

# La nuova teoria del cielo

## La cosmologia osservativa di Halton Arp

(Alberto Bolognesi)



Questo articolo cerca di comunicare informazioni e interpretazioni alternative dell'universo che sono state a lungo ostacolate e, in qualche caso, perfino soppresse. Sono tutte di natura osservativa e si basano essenzialmente sui risultati ottenuti al telescopio dall'astronomo americano Halton Arp, a cui sono legato da lunga e profonda amicizia.

La ragione per cui questi dati stentano tanto a circolare è che la loro accettazione determinerebbe automaticamente uno sconvolgimento scientifico e culturale paragonabile almeno a quello che si produsse con la falsificazione del Sistema Tolemaico. *"L'astronomia e l'intera fisica - è stato autorevolmente sancito - dipendono totalmente dalla fisica delle particelle la quale a sua volta proviene direttamente dal Big Bang. Con il Big Bang e l'espansione dell'universo - concordano Murray Gell Mann, David Schramm e Stephen Hawking - astronomia e fisica hanno cessato per sempre di esistere come discipline autonome".*

Amen. E se i biologi molecolari inaugurano le loro indagini sul funzionamento del cervello umano con riferimenti espliciti alla nucleosintesi prodottasi nella "fornace primordiale", si dovrebbe aggiungere che non solo fisica, astrofisica e costanti universali, ma chimica, biochimica, botanica, zoologia, storia e filosofia si trovavano in qualche modo già iscritte nella prodigiosa formula dell'Inizio, intesa come un tutto creato dal nulla.

L'alternativa kantiana che il tutto sia inaccessibile all'esperienza è una concezione in disuso: oltre al sottoscritto - che è un dilettante - non conosco più di una dozzina di astrofisici che dichiarano apertamente che l'unico universo di cui abbia senso parlare è *quello osservabile o potenzialmente osservabile*, e che l'espressione "tutto l'universo", "condizioni iniziali" e "fine dell'universo" sono prive di qualsiasi contenuto scientifico.

Poiché un protone, un neutrone o un elettrone non possono mai essere creati o distrutti isolatamente in un'interazione di particelle, i cosmologi deducono che il loro numero totale è stato fissato rigorosamente al momento del "Fireball". Non un fermione di più e non un fermione di meno. Dio - o chi per esso - ha parlato una volta sola. Dalla massa delle galassie alle singole stelle, dalla balenottera azzurra al giaguaro, alla zanzara tigre, tutto dipende interamente e unicamente dalle condizioni iniziali. Tutto. Ma proprio tutto. All'obiezione di Leibniz - perché c'è qualcosa al posto di nulla? - i teorici della Palla di Fuoco oppongono l'esistenza del falso vuoto, il magico tappeto delle fluttuazioni virtuali, i formicolii del nulla, "l'aperto del puro compossibile". Basta associare al mondo fisico un'energia positiva e alla gravitazione un'energia "negativa" per avere l'universo a costo zero, tutto e nulla contemporaneamente. Più uno meno uno uguale zero, "*poiché nulla era* - come già scriveva Edgar Poe nel 1848 - *tutto è*". Eureka!

Una testimonianza a tarallucci e vino di questo trionfo moderno ci è fornita dal bellissimo libro di Dennis Overbye ("Cuori solitari del cosmo"), che descrive i canti e i lazzi di famosi astronomi che ridiscendono in pulmann dall'osservatorio Keck, sulla cima del Mauna Kea: "*Sai qual fu la conclusion, dopo molte ore di osservazion?* - cantavano festanti - *L'universo è in expansion, sempre in expansion, sempre in expansion ...*".

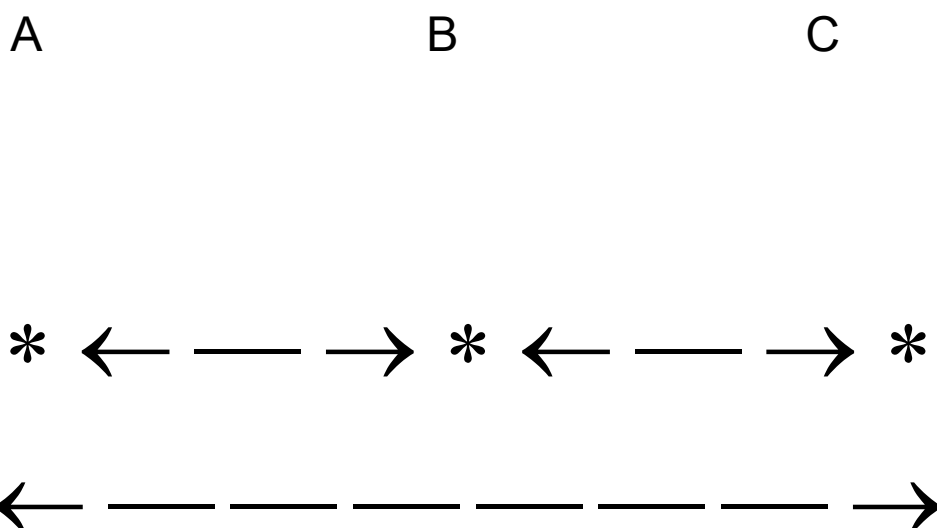
Ma qualcosa è andato storto, e nei dispositivi ad accoppiamento di carica applicati ai telescopi sono apparsi sempre più numerosi enigmatici ponti, filamenti luminosi di materia e sinistre connessioni che collegano oggetti che dovrebbero essere invece lontanissimi fra loro. Allora? "*La festa appena cominciata ... è già finita?*"

### **Dilettanti denigratori e rivoluzioni senza prove**

Il preambolo mi consente di fissare drasticamente i termini della questione. Che cosa succede alla cosmologia, alla fisica delle particelle, ma anche alla fisica ordinaria e all'epistemologia, se le connessioni fra oggetti di diverso spostamento spettrale sono reali?

L'assunzione fondamentale su cui è costruita tutta la conoscenza attuale dell'universo è che lo spostamento verso il rosso deve rappresentare *una velocità*. Non basterebbe infatti che rappresentasse una mera misura delle distanze come nell'originario "effetto Hubble": per avere un universo in espansione, velocità e distanza devono in qualche modo coincidere. Uno spostamento verso il rosso in relazione lineare con la sola distanza eliminerebbe il Big Bang, darebbe di nuovo un universo statico, togliendo di mano ai cosmologi la sospirata "età dell'universo" e ai fisici delle particelle la mitica "era di Planck". E perfino ovvio che il sistema del mondo contemporaneo deve fare quadrato attorno alla recessione delle galassie. Non ci sono alternative: questo effetto deve essere "universale" e aumentare in proporzione diretta alla distanza che ci separa da esse. Più elevato è il redshift più lontane sono le galassie, più lontane sono le galassie più velocemente devono allontanarsi. Anche il profano capisce facilmente che è una questione di vita o di morte: le velocità devono essere reali.

Ma rispetto a cosa? Se prendiamo tre galassie A, B e C fra loro molto lontane e le disponiamo su una retta immaginaria, quella che sta in mezzo deve allontanarsi radialmente rispetto alle altre due che recedono più rapidamente. Come è possibile? Se A e C si allontanano reciprocamente e proporzionalmente alla loro distanza, come fa B a recedere verso C se C vede B recedere verso A?



Il solo modo di intendere la recessione universale non è evidentemente di assegnare una velocità alle galassie, ma di attribuire una velocità alle distanze. Non è la fuga delle

galassie, ma *la fuga delle distanze!* Per aver dichiarato e scritto questo una trentina di anni fa, sono stato incolpato di "infangare l'immagine pubblica del mondo scientifico" e inserito nella lista dei proscritti dalla divulgazione scientifica.

In un clima più liberal, oggi i cosmologi ammettono che non sono le galassie a fuggire attraverso lo spazio separandosi le une dalle altre, ma che è lo *spazio stesso* a dilatarsi e ad espandersi trascinando con sé gli oggetti cosmici. Si fa ossessivamente riferimento all'uvetta di un panettone che cresce nel forno, e così tutto va a posto se si è disposti ad assegnare al vuoto e alla metrica le qualità di una pasta che lievita col tempo. (Chiedersi poi chi alimenta il forno sarebbe "altamente provocatorio"). Ma questa precisazione ha un costo drammatico e i cosmologi ammettono adesso, con scarso entusiasmo, che lo spostamento verso il rosso delle galassie "non è dovuto all'effetto Doppler" (J. Gribbin, Enciclopedia di Astronomia e Cosmologia). Cioè, a rigore *non è dovuto alle loro velocità*.

Se però vi iscrivetate alla Facoltà di Astronomia il redshift cosmologico vi verrà spiegato sistematicamente in questo modo: "*Consideriamo due fotoni che partono dalla sorgente con un ritardo  $\Delta t$  l'uno rispetto all'altro. Poiché in quel  $\Delta t$  l'universo si espande, la sorgente si allontana di una quantità  $v \Delta t$  e il secondo fotone deve percorrere una distanza più lunga per giungere fino a noi: il ritardo  $\Delta t'$  con cui lo riceviamo è perciò maggiore*". Ma questo è l'effetto Doppler canonico, e gli educatori sanno bene che c'è qualcosa che non va, perché è ovvio che la dilatazione *deve avvenire nel tempo attraverso lo spazio che lievita mentre i fotoni sono in viaggio*, non quando "il primo e poi il secondo fotone si stacca dalla sorgente" per intraprendere il suo lungo percorso fino ai nostri strumenti! Come faccia allora una lunghezza d'onda a "stirarsi" nello spazio che cresce in misura uguale e contraria alla direzione di propagazione della radiazione elettromagnetica, è un inquietante capitolo di spettroscopia che attende ancora di essere scritto.

Altri trent'anni di proscrizione? Sarebbe un bel traguardo per un cinquantasettenne.

Prima di passare ad alcune confutazioni osservative raccolte da Halton Arp vorrei chiudere il greve argomento riportando la lettera di un dilettante pubblicata di recente da una rivista specializzata. "*Che cos'è che veramente si espande?* - si chiede con passione il signor Ariberto Papini di Siena - *Perché si fa presto a far dilatate la superficie di un palloncino: è di gomma! Oppure un lenzuolo: è di stoffa! Ma come si fa a fare espandere, oppure ad incurvare qualcosa di non materiale: il vuoto, il nulla?*". La profonda risposta fu che "*gli*

*aspetti della cosmologia non sono intuitivi, e che alla comprensione dell'espansione dell'universo si arriva solo per via matematica poiché l'estrema astrazione di alcuni concetti rende ardua una spiegazione divulgativa. Comunque tenga presente che la gravità frena la materia - rispetto a cosa?! - ed è la materia ad espandersi. Essa con tale espansione crea lo spazio. Ovvero, le galassie non si espandono in uno spazio circostante, ma lo spazio stesso è creato dall'espansione dell'Universo" (Nuovo Orione n. 123, agosto 2002).*

Cioè lo spazio è creato dall'espansione dello spazio. Soddisfatti o rimborsati.

### **Rivoluzioni senza prove?**

O gli oggetti di Arp sono tutte illusioni ottiche o i cosmologi difendono un'espansione dell'universo smentita dall'osservazione astronomica. Non è possibile una soluzione "salomonica" o di compromesso e questo rende la controversia ancora più aspra e drammatica. Poiché galassie interagenti con redshift discordi non possono essere contemporaneamente vicine e lontane, connesse e disconnesse, lente e veloci, il punto di vista convenzionale è costretto ad invocare sistematicamente effetti di prospettiva, allineamenti e accavallamenti accidentali nella profondità del cielo.

Né potrebbe accontentarsi di attribuire all'oggetto con redshift eccedente uno spostamento non cosmologico assegnando a quello con minore spostamento verso il rosso un redshift sicuramente e interamente cosmologico.

Giudicate voi.

La prima immagine che ho selezionato (Fig. 1) da un gran numero di casi esistenti, mostra un quasar che cade *davanti* a una galassia ellittica, la NGC 1199. L'oggetto compatto indicato con una freccia ha uno spostamento verso il rosso abbastanza elevato ( $z = 0,044$ ) mentre quello della galassia è modesto ( $z = 0,009$ ). Per la legge di Hubble e per la buona sorte della cosmologia del Big Bang l'oggetto di tipo quasar dovrebbe invece trovarsi *dietro* (cioè molto più lontano della galassia ellittica).

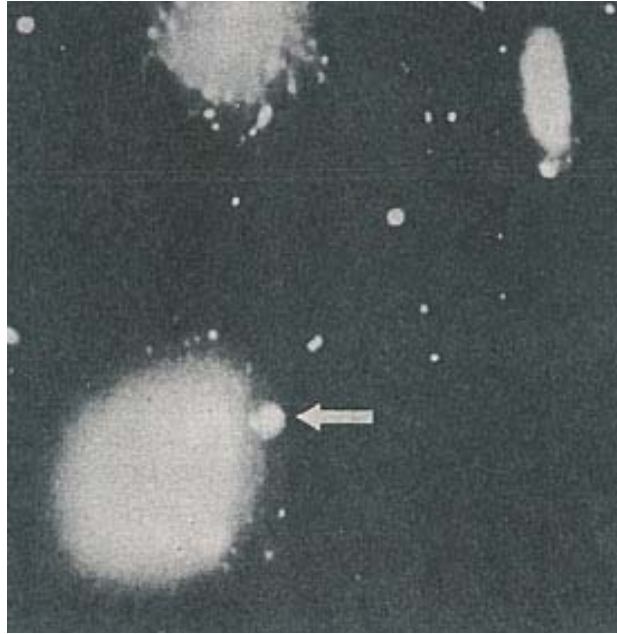


Fig. 1

L'immagine successiva (Fig. 2) rappresenta la galassia NGC 4319 e il quasar Markarian 205 connesso da un visibile ponte di materia. Ma lo spostamento verso il rosso della galassia è  $z = 0,006$  mentre quello del quasar è di 0,07, cioè dovrebbe trovarsi undici volte più distante secondo la "legge" che tutela l'espansione dell'universo.



Fig. 2

La fotografia seguente (Fig. 3) rappresenta il Sestetto di Seyfert, un gruppo di galassie in interazioni che hanno all'incirca la stessa magnitudine apparente. Cinque di esse hanno più o meno lo stesso redshift ( $z = 0,015$ ) ma quella indicata con la freccia presenta uno spostamento quasi cinque volte maggiore, il che la renderebbe cinque volte più lontana e di enormi dimensioni.

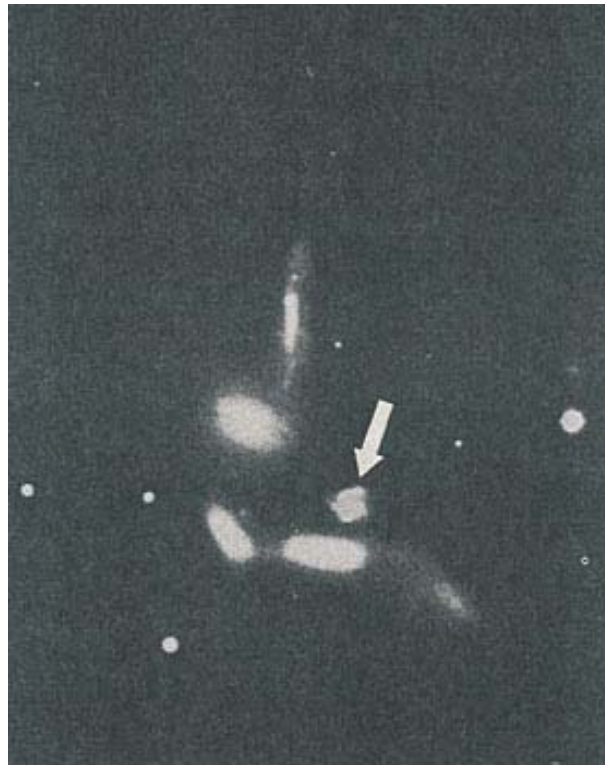


Fig. 3

La quarta immagine (Fig. 4) mostra la suggestiva catena di galassie blu VV 172. Quattro di queste galassie hanno un valore di redshift che oscilla intorno a  $z = 0,05$  mentre quella indicata con una freccia presenta uno spostamento verso il rosso estremamente elevato:  $z = 0,12$ . Chi crede davvero che questa galassia non faccia parte della configurazione e che si tratti di un lontanissimo oggetto blu che si è andato ad incastrare accidentalmente fra quattro compagne blu lungo la nostra linea di vista, alzi la mano: e chi alza la mano sostiene implicitamente che si tratta della galassia blu più grande di tutto l'universo ....



Fig. 4

La quinta immagine (Fig. 5) presenta tre quasar nei bracci a spirale di NGC 1073. C'è una probabilità su cinquantamila che si tratti di un allineamento accidentale.

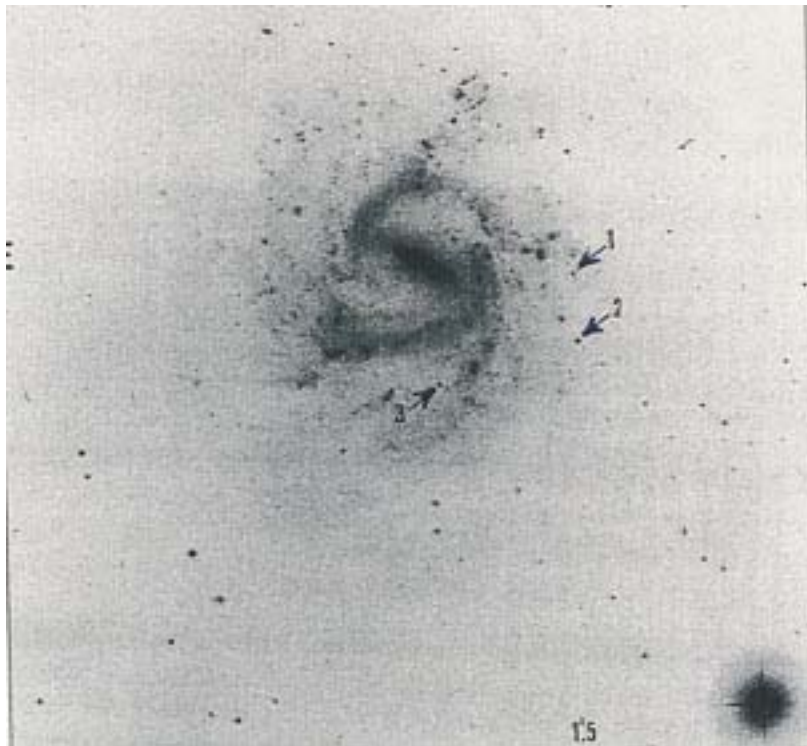


Fig. 5



E ancora, in Figura 6 una fotografia profonda di tre quasar intorno a NGC 3842. Qui c'è una possibilità su un milione di trovare per caso questa associazione.

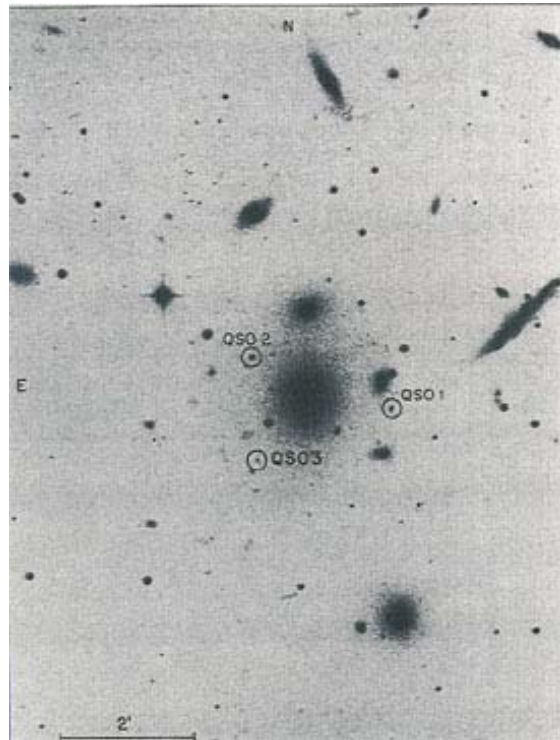


Fig. 6

La settima immagine mostra la spirale barrata a due bracci NGC 1097 con i suoi quattro getti luminosi. Ci sono almeno cinquanta quasar attorno a questa galassia straordinariamente attiva.

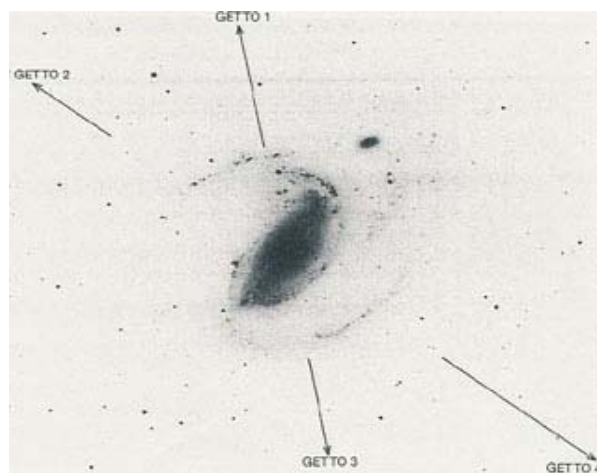


Fig. 7

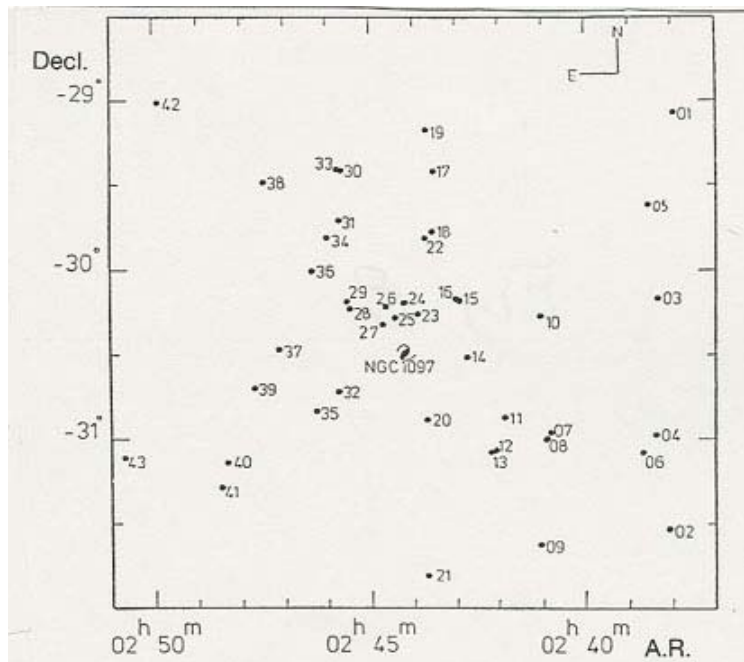


Fig. 8

(Grafico dei quasar individuati attorno a NGC 1097 da Arp, Wolstencroft e He nel 1979).

Concludo questa "rivoluzione senza prove" con la foto (Fig. 9) ottenuta da N. Sharp della coppia di galassie NGC 7603 A e B, foto che i lettori di Episteme già conoscono per via della recentissima e sensazionale scoperta effettuata dagli astronomi M.L. Corredoira e C.M. Gutierrez. Rappresenta il coronamento di cinquant'anni di ricerche che hanno fruttato ad Arp soltanto l'allontanamento dall'Osservatorio di Monte Palomar. Sebbene siano stati pubblicati sulla celebre rivista "Astronomy and Astrophysics", i risultati continuano a circolare nella comunità astronomica come l'ennesimo, imbarazzante X file.

Le due galassie collegate da un evidentissimo ponte di materia hanno rispettivamente uno  $z$ : 0,029 per l'oggetto più grande e  $z$ : 0,057 per la compagna più piccola. Al momento della scoperta della clamorosa discordanza (1971) Arp notò subito due condensazioni di aspetto stellare immerse nel braccio, e auspicò che i futuri spettrografi potessero analizzarne i dettagli e determinarne gli spostamenti verso il rosso. Impresa riuscita a Corredoira e Gutierrez trent'anni dopo col N.O.T. di La Palma, e con tecnologia progredita: le due condensazioni hanno mostrato gli spettri tipici dei quasar con  $z = 0,391$  per l'oggetto più vicino alla galassia principale e  $z = 0,243$  per quello prossimo alla compagna! Così abbiamo due galassie interagenti con diverso spostamento verso il rosso e due quasar ad alto redshift nel filamento che le connette: il mondo avrebbe dovuto fermarsi per

questo, almeno per un giorno, ma i grandi media non ne hanno nemmeno parlato.



Fig. 9

Che dire? C'è una terza condensazione che emerge dal nucleo della NGC 7603A: e basterebbe un'occhiata dell'Hubble Space Telescope o del Keck per affossare il Sistema del Mondo. Richiesta di ulteriori osservazioni con il telescopio orbitale a raggi X Chandra e con l'8 metri del VLT dell'ESO al Cerro Paranal sono state prontamente respinte.

### **La nuova teoria del cielo**

Le discordanze di redshift constatate, richiedono che le condizioni di emissione della radiazione da parte di oggetti interagenti o posti alla stessa distanza mutino da un sistema all'altro. Si tratta dunque di comprendere un fenomeno fisico in grado di operare su interi insiemi estesi di stelle, gas e polveri, generando spostamenti *intrinseci* che non hanno a che vedere né con la velocità né con la distanza. Un meccanismo che opera ancora più vistosamente nei quasar, che lungi dall'essere gli astri favolosi più energetici e lontani di tutto l'universo, svelano la loro natura di oggetti piccoli e poco luminosi, connessi alle galassie. Questo cambio - val la pena sottolinearlo - non è invocato da una nuova

stravagante teoria dell'universo ma, se non avete già dimenticato le precedenti immagini, *dalle osservazioni stesse*.

Dunque nuova fisica, nuova informazione che dovrebbe esaltare - e non deprimere! - chi tende ad approfondire la conoscenza della struttura cosmica. Anche se questo sembra aumentare la nostra ignoranza, allontanandoci da certezze gelosamente custodite.

L'evidenza osservativa dello spostamento verso il rosso *intrinseco* chiama in causa direttamente la fisica quantistica e l'azione interparticellare che devono giustificare l'esistenza del mondo collegandolo al microcosmo. Per gli scopi divulgativi che si propone questo articolo dirò semplicemente che la varietà dei redshift intrinseci osservati richiede che le transizioni energetiche di un atomo di idrogeno, di elio, di ossigeno, di magnesio ... devono trovarsi a frequenze e a lunghezze d'onda *diverse* da quelle che sperimentiamo in laboratorio. E questo dà già un'idea della immensa posta in gioco. A qualsiasi livello di conoscenza si trovi il lettore (e lo scrivente!) la falsificazione dell'universo in espansione impone che le righe degli elementi e le serie spettrali che compongono l'intero spettro elettromagnetico si trovino *realmente* alle frequenze osservate.

Si può ben comprendere lo shock stemperato dall'ironia che ha fatto esclamare a un eminente fisico che "*i dati di Arp implicano costanti personalizzate!*": Ma questa è esattamente la sfida osservativa, questa è esattamente la vita sulla frontiera.

*"Che cosa determina l'energia di transizione tra due stati atomici dell'idrogeno? - si chiede Arp - Un fattore è rappresentato dalla carica relativa tra l'elettrone e il nucleo, l'altro fattore è la massa dell'elettrone che subisce una transizione tra i due possibili stati orbitali. Se le misure della costante di struttura fine eliminano la possibilità che le cariche elettriche possono essere diverse, resta solo la massa dell'elettrone"*<sup>1</sup>.

Poiché lo spostamento verso il rosso intrinseco è documentato dalle osservazioni, una delle poche interpretazioni in grado di spiegarlo efficacemente è di attribuire massa minore a *tutte* le particelle che costituiscono la materia dell'oggetto con più alto spostamento verso il rosso. Ciò darebbe immediatamente frequenze più basse e fotoni più spostati verso il rosso, orbite elettroniche "allargate" e, in pratica, isotopi *più leggeri*. Se dunque quasar e galassie compagne risultano associate a oggetti più massicci, come nipotini a spasso coi nonni, una delle differenze più qualificanti sta *nel loro tempo di formazione*. E'

pensabile - si chiede Arp - che oggetti connessi da ponti di materia, mobilizzati nei bracci di spirali o immersi in filamenti luminosi e in gas caldi ad alta e ad altissima energia (X e gamma) abbiano la medesima *età* del sistema a cui appartengono?

La soluzione cosmogonica è immediata: gli oggetti cosmici con più alto spostamento verso il rosso devono essere stati "creati" (espulsi o condensati) in un tempo successivo rispetto a quelli con basso redshift. *"Non appena la materia appare - scrive Arp - essa risulta altamente spostata verso il rosso. Col passare del tempo diventa più pesante, più grande e più luminosa e il suo altissimo spostamento decade verso valori più contenuti. Abbiamo in pratica la rappresentazione empirica di un piccolo quasar con altissimo redshift che evolve in una galassia compatta con spostamento verso il rosso inferiore e infine in una galassia compagna con leggera eccedenza nello spostamento verso il rosso"* rispetto all'oggetto che l'ha generata. ("Quasar, redshifts and controversies", 1987)<sup>2</sup>.

E' dunque nei fatti, per Arp, un'evoluzione delle costanti. Ed è ironico - rileva - che il punto di vista convenzionale ne difenda ad ogni costo l'immutabilità invocando il Secondo Principio della Termodinamica. La materia creata tutta in una volta dal Big Bang con proprietà immutabili non rappresenta una violazione, ma le masse delle particelle variabili col tempo lo sono .... *"Mi rendo conto che il mio universo si restringe paurosamente all'universo delle osservazioni - mi disse una volta - un universo locale dove la materia vi compare continuamente ricreata, o riciclata. I tuttologi non potrebbero accontentarsi ma ciò è esattamente quel che osserviamo!"*. Evidentemente a partire da uno *stato particellare estremamente diffuso* - ipotizza Arp - *Da un "apeiron" sconosciuto e onnipervasivo che accende i nuclei delle galassie e che le moltiplica attraverso espulsioni secondarie come una gragnola ininterrotta di fuochi d'artificio. O come una pianta che germoglia.*

E' un immagine locale ma grandiosa, che non può (né si vede come potrebbe) pretendere di fissare *tutto* l'universo. La sola definizione sensata del Mondo - insiste - è: *"tutta la materia osservabile o potenzialmente osservabile che siamo in grado di sperimentare"*.

I limiti kantiani vengono immediatamente ristabiliti: siamo all'interno di un perimetro o di una bolla i cui orizzonti si allargano per mezzo di strumenti sempre più progrediti, ma continuiamo a permanere confinati al centro del mistero. Più che una condizione umana sembra una condizione della fisica.

## Che cos'è $H_0$ ?

Ma all'interno della "bolla delle osservazioni", come sull'isola di Kant battuta dai marosi dell'inconoscibile, possiamo ancora fare scienza. Se la creazione di materia prende posto nell'universo come un processo continuato, e se i redshift esprimono semplicemente l'età degli oggetti cosmici e non più la loro velocità e la loro distanza dal mitico Inizio del Mondo, può ancora avere un significato la determinazione della "costante  $H_0$ "?

Sorprendentemente la risposta è sì. La costante di Hubble che nella cosmologia del Big Bang non è che un numero che quantifica la rapidità con cui l'universo si va espandendo, diventa nella relazione age-redshift di Arp la chiave di volta per misurare la variabilità della massa in funzione dello spostamento verso il rosso. L'integrazione che lega lo spostamento spettrale alla scala delle magnitudini apparenti è immediata, e con essa l'annosa questione dei "redshift anomali".

La trasformazione della convenzionale legge di Hubble "velocity-distance" in "age-distance law" e in "age-luminosity law" è fissata nelle equazioni della massa variabile.

$$m = m_0 \frac{t^2}{t_0^2} \quad (1)$$

sul redshift:

$$1 + z = \frac{t_0^2}{t^2} \quad (2)$$

$$\frac{1 + z_1}{1 + z_0} = \frac{t_0^2}{t_1^2} \quad (3)$$

e sulla trasformazione delle scale temporali  $\tau$  = tempo locale e  $t$  = tempo cosmico:

$$\tau = \frac{t^3}{3t_0^2} \quad (4)$$

in cui la soluzione di Friedmann (Big Bang) viene ricondotta a uno spaziotempo piatto (euclideo) e a un universo statico.

Il diagramma sottostante visualizza le due soluzioni, che a sinistra forniscono il Big Bang e a destra l'universo di Narlikar-Arp. Ma, ben conscio di perdere in tal modo i contatti con i lettori che non hanno specifiche esperienze di cosmologia, dirò subito che non intendo cavarmela con la mera esposizione del formalismo matematico.

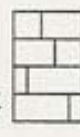

Friedmann (1922)	Narlikar (1977)
<b>Special solution</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>m = \text{constant}</math></li> </ul> $\frac{S(\tau_0)}{S(\tau)} = 1 + z$	<b>General solution</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>m = m(t)</math></li> </ul> $\frac{m_0}{m} = \frac{t_0^2}{t^2} = 1 + z$
$H_0 = \left. \frac{\dot{S}}{S} \right _{\tau=\tau_0}$	$H_0 = \frac{2}{t_0} = \frac{2}{3\tau_0}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>Expanding coordinates</li> <li>Singularities at <math>m = 0</math> <math>\tau = 0</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non expanding Universe (Euclidean)</li> <li>Creation points at <math>m = 0</math></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><math>z = \text{velocity}</math></li> <li>distance = <math>\frac{z}{H_0}</math></li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantum <math>\leftrightarrow</math> classical physics</li> <li>Merging time scales <math>t, \tau</math></li> <li>Cascading, episodic creation</li> <li>Indefinitely large, old Universe</li> </ul>
$z = z(t)$	

Fig. 10

(da Arp, 1997)

E non è una passeggiata. Limitandomi all'essenziale, è evidente che non tutte le galassie sono grandi galassie: al contrario, queste ultime sono abbastanza rare. Nella cosmologia del Big Bang tutte le galassie hanno però all'incirca la stessa età mentre in quella di Arp devono avere età assai variegata, e dalla loro età deve dipendere la massa, lo splendore e soprattutto lo spostamento spettrale, mentre nell'ipotesi convenzionale i redshift misurano essenzialmente le velocità e le distanze prodotte dall'espansione dello spazio.

E' ovvio che anche le galassie "in carriera" di Arp non sono destinate a raggiungere tutte la medesima massa e luminosità (le differenze morfologiche sono un fatto osservativo), ma in questo quadro non si presenta il rischio di mescolare sistematicamente oggetti di magnitudini assolute molto diverse. Che è poi un vantaggio che ha una terribile contropartita, perché in tal modo non possiamo più dire gran che sulle loro distanze.

Anche una semplificazione così estrema riesce a mettere a nudo la prima cruciale questione: meglio una distanza sbagliata o una distanza incerta? E' l'eterno tallone d'Achille della scienza astronomica, che non può misurare nelle due dimensioni disponibili un mondo fisico che ne ha almeno tre: misure sbagliate non hanno contenuto scientifico, misure incerte non producono risultati scientifici. Basta questo preliminare per capire perché, a dispetto delle confutazioni osservative, l'espansione dell'universo è così strenuamente difesa. E' solo in base all'interpretazione cinematica del redshift che si è potuta sviluppare una tecnica in grado di scandagliare l'universo e di produrre spettacolari mappe tridimensionali della struttura cosmica. Che producono mostri, si potrebbe aggiungere, come le grandi muraglie, le "dita di Dio", le spropositate luminosità dei quasar, le velocità superluminali e le masse dei buchi neri che aumentano con la distanza.

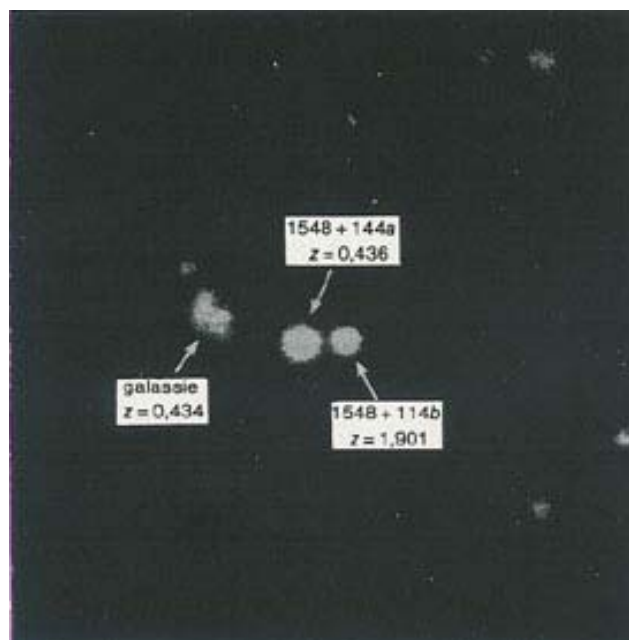


Fig.

11

**Interpretazioni a confronto** - Nella figura precedente appaiono cinque oggetti di debole luminosità molto vicini fra loro. I dettagli della composizione spettrale sono qualitativamente molto simili per tutti i componenti ma l'aspetto non puntiforme dei primi tre a sinistra li definisce come "galassie" mentre i due oggetti di forma

16



sferica (puntiformi) appaiati sono riconosciuti come "quasar". Il redshift medio è  $z = 0,435$  il che li collocherebbe a più di cinque miliardi di anni luce di distanza da noi, ma il quasar a destra ha un redshift quasi cinque volte più alto (che anche dopo le correzioni relativistiche dovrebbe essere spostato a una distanza almeno doppia). L'interpretazione cosmologica richiede che tre galassie e un quasar si trovino tutti alla stessa distanza mentre il quasar di destra viene a cadere solo accidentalmente vicino al gruppo per un effetto di prospettiva. Per Arp gli oggetti sono tutti alla stessa distanza, molto giovani, molto più vicini e molto meno luminosi, e il quasar di destra rappresenta l'ultimo nato della formazione. Si noti che il quasar più luminoso non mostra alcuna nebulosità circostante, che dovrebbe invece essere rivelata sul versante del compagno ritenuto più lontano. Non appare nessuna galassia "ospite" in 1548+144a e il quasar appare "nudo". (Cortesia di E.M. Burbidge).

Come si fa a distinguere una galassia debole da una galassia lontana? E' l'eterno dilemma della "distanza secondo luminosità": quando la luminosità apparente di una sorgente luminosa è pari a un quarto della luminosità apparente di un'altra sorgente di medesima luminosità assoluta, la prima si trova a distanza doppia. Nella teoria del Big Bang quando il redshift di un oggetto è doppio, questi deve recedere a velocità doppia, quando il redshift è quadruplo l'oggetto si allontana quattro volte più velocemente e deve trovarsi quattro volte più lontano. La circolarità è in agguato: se i rapporti di luminosità apparenti non tornano, o coincidono sopra valori di redshift differenti, basta aumentare (o diminuire) le luminosità assolute. E se due galassie morfologicamente identiche e del medesimo splendore apparente, *ma individuate in posizioni contrapposte del cielo* presentano spostamenti verso il rosso discordi, si chiamano in causa "espansioni asimmetriche dell'universo". Non si può ... sbagliare.

L'alternativa di Arp è il crollo dell'espansione dell'universo, e questo implica che le distanze siano sbagliate di un fattore che può superare 100, le masse e le luminosità di un fattore 10.000, le età assegnate in base al "look back time" di un fattore fino a  $10^{10}$ : un'alternativa da Sant'Uffizio, si potrebbe dire, quando i detentori del potere temporale per colpa di un piccolo cannocchiale si trovavano a dover riconsiderare l'inviolabile architettura del Cielo.

Ma il "look back time", cioè l'effetto di osservare gli oggetti cosmici allo stato non attuale per via della velocità finita delle propagazioni elettromagnetiche, ha importantissime e decisive conseguenze su entrambi i modelli di universo. Nello schema immaginario del Big Bang come in un film girato alla rovescia, l'età delle galassie si abbassa progressivamente

e uniformemente con la distanza, svelando oggetti primordiali, in cui la "metallicità" (cioè la formazione degli elementi più pesanti all'interno delle prime stelle) tende a scomparire. Le galassie svaniscono per far posto a singole palle di gas di massa grandissima e di vita brevissima (l'ipotetica popolazione III). Più in là c'è solo "l'era della radiazione". Nella cosmologia osservativa di Arp, la scalata verso epoche più antiche dipende invece da un unico parametro, *l'età della nostra galassia*. Tecnicamente, quindi, la cosiddetta costante di Hubble rappresenta l'inverso dell'età delle nostre stelle più antiche! Per esprimermi nei termini più semplici: come ci apparirebbe la nostra galassia alla distanza di un megaparsec (3,261 milioni di anni luce)? Se la nostra galassia ha quindici miliardi di anni ci apparirebbe a un'età di circa 14 miliardi novecentonovantaseimilioni di anni. Alla distanza stimata dell'ammasso della Vergine (circa 16-17 megaparsec), ci apparirebbe di una cinquantina di milioni di anni più giovane, mentre a 5 miliardi di anni luce si mostrerebbe all'età apparente di 10 miliardi di anni.

Gli specialisti perdoneranno l'ovvietà della rappresentazione, ma a buon profitto dei non iniziati dirò che a 10 miliardi di anni luce la Via Lattea ne dimostrerebbe cinque e che a 15 miliardi di anni luce (che è distanza spaziale), la nostra galassia - che pure sta là in tempo reale - sparirebbe come non fosse mai nata, perché la prima luce partita dalle nostre stelle più antiche non ha ancora potuto colmare quella distanza. E anche una buona risposta al problema del cielo buio in un universo statico (paradosso di Olbers) che qui non esamineremo. Come dovrebbero apparirci galassie molto vicine a noi e della medesima età della nostra? Ovviamente con uno spostamento verso il rosso molto basso, sul quale graverebbero i moti peculiari di avvicinamento o di allontanamento sulla nostra linea di vista (effetti Doppler) dovuti all'interazione gravitazionale. Che è poi, in pratica, ciò che constatiamo nel Gruppo Locale e nei sistemi a noi più prossimi. Ne parleremo fra un attimo.

Apparentemente non resta che chiederci a quale spostamento spettrale dovrebbero trovarsi oggetti *vicini* molto giovani e - se esistono - oggetti vicini *più antichi* della Via Lattea. La risposta è molto semplice anche se sorprendente: gli oggetti giovani mostrerebbero un redshift molto alto che tenderebbe ad *aumentare* con la distanza. L'"orizzonte" degli oggetti intrinsecamente giovani diventa piuttosto angusto a causa del look back time. La risposta a come si presenterebbero sistemi *vicini* più vecchi nella soluzione di Arp è ancora più facile essendo intuitiva: galassie più antiche della Via Lattea

mostrerebbero un *redshift negativo*, cioè in pratica esibirebbero un blueshift rispetto al nostro spettro elettromagnetico.

Nelle parole dello stesso Arp: "*M 31*(la grande galassia in Andromeda di cui la nostra Via Lattea è una compagna) *anche dopo la correzione per la rotazione galattica continua a esibire un elevato spostamento verso il blu. In questo caso la nostra galassia apparirebbe spostata verso il rosso se vista da M 31 così come M 31 risulta spostata verso il blu vista da noi. Questa è la sfida*".

### **Profondo rosso o rosso poco profondo?**

Resterebbe da chiedersi a quali frequenze e a quale spostamento spettrale dovrebbero presentarsi sistemi *più antichi* del nostro e della stessa M 31 *se posti a grandi distanze*. Ma è una risposta difficile anche per uno stregone. Nessuno è in grado di dire quanto "durino" le più grandi galassie: certo non possono essere eterne, e già questo determinerebbe dei grandi "buchi di buio", immense interruzioni temporali nella propagazione delle radiazioni; e poi si renderebbero necessarie conoscenze inaccessibili sull'omogeneità o la disomogeneità della materia cosmica su scale tendenti all'infinito (cfr. K.V.L. Charlier, "How Infinite can be built up", 1922). Ricompaiono tutte le grandi e insolite questioni ottocentesche sul cielo buio o su come potrebbe mai raggiungerci una sorgente luminosa posta a distanza infinita. La scelta di Arp è ancora di natura empirica: poiché le galassie che presentano blueshift nell'universo osservabile sono pochissime, noi ci troviamo evidentemente a vivere in uno dei sistemi più antichi. Galassie *un po' più vecchie* della nostra alle più grandi distanze tornerebbero ad apparirci spostate verso il rosso a causa del look back time, e per il lettore che rischia di smarrirsi nelle proprietà dell'universo statico farò l'esempio grossolano di un sistema dell'età di 25 miliardi di anni (cioè di circa 10 miliardi di anni più antico della Via Lattea) alla distanza di 15 miliardi di anni luce. Se fosse ancora osservabile a quella distanza, ci apparirebbe più giovane delle nostre stelle più vecchie di circa 5 miliardi di anni, quindi non spostato verso il blu *ma di nuovo verso il rosso*.

L'interpretazione cosmogonica di Arp dell'universo osservabile richiede che Andromeda (M 31) sia il capostipite e in pratica l'oggetto più antico di tutto il Gruppo Locale; e ciò risolve anche un rompicapo di lunga data che resta inspiegato nella cornice convenzionale. E' un problema che mi ha coinvolto personalmente e riguarda l'enigmatica distribuzione dei

redshift della nostra congregazione di galassie *che sono tutte positive rispetto a M 31* lo segnalai questo risultato all'Astronomia professionale sin dal 1971, all'indomani della pubblicazione degli spostamenti spettrali allora disponibili dei componenti il Gruppo Locale: ma all'epoca propagandavo epatoprotettori e antinfluenzali e non venni preso sul serio. Scrissi a Paolo Maffei e a Livio Gratton che "o il Gruppo Locale si sta disperdendo o gli spostamenti verso il rosso non c'entrano con l'effetto Doppler".

Il fenomeno tuttavia è stato confermato e ampliato con nuovi dati anche per l'altro gruppo di galassie a noi più vicino, in Ursa Major, dominato dalla grande spirale M 81, e poi esteso a un gran numero di ammassi dove la galassia più massiccia risulta possedere sistematicamente il redshift più basso.

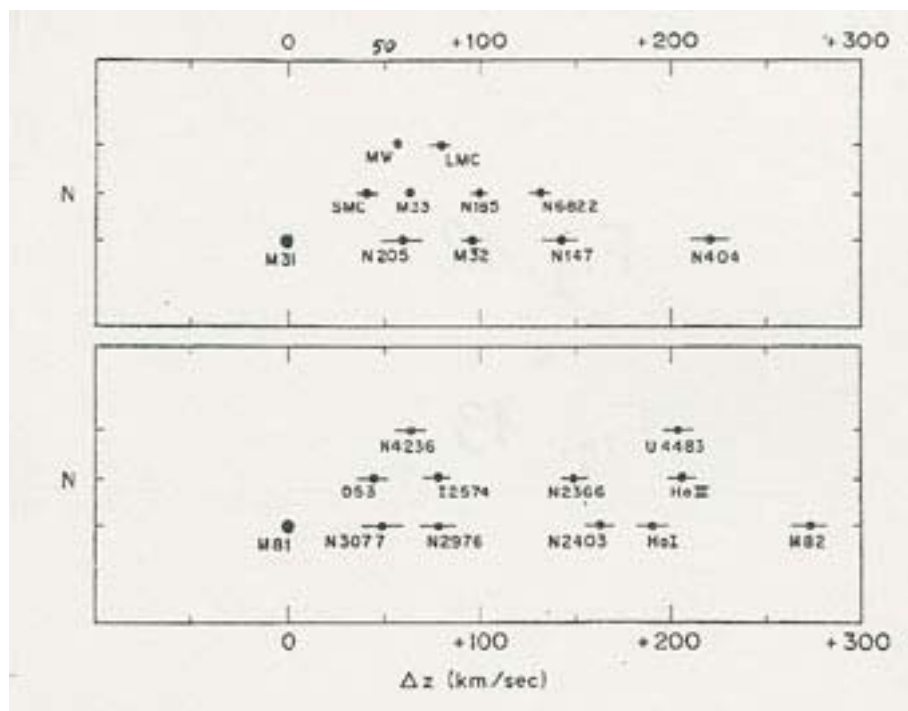


Fig. 12 e 13

Distribuzione degli spostamenti verso il rosso-relativi di tutte le più importanti compagne rispetto alla loro galassia dominante nei gruppi di M 31 e M 81. (Cortesia di H. Arp)

E' aperta la caccia alle galassie "madi" e alle più antiche progenitrici? Un buon metodo potrebbe essere quello di utilizzare i quasar come indicatori delle distanze, ma bisognerebbe passare sul cadavere del Big Bang.

Nella loro nuova "veste" di oggetti piccoli connessi alle galassie, giovani e poco luminosi, i quasar non potrebbero essere osservati intorno a galassie attive molto lontane, per le quali, in base alla sola relazione "age-redshift" è oltretutto molto difficile stimare la distanza. L'"estinzione" degli oggetti giovani (quasar, BL Lac, etc.) è una funzione che cresce assai rapidamente nel modello di universo di Narlikar e Arp cosicché i "progenitori" sono identificabili con sicurezza solo nel nostro vicinato e tutt'al più alle medie distanze.

Poiché la creazione di oggetti cosmici è osservativamente un fenomeno continuo, l'integrazione delle due scale temporali ( $t$  = tempo cosmico e  $\tau$  = tempo locale) comporta notevoli complicazioni che qui risparmieremo al lettore. Mi limiterò a rilevare che si potrebbero anche osservare oggetti con il medesimo redshift (cioè con la medesima età apparente) a distanze molto diverse e quindi con età *intrinsecamente* diverse sulla scala  $t$  del tempo cosmico.

### **Il nuovo scenario**

Un quesito ricorrente tra i pochi esploratori di questa nuova formulazione del mondo è il seguente: se i quasar vengono processati e poi espulsi dalle galassie per dar forma a nuove galassie che a loro volta semineranno nuovi quasar in un processo a cascata, come è apparsa, come si è formata la *prima* galassia? Ovviamente, in un universo indefinitamente grande e antico la domanda è priva di senso: è un po' come cercare l'albero che avrebbe dato origine a una foresta di dimensioni illimitate: Arp non ha la soluzione complessiva della Natura e non ne fa mistero.

*"Da ciò che possiamo vedere le cose si formano continuamente, e continuamente cambiano scomparendo e riapparendo: eppure ogni cosa sembra essere in comunicazione con tutte le altre cose. Se la materia cosmica dispone di un tempo illimitato è possibile che sperimenti ogni possibilità"* (Comunicazione privata, 1993).

E' tuttavia estremamente interessante indagare come avrebbe potuto avere origine la parte visibile del mondo, l'universo locale delle osservazioni al tempo cosmico  $t = 0$ . Essa comincerebbe con un'esplosione di formazioni di tipo quasaroidi di bassa luminosità, circa 15 miliardi di anni fa. Forse a partire da singoli oggetti al centro del Superammasso Locale (che è oggi la più grande aggregazione di galassie conosciuta) vennero proiettate formazioni successive poi evolute in brillanti galassie della seconda generazione, come

M 31 che occupa il centro del Gruppo Locale. Le analogie con l'Inizio degli Inizi della teoria del Big Bang sono ingannevoli, perché questa è una creazione *continua*, continuata e intermittente e quindi, temporalmente, l'esatto opposto del Big Bang che è invece *per definizione* un evento unico a partire dal nulla.

Circa 8 milioni di anni dopo che una galassia come M 31 ha preso a formarsi, essa espelle una famiglia di compagne di cui la Via Lattea è uno dei componenti: è la foto di gruppo del cortile di casa, dove le compagne più giovani devono essere generalmente più attive ed aver espulso molto di recente i quasar del Gruppo Locale (come ad esempio, 3C 120 e i 7 quasar che la circondano, PKS 0123 + 25, 3C 48 e il BL Lac che si trova nelle vicinanze).

Questo scenario empirico di creazione continua ha celebri eponimi in Fred Hoyle, Hermann Bondi e Thomas Gold con la Teoria dello Stato Stazionario, e anche nel suggerimento dell'illustre fisico Paul Dirac che ipotizzò la creazione di materia nell'universo come un processo "moltiplicativo" preferibilmente in prossimità di precedenti concentrazioni di materia più vecchia.

Va detto però con chiarezza - ed è lo stesso Arp a farlo - che qui non abbiano nuovo spazio che sloggia le vecchie formazioni per dar forma a quelle nuove *attraverso una metrica in espansione*, perché gli spostamenti spettrali "anomali" e la relazione age-redshift *eliminano l'espansione dell'universo*.

Così le ipotizzate "superfici di massa nulla" di Hoyle e le equazioni della materia di Narlikar a partire da  $m = 0$  diventano *quasi* nulle e *quasi* zero. "*Per quanti sforzi si possano fare - ammette Arp - non è scientificamente possibile ridurre qualcosa al nulla*". O si fa intervenire un falso vuoto, una radiazione di punto zero, uno stato iperdiffuso di materia-energia o si sfocia nel misticismo. Anche lui alla fine ha bisogno di un apeiron che accende i nuclei delle galassie primordiali: "*Quale possa essere la connessione fra l'osservata creazione locale e l'universo in generale pone una questione affascinante ma smisurata. Nei termini delle forme di vita che stanno lottando con questi concetti, tuttavia è rilevante domandarsi se pure loro, oltre ad essere continuamente create e ricreate in forme leggermente diverse, possano anche trovarsi nei loro costituenti più microscopici in continuo contatto informativo con il resto dell'universo*".

## Il mistero della Vergine

Se è palesemente retorico chiedersi in quale pozzanghera si sviluppò la prima cellula, è però del tutto legittimo domandarsi *chi* fu la madre di M 31. La madre della nostra galassia deve pure avere una madre, e poiché stiamo parlando del nostro universo locale e non di tutto l'universo, la "nonna" - se esiste da qualche parte - non dovrebbe poi essere tanto lontana.

Feci questa domanda ad Arp quasi per scherzo una decina di anni fa e lui ammise che gli sarebbe piaciuto avere una risposta a tutto: aggiunse subito che *"sarebbe assai più fruttuoso conoscere il destino finale delle galassie e della materia che si condensa in stelle piuttosto che rintracciare una foto dell'antenato da incorniciare"*. *"Hai una risposta anche per questo?"* - incalzai malizioso - *Ma è molto interessante* - fece ignorando la mia provocazione - *che le uniche galassie non locali che presentano spostamenti verso il blu si trovano tutte al centro del vicino ammasso della Vergine. Sono sei, spirali Sa e Sb, molto simili alle galassie più vecchie che conosciamo. Se ti fidi della mia relazione age-redshift, è facile calcolare che si tratta di sistemi più vecchi di una ventina di milioni di anni delle galassie del Gruppo Locale: il problema è che questo corrisponde solo ad un incremento dello 0,1% rispetto alle nostre stelle più antiche, così se ti occorre anche la bisnonna dovresti forse trasferirti lassù per continuare la tua ricerca genealogica ..."*.

Gli spostamenti verso il blu delle galassie della Vergine non trovano spiegazioni soddisfacenti nella cornice dell'universo in espansione: alla distanza stimata di 16-17 Mpc le galassie più massicce hanno redshift equivalenti a velocità di recessione di circa un migliaio di chilometri al secondo, ma c'è una "dispersione" in eccesso enorme e un gran numero di altri membri che dovrebbero così recedere a velocità doppie, triple, quadruple e oltre. L'effetto viene di solito "calmierato" sommando a queste galassie "super veloci" un gran numero di nane a basso spostamento verso il rosso fino a farlo sparire, salvando così l'integrità temporale dei gruppi. Ma le sei galassie con blueshift vicine al *centro* dell'ammasso (che altro definisce un "cluster"?) dovrebbero possedere un moto retrogrado spettacolarmente alto rispetto al flusso "quieter" dell'espansione cosmica: viene giustificato con movimenti peculiari verso la nostra linea di vista che si sommano alla direzione di rotazione della nostra galassia, e/o con altre ipotesi "esotiche" e "oscure", inaccessibili all'osservazione, che qui non menzioneremo. *"E' tuttavia un fenomeno davvero straordinario"* ammette il Professor Giuseppe Galletta dell'Università di Padova. Ma che

significa? A tutti gli effetti gli spostamenti verso il blu accertati al centro della Vergine sono anch'essi da annoverare fra i "redshift anomali" e costituiscono un'altra formidabile confutazione sperimentale dell'assioma che gli spostamenti delle righe spettrali delle galassie significano sempre e soltanto velocità.

### Le dita di Dio

Il Palladio, la mitica pietra della sapienza caduta dal cielo, non si trova più ad Atene o a Troia. E' oggi custodito nei penetrali dello Smithsonian Center for Astrophysics ad Harvard, montato su un rozzo piedistallo in uno dei corridoi dell'ala nuova ricoperta di una smorta moquette grigia. E' un cubo di plexiglass di circa un metro di lato, all'interno del quale si trovano migliaia e migliaia di palline colorate in apparente sospensione: sono rosse e azzurre, palline rosse per le galassie ellittiche e palline azzurre per le galassie a spirale.

Al centro del "diorama" una sferetta bianca marca la posizione della Via Lattea, molto prossima a un nugolo di palline e più in là a un'altra concentrazione che nelle intenzione del costruttore dovrebbero rappresentare rispettivamente l'ammasso della Vergine e il più distante assembramento della Chioma di Berenice. E' la cartografia tridimensionale della struttura cosmica ottenuta attraverso la misurazione dello spostamento verso il rosso di 2.400 galassie (palline) in base all'"indubitabile" assunzione che il redshift rappresenta comunque una distanza e una velocità.

Un'altra di queste mappe di profondità è mostrata nella Fig. 14 che compendia ulteriori surveys spettroscopiche di una gran numero di galassie.

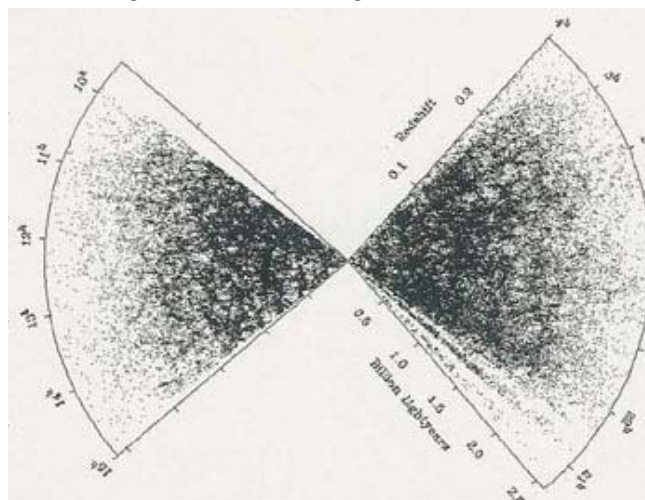


Fig. 14



Appaiono stupefacenti strutture come "grandi muraglie", filamenti e immense bolle di vuoto. Presenti in tutti questi diagrammi sono le cosiddette "dita di Dio", smisurati e inspiegabili allineamenti di galassie che puntano direttamente alla Via Lattea e che vengono giustificati come "dispersioni di effetti Doppler conseguenti a moti peculiari all'interno degli ammassi" ... (vedi Fig. 15).

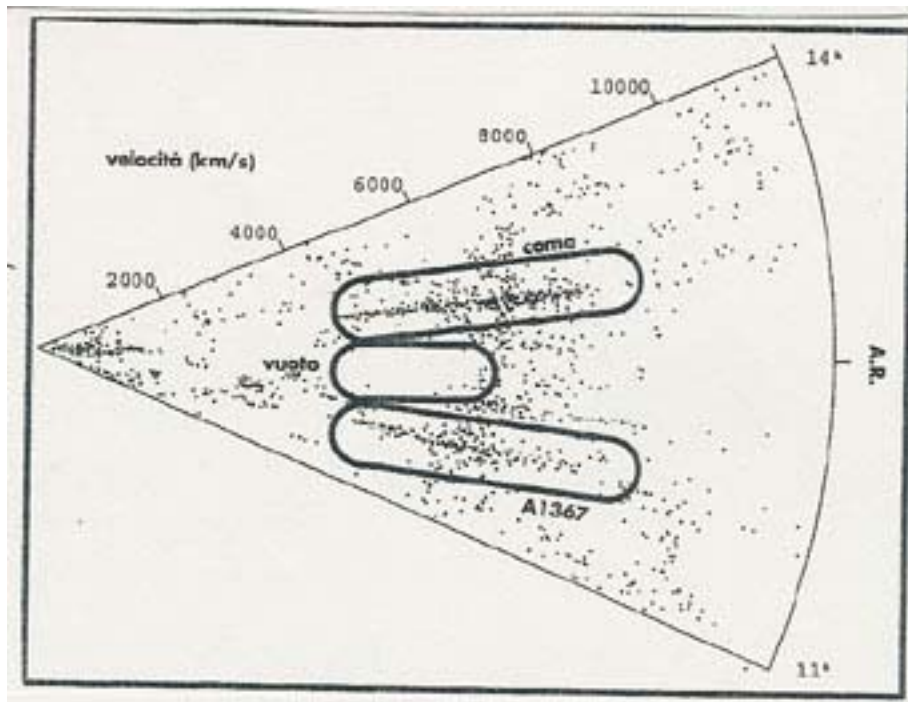


Fig. 15  
(Le dita di Dio)

Ma se i cartografi delle tre dimensioni avessero preso la precauzione di annotare la posizione in base alle luminosità e alle "taglie" delle galassie, avrebbero potuto constatare ad un'occhiata che le più luminose cadono sistematicamente vicino all'apice delle "dita di Dio": qualsiasi dilettante puntiglioso potrebbe facilmente dimostrarlo provando una volta per tutte che quei redshift non possono rappresentare velocità e distanze, e che queste "mappe" sono prive di significato come indicatori della distribuzione in profondità delle galassie.

## Croci di Einstein, Tolomeo e Quantizzazione

L'evidenza che i quasar cadono vicini alle galassie non è contestata dai cosmologi di credo convenzionale: viene attribuita per lo più a "vizi di selezione", a "statistiche a posteriori" e a "effetti lente gravitazionali" previsti dalla teoria della Relatività. Anche la presenza di "materia oscura" - la cui presunta concentrazione al centro e ai bordi degli ammassi amplificherebbe la visibilità degli oggetti di fondo - è chiamata in causa; e quando si trovano coppie, triplette, quartetti di quasar molti vicini e con analogo spostamento verso il rosso, questi diventano automaticamente "candidati lenti".

*"E' anche un buon modo di sfoltire i quasar- feci notare a un influente astrofisico nel corso di un dibattito - e sarebbe istruttivo per la platea comprendere perché la loro concentrazione intorno alle galassie attive è una statistica a posteriori, mentre le lenti gravitazionali non lo sono".*

*"Naturalmente lei è libero di non crederci - fu la risposta - ma l'ha detto un certo Einstein! Vada a guardarsi la "croce" che porta il suo nome, e poi mi sappia dire ...".*

L'immagine della "Croce di Einstein" è riportata qui sotto, e mostra quattro quasar centrati nel nucleo di una galassia a spirale che si trova a una distanza stimata di circa 500 milioni di anni luce.

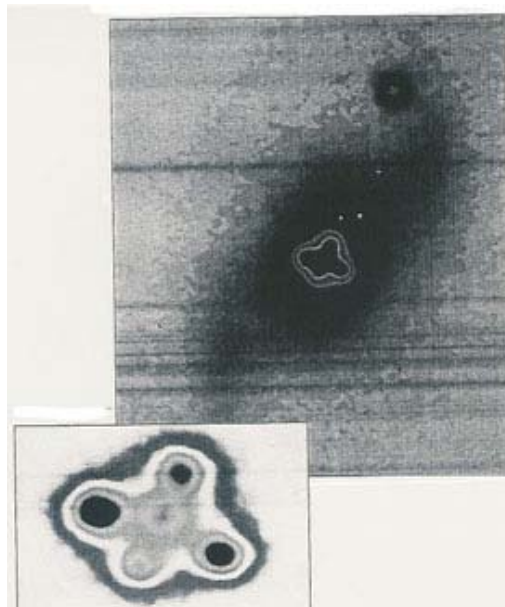


Fig. 16  
(Einstein Cross)

Poiché i quasar sono ritenuti gli astri più distanti dell'universo e poiché l'osservazione di un simile raggruppamento profondo (dentro un secondo d'arco) sarebbe per lo meno improbabile, i cosmologi ne deducono che si tratta dell'allineamento accidentale di un unico oggetto distante nove miliardi di anni luce "spaccato" in quattro dalla massa della galassia molto più vicina a noi, che gli cade di fronte sulla nostra linea di vista.

*Oppure* i quasar sono quattro, e stanno emergendo ortogonalmente dal grembo della galassia con l'altissimo spostamento intrinseco dovuto alla loro giovane età. Ma così vien giù tutto, la Croce, il Big Bang e settant'anni di cosmologia.

*Improbabile.* L'allineamento, tuttavia, dovrebbe essere così esatto che la chance prospettica è calcolabile in  $2 \times 10^{-6}$ , mentre la massa richiesta per il nucleo della galassia che fa da "lente" *dovrebbe essere almeno*  $1.1 \times 10^{10}$  *masse solar!*

Questo valore eccede quello dei nuclei delle più massicce galassie dell'universo, mentre qualsiasi astronomo d'osservazione, potrebbe confermare ad un'occhiata che "l'oggetto lente" in questione è in realtà una galassia nana! Il lettore che cerca affannosamente di decidere *dove* stanno i quasar nell'universo, può tornare alla Figura 9, se crede; ma questa non è ancora tutta la storia della Croce di Einstein, perché Arp e Philip Crane, riprocessando le immagini ottenute dall'Hubble Space Telescope evidenziarono una linea Lyman alpha che connetteva il quasar di destra e quello sottostante al materiale di bassa densità della galassia "lente". La rivista "Nature" si rifiutò di pubblicare il risultato, che tuttavia apparve su "Physics Letters" (A, 168, 6) nel 1992.

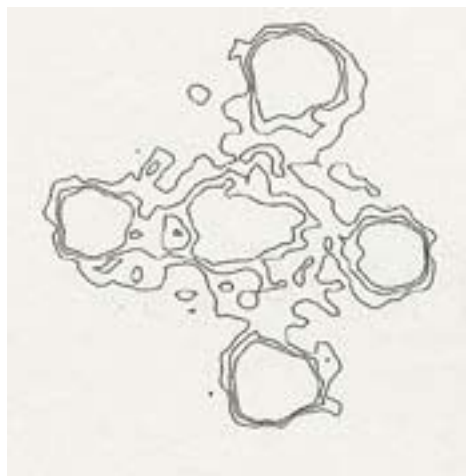


Fig. 16 bis

Contorni di immagine che mostrano elongazioni e connessioni di materiale con il nucleo della galassia centrale (da Arp e Crane, 1992).

La reazione finale fu che Arp e i suoi subalterni non credono nemmeno alla Relatività Generale, ma anche qui la sottile distinzione è che essi semplicemente non credono che la "Croce di Einstein" sia *davvero* un effetto lente gravitazionale.

## Quantizzazione

Ma esiste un'altra conferma (del tutto indipendente dai dati di Arp) che i redshift delle galassie e dei quasar non possono essere attribuiti all'espansione dell'universo. Si tratta della *quantizzazione* che emerge dall'analisi dell'intera distribuzione spettrale degli oggetti cosmici, veri e propri numeri magici ricorrenti, per i quali non si può evitare di darne almeno un cenno.

Uno dei risultati più raccapriccianti dell'interpretazione ortodossa è che l'affollamento dei quasar attorno alle galassie attive comporterebbe immensi coni allungati i cui vertici puntano invariabilmente verso la Terra. Abbiamo visto che un problema analogo sorge quando si tende a rappresentare in sezioni profonde la distribuzione delle galassie in base alla relazione distanza-velocità: appaiono inspiegabili incolonnamenti in fila indiana ("le dita di Dio") intervallati da enormi "pareti" e zone di vuoto ("struttura a bolle") con la terra ancora al centro (Figure 14-15).

Un'équipe di ricercatori esaminò i dati disponibili per galassie appartenenti a zone di cielo contrapposte (T. Broadhurst et al., Nature, 343, 72, 1990) trovando fronti e muraglie di oggetti che ricorrevano in mezzo a zone quasi completamente vuote *a intervalli regolari di 130 megaparsec!* (Fig. 17). Questi dati inattesi provocarono enorme stupore, ma quando fu chiaro che essi contraddicevano qualsiasi teoria di formazione delle galassie in accordo col Big Bang, si obiettò che le porzioni di cielo indagate erano troppo piccole per essere "rappresentative", e che si imponevano quindi ulteriori investigazioni su sezioni di cielo più estese e profonde, con telescopi più potenti. Che è poi un'impresa titanica, perché i telescopi di maggiore apertura hanno un campo d'osservazione ridottissimo (il 10 metri del Keck I spazia ad esempio 1/250 della grandezza della luna piena) e non è mai chiaro dove

si

sta

guardando.

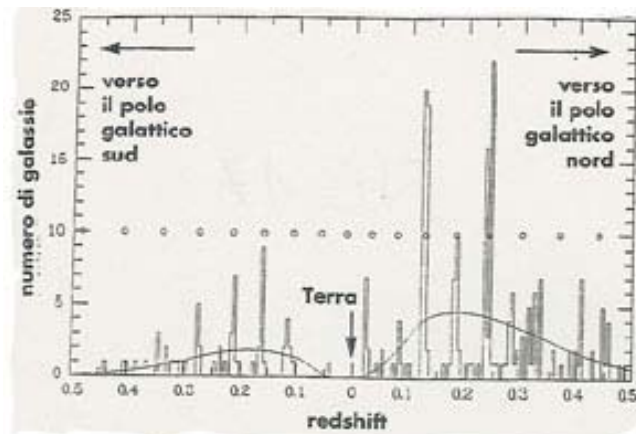


Fig. 17

Tuttavia le numerose surveys successive hanno "confermato" l'esistenza di muraglie e di bolle di vuoto o, equivalentemente, che i picchi di redshift risultano sistematicamente quantizzati a valori preferiti. L'ortodossia rimane "abbottonata" nei confronti della periodicità, perché la presenza a intervalli discreti di muraglie e gusci concentrici di galassie riporterebbe trionfalmente Tolomeo al centro dell'universo; le "bolle di vuoto" tuttavia sono in alcuni casi così grandi che nella cornice del Big Bang non ci sarebbe tempo sufficiente per formarle. Come ha dichiarato a più riprese l'astronoma Judith Coehn, le grandi strutture avrebbero potuto formarsi solo accordando un tempo di gran lunga superiore "alla presunta età dell'universo", cosicché non è più chiaro nemmeno all'ortodossia quale significato accordare alle molte reclamizzate "mappe di profondità" (vedi Figure 15-16).

L'evidenza che i redshift delle galassie compaiono a valori discreti era tuttavia disponibile da molto tempo. Nel 1976 l'astronomo del Caltech William Tifft rilevò da un campione numeroso di galassie binarie che le differenze di redshift cadono costantemente nell'intervallo di 72-144-216 km/sec. e multipli: il risultato venne subito ridicolizzato in quanto nessuno sarebbe stato disposto ad accordare velocità di recessioni quantizzate alle galassie binarie. Inoltre i moti reciproci di interazione avrebbero dovuto cancellare qualsiasi periodicità anche nel caso che l'effetto fosse stato reale: Arp ricorda che si ironizzò a lungo sulla possibilità di un annullamento retroattivo del titolo accademico di Tifft. Ma tutte le rilevazioni successive su coppie di galassie *confermarono costantemente questo risultato*, che fu nuovamente evidenziato con misure radio dell'idrogeno neutro, che sono in grado di determinare i redshift nel modo più accurato. Dove siano andati a finire i

moti gravitazionali relativi resta un mistero insoluto sul tavolo degli astrofisici (e dello stesso Arp!): nel frattempo però è diventata schiacciante l'evidenza che anche i redshift dei quasar sono fortemente quantizzati su valori preferiti.

L'astronomo svedese Karl Karlsson trovò che i picchi ricorrenti potevano essere riprodotti da una formula  $\Delta \log(1-z) = \text{costante}$ , che nella tabella riportata qui sotto

$$z = 0,30 \quad z = 1,96$$

$$z = 0,60 \quad z = 2,64$$

$$z = 0,96 \quad z = 3,47$$

$$z = 1,41 \quad z = 4,49$$

assume il valore  $\text{cost.} = 0,089$ .

Il punto di vista tradizionale non è mai intervenuto a smentire la periodicità degli spostamenti verso il rosso dei quasar perché nella cornice cosmologica del Big Bang la loro collocazione a grandi distanze ha pur sempre un significato che è in stretta relazione con l'evoluzione dell'universo. Ma non c'è dubbio che qualunque possa essere il meccanismo che impartisce valori discreti allo spostamento delle righe delle galassie e dei quasar, questa è un'altra prova *decisiva* che il redshift non può essere attribuito a velocità.

Val la pena concludere questo blitz nella quantizzazione ricordando che nel sistema cosmologico a creazione continua di Arp e di Narlikar i redshift degli oggetti cosmici esprimono le loro età di formazione, *ma non necessariamente le loro distanze*. Così le loro età (apparenti) dovrebbero essere miscelate dal look back time in quantità intermedie e cancellare così ogni traccia della periodicità. La proposta di Arp è che la quantizzazione sia in relazione diretta a passaggi evolutivi "permessi" che eludono stati intermedi nella "progressione" della massa variabile, rendendo così la sua evoluzione *osservabile solo a certi stati discreti*. Questo riporta l'astrofisica nell'alveo della meccanica quantistica e costituisce una formidabile sfida per la ricerca e per la scienza del futuro.

## La rivoluzione può attendere?

L'osservazione delle fasi di Venere e di Mercurio non produsse immediatamente l'Illuminismo, ma una lenta agonia. E' storia nota: grandi differenze nella percezione della realtà provocano inevitabilmente lacerazioni e conflitti profondi prima di riconciliarsi in un nuovo paradigma. Ma la rivoluzione di Copernico, la genialità di Keplero o l'evidenza empirica di Galileo non rappresentarono la vittoria degli illuminati sugli ottusi, dei sapienti sugli incolti, degli "eretici" sui "collaborazionisti". Al contrario, gli oppositori che all'inizio erano il mondo intero, furono spesso persone di grande intelligenza.

Il progresso scientifico si realizza però quasi sempre quando qualcuno, nella bonaccia dell'unanimità, esclama: "E' sbagliato!". O grida, come nella favola di Andersen, che il Re è nudo. Naturalmente questo non significa che la scienza abbia sempre torto, ma che l'Autorità istituzionalizzata della conoscenza deve essere perennemente in discussione: è vero che nessuna futura razionalità potrà mai riportare la terra al centro dell'universo o restituirle una forma piatta, ma è presumibile che tutte le *teorie*, compresa quella di Narlikar e Arp, siano destinate col tempo a essere riformulate. Ciò che non può essere cambiato, o modificato, o soppresso, sono i bracci, i filamenti, le connessioni osservative di materia che legano oggetti di diverso spostamento spettrale e che impongono la falsificazione dell'assunzione fondamentale della cosmologia.

Paradossalmente, è proprio l'accettazione dell'evidenza che si rivela l'ostacolo più difficile. L'astronomo Massimo Capaccioli ha dichiarato (sottovoce) che "*Forse Arp ha ragione, ma fra cento, o mille anni*", e se ciò è vero questo stesso articolo è in anticipo di cento o mille anni, destinato ad essere fatto a pezzi dalla Contemporaneità in attesa di una eventuale riabilitazione postuma.

Chi allontana i dati di Arp e ne sospende il giudizio rinviando la questione all'infinito ragiona più o meno così: "*Nonostante queste "scomode" osservazioni non sembra che ce la caviamo tanto male; abbiamo una teoria della creazione cosmica che è matematicamente corretta fino all'istante  $10^{-43}$ , un modello della struttura della materia che funziona e un emergente teoria delle Supercorde che promette di unificare il tutto e il nulla nel rispetto delle leggi della fisica. E' vero che la predizione di Stephen Hawking di trovare una master equation che spieghi tutto entro il duemila ("da stampare su teeshirts") non si è avverata, ma chi può dire cosa troveremo tra dieci anni? Perché l'universo deve essere*

*per forza complesso quando può essere invece semplicissimo? Non è colpa della scienza se gli eventi sono caotici e imprevedibili, non è colpa della scienza se la natura è competitiva e non cooperativa, o se la società è sempre più cinica e violenta: mica si può incolpare le GUT (Great Unified Theories) per la fondamentale irrazionalità dell'esistenza!.*

E non c'è dubbio. Se si evita di considerare le confutazioni e le falsificazioni eliminandole dalla discussione nessuno si chiederà più se la scienza possa avere ottenuto le risposte sbagliate da tutte le più importanti questioni cosmologiche. E se sono sbagliate, anche il Big Bang, le GUT, le Supercorde e forse "la fondamentale irrazionalità dell'esistenza" sono da riscrivere. Come sempre in tutte le grandi rivoluzioni, il fatto è più culturale che scientifico.

Vorrei concludere questa mia esposizione della controversia con due aneddoti di natura sociologico-osservativa, se così si può dire. Il primo è a lieto fine, e riguarda il braccio che collega le due galassie con redshift altamente discordi NGC 7603 A e B e i due quasar che vi sono immersi, di cui ho già parlato in precedenza (vedi Fig. 9). Appena mi fu nota, comunicai questa decisiva scoperta anche a un insigne fisico relativista di Bologna, invitandolo senza mezzi termini a prendere una posizione.

La cortese risposta fu: "*Non rifiuto di guardare nel cannocchiale di Galileo, e, delle due, di fronte all'immagine trasmessa sono incline a dar ragione a lei. Ma non posso giurarci. Qui vident sciunt? Mah ... nel cannocchiale si vedevano le stelle medicee, ma anche Saturno tricolorato ... Aspettiamo. Il tempo farà (forse) giustizia*".

Avrei dovuto accontentarmi? "*Aspettiamo ... che cosa?*" - replicai prontamente - *Io guardo galassie da quarant'anni e a meno di dubitare delle fasi dei pianeti interni, giurerei che le due galassie in questione sono connesse da un visibile ponte di materia. Lei no? Può anche tenere i due quasar nello sfondo, se crede, confidando in una possibilità su un milione, ma non può allontanare le due galassie senza sopprimere l'astronomia osservativa. Il tempo servirà solo a mantenere lo status quo. Dobbiamo convenire che la storia che si ripete non ci insegna nulla?*".

Dopo qualche tempo ricevetti una comunicazione che mi preannunciava l'inserimento dei dati di Arp in un'importante Seminario sulla Cosmologia per il dottorato in fisica, e sarò eternamente grato a quel Professore per il suo atteggiamento costruttivo.



Il secondo episodio è assai meno incoraggiante ed è un esempio tipico di come l'establishment cosmologico reagisce di fronte a osservazioni di segno opposto.

La Figura 18 mostra una mappa in raggi X ottenuta da W. Pietsch nel 1994 con il telescopio orbitale tedesco ROSAT centrato sulla galassia attiva ed espulsiva di tipo Seyfert NGC 4258.

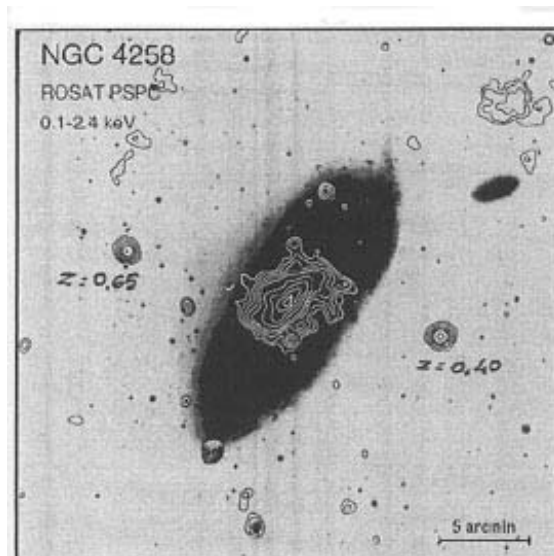


Fig. 18

Si notano immediatamente due intense emissioni X allineate ai due lati della galassia che è a sua volta una forte emittente di raggi X. Due sorgenti così perfettamente speculari avrebbero meno di una probabilità su mille di apparirsi accidentalmente nello sfondo e in modo così esatto ai due bordi della galassia su una linea che passa per il nucleo. Era dunque di straordinario interesse astrofisico approfondire subito la natura di queste due sorgenti: ma un radioastronomo dichiarò preventivamente che le due emissioni erano in realtà *"echi elettronici dovuti al sistema di rivelazione quando si gira lo strumento, ben noti a chi conosce la tecnica nel dettaglio"*!

Disgraziatamente per lui le due emissioni avevano controparti ottiche che Pietsch, Vogler, Kahabaka, Jain e Klein (*"Astronomy and Astrophysics Letters, 1995"*) confermarono subito come candidati quasar. Io non ebbi più notizie del radioastronomo e commentai la cosa su un giornalino amatoriale, rammaricandomi che *"dopo trent'anni di allineamenti prospettici"*

*nel visibile, abbiamo adesso false eco nei raggi X che possiedono controparti ottiche che poi risultano essere quasar ...".*

Ma la storia era ancora ben lontana dalla conclusione, perché nessuno voleva prendere gli spostamenti verso il rosso dei candidati quasar. Arp riferisce nel suo recente ultimo libro "Seeing Red" che numerose Istituzioni richiesero l'analisi spettroscopica degli oggetti, senza alcun esito. Ci riuscì alla fine, due anni dopo, Margaret Burbidge, che con il riflettore di tre metri di Monte Hamilton rilevò  $z = 0,65$  per il quasar a sinistra e  $z = 0,40$  per quello di destra.

Gli spettri ottenuti sono riprodotti nei grafici che mostro qui sotto, e non è senza emozione che il lettore può vedere ancora una volta le righe di elementi noti come l'ossigeno, il magnesio, l'idrogeno, etc. posizionate su lunghezze d'onda lontanissime da quelle che si formano in laboratorio.

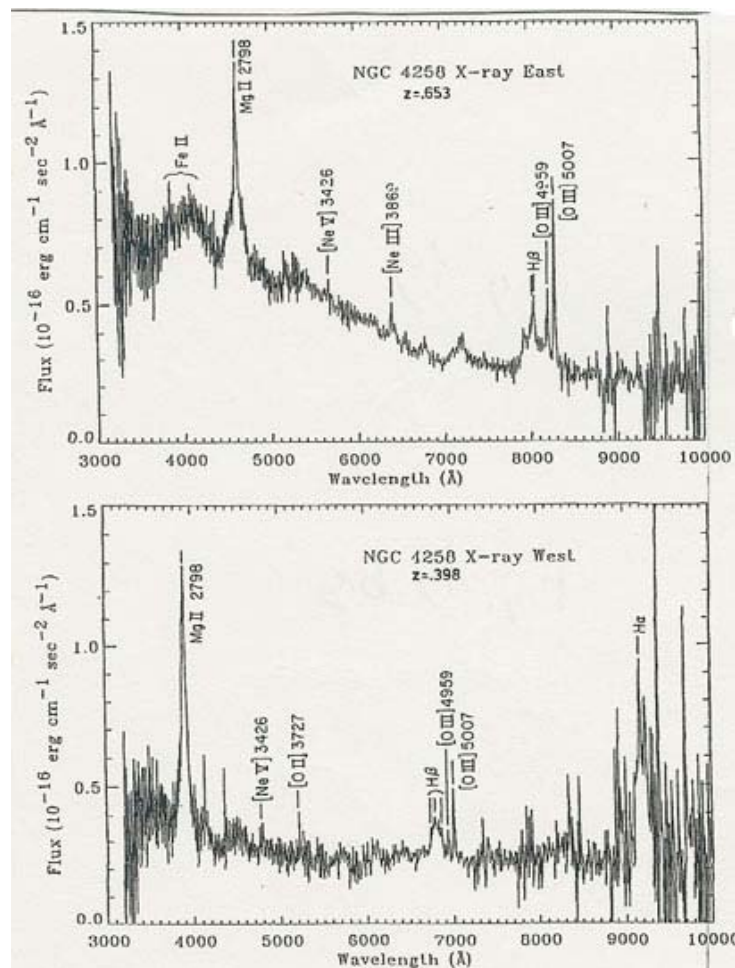


Fig. 19 e 19 bis

E' un'altra decisiva testimonianza di *differenti* stati della materia cosmica e un'altra cruciale osservazione a favore della natura *riproduttiva* delle galassie.

La Rivoluzione può attendere? Con commenti indipendenti sopra quel risultato, Arp ed io adoperammo termini analoghi di "tumultuazione della cosmologia corrente": solo che io parlai di "ultimo chiodo nella bara del Big Bang" e lui di "ultimo fiore". Anche questo, credo, fa la differenza fra un piccolo dilettante e un grande scienziato.

## Note

1 Recenti misurazioni della struttura fine su un campione di quasar effettuato da J. Webb e J. Prohaska (Physical Review, Sept. 2001) sembrano riproporre la possibilità di variazioni intrinseche nella carica dell'elettrone. Integrando questi risultati nella cornice cosmologica che colloca i quasar ai confini dell'universo, Paul Davies e altri hanno suggerito la possibilità che al momento del Big Bang la velocità della luce tendesse all'infinito! (Nature, agosto 2002). Qui il commento potrebbe essere: che duro prezzo sono disposti a pagare i sostenitori della Palla di Fuoco per tenere i quasar alle loro distanze di redshift.

2 L'induzione ricavata da Arp su base osservativa ha una formulazione matematica completa e rigorosa nella "teoria della massa variabile" sviluppata da Hoyle e Narlikar già agli inizi degli anni Settanta ("Action at Distance in Physics and Cosmology", S. Francisco, 1974). E' chiamata anche teoria generale della gravità conforme e descrive la massa delle particelle come funzione della posizione e del tempo. Informazioni dettagliate sono reperibili anche nel nuovo libro di Arp "Seeing Red", Apeiron, 1998, sull'Astrophysical Journal, Narlikar e Arp, 405:51-56, 1993, in "Origini", Autori vari, Il Poligrafo, 1994 e nel volume dell'autore di questo articolo, "Eppur non si muove!", - La controversia sull'espansione dell'universo - Studio Stampa, 1996.

- - - - -

[Una presentazione dell'autore si trova nel numero 2 di *Episteme* - si veda anche il suo contributo nella sezione "Commenti Ricevuti" della I Parte di questo stesso fascicolo della rivista]

"virgilio" <guervitt@virgilio.it>