosto del 1999,   stata eseguita una analisi pi  precisa sul redshift di queste onde, dalla quale si   potuto constatare che vi era stato un errore nella identificazione delle "forchette" del 1995: la prima "forchetta"   costituita dal primo e dal terzo picco mentre la seconda "forchetta"   costituita dal secondo e dal quarto picco come   facile convincersi osservando pi  attentamente il grafico (nel quale si nota che il terzo picco   pi  arrotondato del secondo).

#### A.4 L'analisi del redshift

Viene qui riportata l'analisi che   stata effettuata di recente sul redshift di queste onde gravitazionali.

Se si combinano tra di loro le relazioni (28) e (29)   possibile ottenere la seguente correlazione tra l'ampiezza e l'allargamento di un'onda:

$$\frac{1}{\sqrt{A_{ratio}}} = \frac{1}{w_0 - 1} \left( w_0 - \frac{1}{w_{ratio}} \right) \quad (30)$$

dove si   posto:

$$A_{ratio} = \frac{A}{A_0}$$

$$w_{ratio} = \frac{w}{w_0}$$

con  $A_0$  e  $w_0$ , rispettivamente, ampiezza e allargamento dell'onda di riferimento.

Pertanto se si riporta, per ciascuna onda, su un grafico il valore di  $1/\sqrt{A_{ratio}}$  in funzione di  $1/w_{ratio}$  si dovrebbe ottenere una retta, la cui intersezione con l'asse delle ascisse fornisce direttamente il valore dell'allargamento  $w_0$  dell'onda di riferimento.

Una volta determinato  $w_0$ , il redshift  $z$  di tutte le altre onde verrebbe calcolato univocamente utilizzando la seguente relazione, ricavata dalla (27):

$$z = w_{ratio} w_0 - 1 \quad (31)$$

A tale riguardo sono state individuate alcune "forchette" pi  chiare registrate in questi anni e prodotte dal collasso di *nuclei standard*.

**Onda N. 1.** Si tratta dei collassi registrati nel Maggio e Giugno 1994 e riportati in dettaglio nel **Grafico 1994\_10**. Da quanto si rileva dal grafico sono stati assunti i seguenti parametri:

$$A_1 \approx 0.55 V \text{ e } T_1 = 4 \text{ giorni}$$

**Onda N. 2.** Si tratta dei due collassi parzialmente sovrapposti registrati nel Luglio e Agosto 1995 e riportati in dettaglio nel **Grafico 1995\_10**. Da questo grafico sono stati rilevati i seguenti parametri:

$$A_2 \approx 0.21 V \text{ e } T_2 = 16 \text{ giorni (media dei due collassi)}$$

**Onda N. 3.** Si tratta del collasso registrato nel Luglio e Agosto 1998 e riportato in dettaglio nel **Grafico 1998\_10**. Per questa "forchetta" sono stati assunti i seguenti parametri:

$$A_3 \approx 0.40 V \text{ e } T_3 = 4.5 \text{ giorni}$$

L'ampiezza dell'onda é stata stimata facendo riferimento di piú al picco secondario che a quello primario, in quanto durante la fase di collasso il segnale sul rivelatore stava diminuendo piuttosto rapidamente.

**Onda N. 4.** Si tratta degli eventi registrati nel Febbraio e Marzo 1999 e riportati in dettaglio nel **Grafico 1999\_10**. La "forchetta" positiva di Marzo risulta fortemente distorta dall'evento precedente non ancora completamente esaurito, mentre la "forchetta" negativa, sembra essere molto meno disturbata. Da quest'ultima sono stati ricavati i seguenti parametri:

$$A_4 \approx 0.23 V \text{ e } T_4 = 13 \text{ giorni}$$

**Onda N. 5.** Si tratta del collasso registrato nel Luglio 1999 e riportato in dettaglio nel **Grafico 1999\_11**. Da questo grafico sono stati ricavati i seguenti parametri:

$$A_5 \approx 0.32 V \text{ e } T_5 = 7 \text{ giorni}$$

**Onda N. 6.** Si tratta del collasso registrato a metà di Agosto 1999 e riportato in dettaglio nel **Grafico 1999\_12**. L'ampiezza effettiva di questo collasso é quasi sicuramente superiore al valore rilevato sul grafico  $0.8 \div 0.9 V$  in quanto alla fase di collasso si é sovrapposta la discesa del picco secondario del collasso precedente non ancora esaurito. Pertanto, per questo collasso sono stati assunti i seguenti parametri:

$$A_6 \approx 1.0 V \text{ e } T_6 = 2.5 \text{ giorni}$$

Se prendiamo come onda di riferimento quella del 1994, ossia si fissa arbitrariamente:

$$A_0 \approx 0.55 V \text{ e } T_0 = 4 \text{ giorni}$$

si ottiene la **Tabella 1**.

**Tabella 1:** dati relativi alle onde selezionate.

Onda N.	Anno	$A$	$T$	$A_{ratio}$	$w_{ratio}$	$1/\sqrt{A_{ratio}}$	$1/w_{ratio}$
1	1994	0.55	4	1.0	1.0	1.0	1.0
2	1995	0.21	16	0.38	4.0	1.62	0.25
3	1998	0.40	4.5	0.73	1.125	1.17	0.889
4	1998	0.23	13	0.42	3.25	1.55	0.308
5	1999	0.32	7	0.58	1.75	1.31	0.571
6	1999	1.0	2.5	1.82	0.625	0.74	1.60

Nella **Figura 4** é riportato il grafico costruito con valori riportati in **Tabella 1**. Da questo grafico si vede come tutti i punti si trovano, con buona approssimazione, su una stessa retta, la cui intersezione con l'asse delle ascisse fornisce il seguente valore per l'onda di riferimento:

$$w_0 = 2.5$$

Pertanto, per gli eventi del 1994, risulta un redshift pari a:

$$z_1 \equiv w_0 - 1 = 2.5 - 1 = 1.5$$

mentre per gli eventi dell'estate 1995 si ottiene:

$$z_2 = 4 \cdot 2.5 - 1 = 9$$

ossia, valori superiori a quelli calcolati nel 1996. Le rispettive distanze degli oggetti celesti al momento del collasso risultano essere, quindi:

$$r_1 = 20 \frac{1.5}{1.5 + 1} = 12 \text{ miliardi di anni - luce}$$

$$r_2 = 20 \frac{9}{9 + 1} = 18 \text{ miliardi di anni - luce}$$

Per cui, gli eventi registrati nel 1994 vengono, ora, posti ad una distanza di poco meno di  $2/3$  del raggio dell'Universo visibile, mentre gli eventi dell'estate 1995 risultano essere ad una distanza di circa  $9/10$  di detto raggio. Le rispettive velocità di allontanamento di questi oggetti al momento del collasso erano:

$$v_1 = 300,000 \frac{1.5}{1.5 + 1} = 180,000 \text{ km/s}$$

$$v_2 = 300,000 \frac{9}{9 + 1} = 270,000 \text{ km/s}$$

mentre il tempo impiegato dalle onde per raggiungere il rivelatore risulta essere, rispettivamente:

$$\Delta t_1 = 20 \ln(1.5 + 1) = 18 \text{ miliardi di anni}$$

$$\Delta t_2 = 20 \ln(9 + 1) = 46 \text{ miliardi di anni}$$

Nella **Tabella 2** vengono riportate le caratteristiche delle onde selezionate.

**Tabella 2:** caratteristiche delle onde selezionate.

Onda N.	Anno	$w_{ratio}$	$z$	$w$	$r^{(*)}$	$\Delta t^{(**)}$
1	1994	1	1.5	2.5	12.0	18.3
2	1995	4	9	10.0	18.0	46.1
3	1998	1.125	1.8	2.8	12.9	20.5
4	1998	3.25	7.1	8.1	17.5	41.8
5	1999	1.75	3.4	4.4	15.5	29.6
6	1999	0.625	0.6	1.6	7.5	8.9

(\*) distanza in miliardi di anni-luce

(\*\*) tempo in miliardi di anni

Vale, forse, la pena di sottolineare che il metodo di analisi qui utilizzato é del tutto indipendente dalla scelta dell'onda di riferimento. Ad esempio nella **Figura 5** é riportato il grafico costruito utilizzando l'**Onda n. 5** come riferimento. Dal valore di  $w_0 = 4.3$  che si ricava in questo caso é facile verificare che si ottengono risultati praticamente identici a quelli della **Tabella 2**.

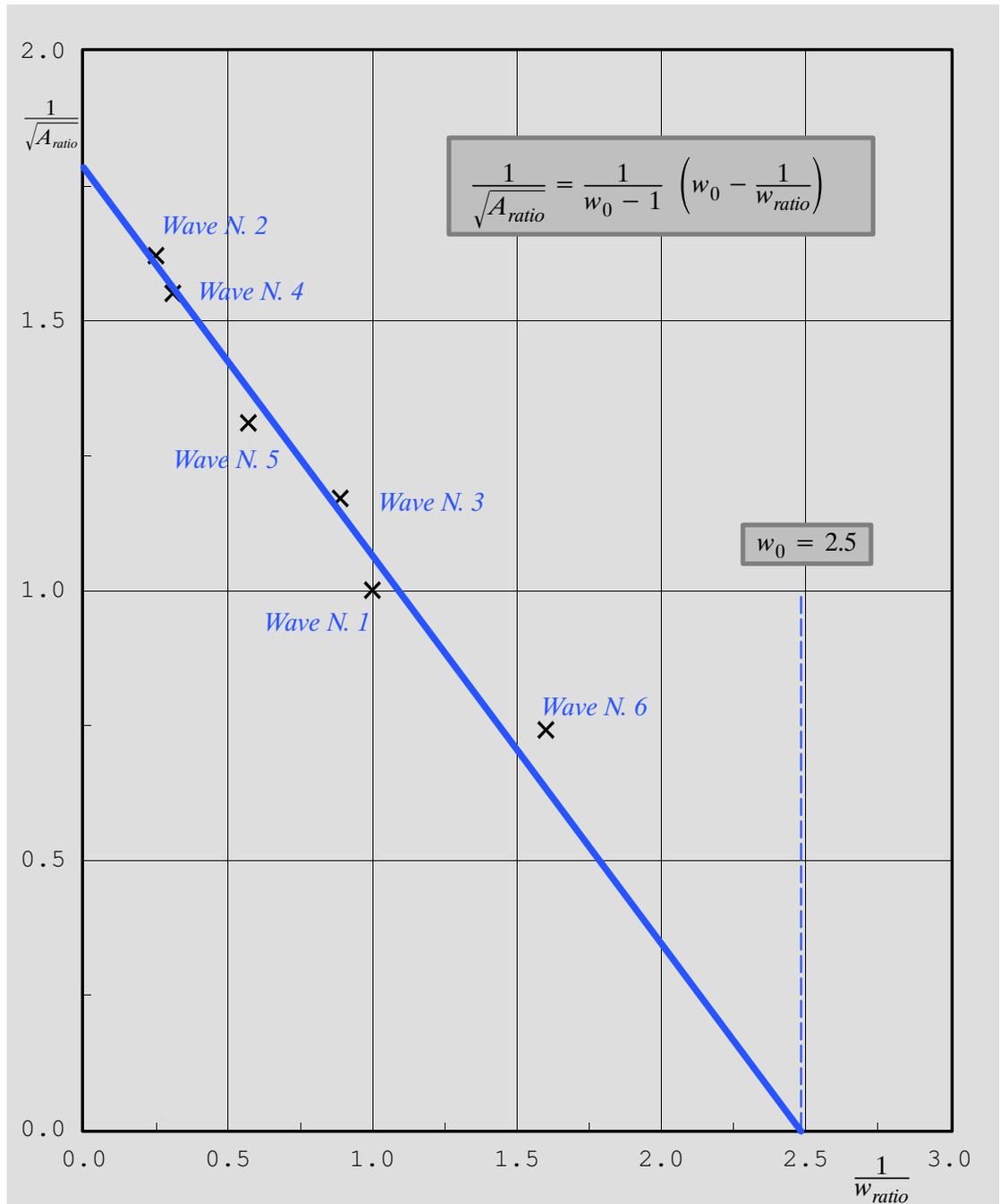


Figura 4: Analisi del redshift (rif. **Onda N. 1**)

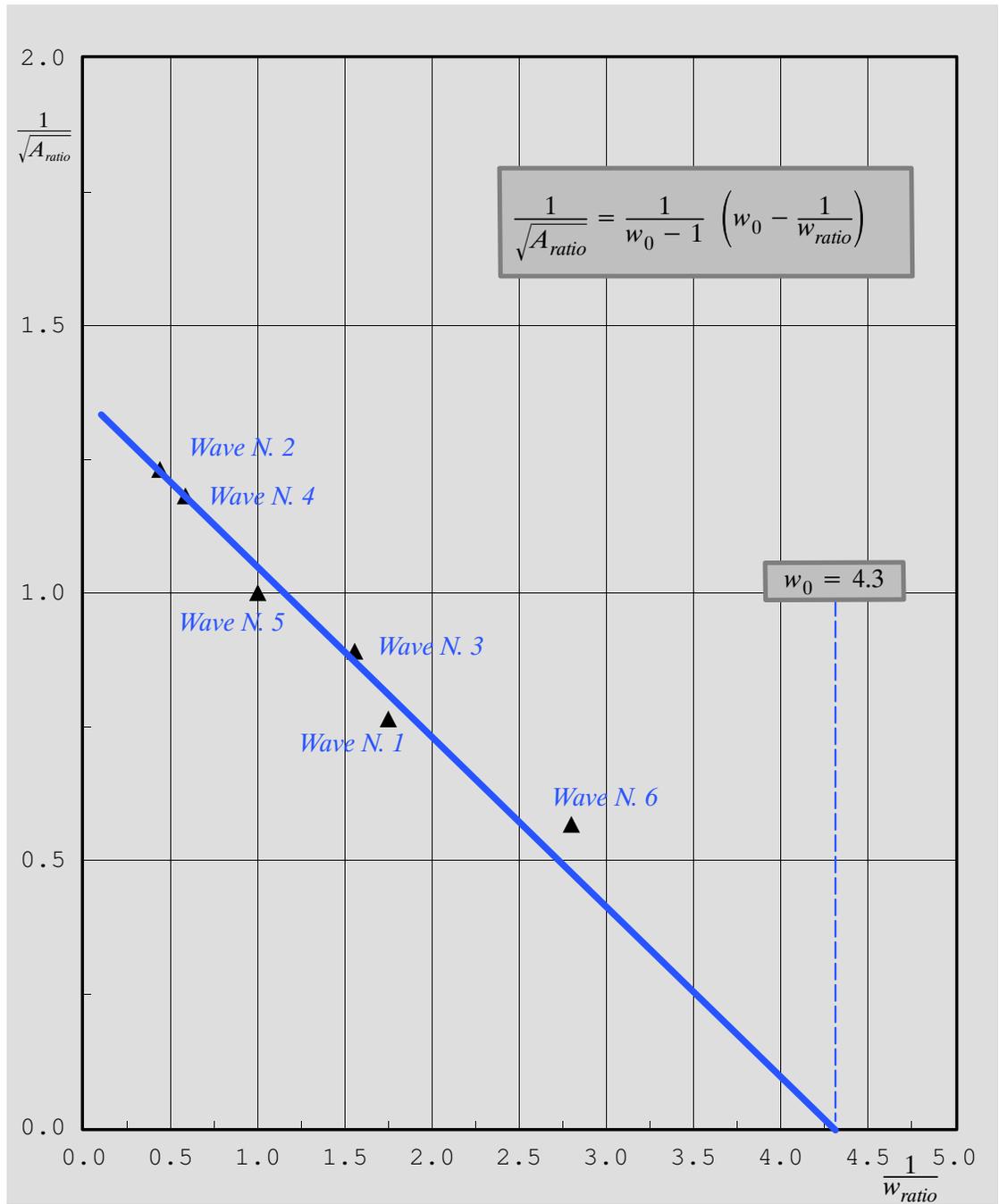


Figura 5: Analisi del redshift (rif. **Onda N. 5**)