

L'OCCHIO NEL CIELO

CONVERSAZIONE CON RICCARDO GIACCONI

Riportiamo alcune parti di una conversazione-intervista registrata a Milano il 13 maggio 1985 e già pubblicata, a cura di Ottavia Bassetti, nella collana Frontiere allora edita da Montedison-Progetto Cultura. Un interessante documento storico sul lavoro del fisico italiano premio Nobel per la fisica 2002. Accanto alla presentazione dei risultati conseguiti grazie ai satelliti Uhuru e Einstein troviamo la passione per la ricerca, la consapevolezza che non tutti gli esperimenti possono avere successo, la gioia della scoperta, lo «spirito di gruppo».

Professor Giacconi, il libro che lei ha scritto insieme a Wallace Tucker sulla storia dell'astronomia in raggi X inizia con la descrizione di una notte del 1978 durante la quale sta per avvenire il lancio di un razzo. Come mai ha scelto proprio questo episodio?

Perché era un momento molto significativo per la mia vita personale e professionale. Era dal 1963 che cercavo di realizzare quest'impresa: il lancio di un telescopio a raggi X. Avevamo cominciato a costruire il satellite *Einstein*, che stava per essere mandato in orbita quella notte, nel 1970: c'erano voluti otto anni di lavoro e l'impegno di centinaia di persone. Quella notte c'era anche mio figlio ad assistere al lancio. La partenza di un satellite al quale si è lavorato per tanti anni è sempre un momento di estrema emozione. Durante le fasi che pre-

cedono il lancio ci si trova in una strana situazione: ci si rende conto di essere in balia di sconosciuti ognuno dei quali deve svolgere il proprio lavoro alla perfezione, contemporaneamente tutti i sistemi devono funzionare al meglio. Sembra sempre un miracolo quando il razzo lascia la torre di lancio. Poi, finalmente, il satellite che porta gli strumenti arriva nello spazio e comincia a fare osservazioni. È un momento altrettanto emozionante, il culmine di una mole impressionante di lavoro e di tempo.

Lei in quei momenti dove sta?

In quel particolare lancio mi trovavo nel bunker di controllo. Il mio compito era di dare il via per quanto riguardava la strumentazione scientifica. Nel bunker c'erano tantissime linee telefoniche aperte, mi ricordo che quella volta erano

quattordici e potevo ascoltare le varie frasi che si intrecciavano intorno. Erano discussioni che mi riguardavano solo perifericamente, ma sentivo continuamente affermazioni raccapriccianti, per esempio che c'era una perdita nel serbatoio dell'idrogeno, oppure che era stato segnalato un guasto nel circuito elettrico. È sempre così nelle ore che precedono il lancio, ci sono mille piccole cose che non funzionano, ognuna delle quali può pregiudicare la missione. Tutto ciò dà una sensazione di grande confusione anche se si sa che si sta svolgendo un'operazione molto raffinata, molto pianificata e molto ordinata. A un certo momento quella notte tutto è andato a posto e abbiamo potuto dare il via. Quando il razzo è partito, siamo corsi fuori a vedere quella palla di fuoco che si alzava nel cielo con un grande rumore, un vero e proprio tuono.

Torniamo indietro, all'inizio della sua carriera scientifica. Lei ha sempre lavorato in America, però si è laureato in fisica in Italia. Che cosa ha portato con sé della formazione italiana? C'è uno stile particolare secondo lei nel modo di fare ricerca, c'è qualcosa che le ha insegnato la scuola italiana e che magari riconosce negli scienziati che incontra?

C'è una certa formazione logica - o almeno c'era nella scuola di Milano, e nell'insegnamento di Occhialini, col quale ho studiato - un certo modo di pensare per cui non si fa una distinzione troppo netta tra lo sperimentale e il teorico.

Il grande modello rimane Fermi, uno scienziato che riuniva in sé, in modo brillante e unico, le doti di sperimentatore, di teorico, di studioso della natura. Alla sua scuola gli esperimenti si facevano per imparare le leggi fondamentali della natura, poi si riprovavano, si creavano teorie per spiegare i risultati, si rimettevano alla prova e così via: c'era una continuità di ricerca. In questo senso la scuola italiana si distingue da quella statunitense dove la specializzazione è molto maggiore.

L'altra impostazione che ho trovato molto utile era quella che veniva data per la geometria proiettiva così come la

spiegava il professor Chisini - il vecchio Chisini, con la dentiera che ogni tanto sbatteva durante le lezioni - che ci aveva abituati a risolvere i problemi, anche i più complessi, per intuizione, per geometria proiettiva, cioè a pensare in forme geometriche e a risolvere i problemi con l'intuizione piuttosto che con l'analisi dettagliata. Questo è molto utile perché sviluppa una visione di insieme. La caratteristica principale della scuola italiana credo sia una maggiore attenzione al significato fisico fondamentale delle ricerche, più che alle apparenze, o alla catalogazione.

C'è uno strumento in cui lei ha visto un'applicazione immediata di questa geometria?

Sì, il telescopio a raggi X. Quando ho cominciato a interessarmi di astronomia in X ero partito quasi da zero e, leggendo tutto quello che trovavo, sono capitato per caso sulla proprietà dei raggi X di venir riflessi con grande efficienza quando cadono su una superficie con angoli di incidenza molto piccoli. Partendo da questa proprietà, l'idea che uno specchio parabolico avrebbe potuto focalizzare i raggi e costituire un telescopio, anche se si doveva usare una parte della parabola non convenzionale, mi venne direttamente dalla geometria.

Ma questa è un'applicazione banale, in realtà, quando mi riferivo alla geometria, pensavo piuttosto a una forma mentale, a un modo di pensare e non solo ad applicazioni pratiche.

Quando lei lascia l'Italia, la sua specializzazione è nella fisica delle particelle. Come è arrivato invece a occuparsi di astronomia in X?

In parte è stata una scelta personale, ma in parte è stata determinata dall'evoluzione del mio primo campo di ricerca. Quando ho preso la laurea, con una tesi sui raggi cosmici, era già il 1953: le grandi scoperte nel campo erano avvenute subito dopo la guerra e già si vedevano arrivare all'orizzonte gli acceleratori di particelle con fasci di alta intensità. A quel punto era chiaro che, se si voleva fare ricerca sulle particelle in modo valido, era meglio farlo con i nuovi acceleratori, piuttosto che aspettare i rari eventi che vengono ogni tanto dal cielo, così come si fa nella ricerca con i raggi cosmici.

Il campo si stava chiudendo; difatti la maggior parte delle persone che lo avevano aperto ne stava uscendo per dedicarsi alla fisica delle particelle elementari con gli acceleratori, oppure cambiava settore. Alcuni cominciavano a occuparsi di astronomia in raggi gamma, altri di raggi cosmici ad altissima energia e io mi

sono trovato allo stesso bivio e, a dire la verità, in quel momento non mi ispirava l'idea di entrare a far parte degli enormi gruppi che ruotavano intorno agli acceleratori, destinati a crescere ancora di più e che mi sembravano molto opprimenti.

Ho preferito entrare in un campo che nel 1959, quando ho dovuto fare la mia scelta di carriera, era proprio agli inizi, cioè la fisica dello spazio che era cominciata con il lancio del primo satellite russo nel 1957. Era un campo completamente nuovo, dove non si era fatto molto lavoro e dove le prospettive sembravano assai promettenti e questo è stato forse il fattore più determinante nella mia scelta.

Se nel campo dei raggi cosmici si presentava il problema di pochi eventi, molto rari, nell'astronomia spaziale c'era però il problema di dover aspettare molti anni prima di poter vedere i risultati di un esperimento. Questo non la spaventava?

No, le lunghe attese non sono mai gravi, se si riescono a portare avanti altri progetti di ricerca. Se un ricercatore ha l'impressione di progredire ogni giorno e di fare ricerche utili, non è poi così noioso dover aspettare tanto tempo. Ciò che è veramente noioso è l'attesa del via libera, all'inizio del progetto, ma quando si riesce a partire, anche se si

impiegano molti anni a portare a termine un esperimento, in realtà la ricerca è sempre nuova e i problemi da risolvere sono tanti; non è quindi una vera e propria attesa.

Come ha cominciato a occuparsi di astronomia in raggi X? E a che punto era questo settore quando lei ha cominciato?

Sono entrato nel campo quasi per caso. Stavo infatti cercando di capire da alcuni mesi che tipo di esperimenti si potessero fare nello spazio, come parte di un programma di fisica spaziale. E piuttosto casualmente ho incontrato Bruno Rossi durante una festa a casa sua. Rossi insegnava al *Massachusetts Institute of Technology* ed era consulente della società per cui lavoravo: *l'American Science & Engineering*. Quella sera mi disse che, secondo lui, sarebbe stato interessante esplorare il cielo in raggi X per il semplice motivo che non se ne sapeva nulla e quindi c'era la possibilità di fare scoperte importanti. Questo suggerimento era il risultato di parecchie discussioni, di cui ero ignaro, che si erano svolte fra gli scienziati dello *Space Science Board*, l'organo consultivo della NASA incaricato di studiare le possibilità di ricerca nello spazio, di cui Rossi era membro. Non solo Bruno, ma anche altri avevano cominciato a realizzare

che una delle importanti opportunità offerte dallo spazio era di poter fare astronomia a lunghezze d'onda diverse dal visibile.

Dopo questo suggerimento ho consultato la letteratura scientifica per vedere che cosa era stato fatto fino a quel momento e ho scoperto che c'era un solo gruppo nel mondo che si era occupato di raggi X. Era un gruppo che lavorava presso il *Naval Research Laboratory* e che, dopo aver scoperto radiazioni X provenienti dal Sole, aveva seguito l'emissione solare per circa un anno. I ricercatori del gruppo avevano anche cercato di osservare la radiazione proveniente dalle stelle ma questa era troppo debole per i loro strumenti e comunque non ci erano riusciti.

Sono state proprio queste indagini a darmi lo spunto per partire. Con altre persone abbiamo cercato di prevedere di che intensità potessero essere le radiazioni stellari. Abbiamo preso in considerazione molti oggetti: supernove, stelle di neutroni, stelle normali e ci siamo resi conto che in ogni caso queste emissioni sarebbero state notevolmente inferiori a quella del Sole. Questo spiegava perché il gruppo del *Naval Research Laboratory* non fosse riuscito a captarle.

Allora ho cominciato a pensare a possibili strumenti in grado di captare radiazioni di così debole intensità. La

ricerca a questo punto ha preso due strade diverse.

La prima era di usare essenzialmente gli stessi strumenti utilizzati in precedenza dal gruppo di ricerca presso l'osservatorio navale, ma potenziandoli, aumentandone cioè l'area di rilevazione. Procedendo così, in un paio d'anni, con un gruppetto costituito da giovani fisici più un tecnico e un meccanico, siamo riusciti a costruire strumenti che erano circa cento volte più sensibili di quelli usati dall'altro gruppo.

Abbiamo cominciato a fare delle prove, mandandoli nello spazio. Il primo razzo è esploso appena lasciata la torre di lancio, al secondo non si è aperto lo sportello, ma finalmente il terzo ha funzionato e ha portato alla scoperta della prima stella in raggi X al di fuori del sistema solare.

Come si è sviluppato invece il secondo modo di cercare sorgenti di raggi X?

Questo filone di ricerca ha avuto uno sviluppo più lento. Si trattava di perfezionare le tecniche per costruire i telescopi a incidenza radente in raggi X, l'idea che avevo avuto nel 1960 e di cui parlavo prima. Questo percorso è stato piuttosto lungo e si è svolto in varie fasi. Prima di tutto abbiamo dovuto allestire i

nuovi telescopi e provarli sul Sole, la sorgente più vicina e quindi più forte e più facile da osservare. Queste ricerche sono culminate con un esperimento su *Skylab*, un laboratorio semi-permanente mandato in orbita nel 1973.

Poi il telescopio è stato usato per stelle con un'emissione ancora più debole e quindi abbiamo dovuto costruire strumenti molto più grandi e precisi. Tutto questo lavoro è finalmente culminato nel volo del satellite *Einstein* che ha portato in orbita il primo telescopio a raggi X.

Quando, nel 1962, avete visto la prima sorgente in X al di fuori del sistema solare, che significato ha avuto questa scoperta?

Prima di tutto è stata una grande gioia, ma è stata anche una grande sorpresa, perché allora non pensavamo assolutamente che esistessero sorgenti celesti in cui la radiazione X fosse tanto forte.

Per avere un'idea, prendiamo per esempio il Sole: è una stella che emette quasi tutta la sua energia intorno al visibile; la sua superficie ha una temperatura di poche migliaia di gradi e solo una piccolissima parte dell'energia del Sole viene emessa da elettroni e gas a temperatura molto elevata nella

corona solare.

L'emissione in X del Sole è circa un milionesimo dell'emissione in luce visibile. Nell'oggetto che avevamo scoperto e chiamato *Sco X-1*, perché era la più potente sorgente di raggi X nella costellazione di Scorpione, le cose stavano molto diversamente: l'emissione in X era mille volte più forte di quella in luce visibile, e l'emissione totale era mille volte quella del Sole. Era quindi un oggetto stellare molto sorprendente, la cui esistenza non era mai stata sospettata prima della nostra scoperta.

Il valore pratico di aver trovato questa sorgente così strana all'inizio delle nostre ricerche, con strumenti piuttosto primitivi, è stato notevole perché ci si apriva un campo di ricerca fruttuoso anche se non avevamo ancora a disposizione strumenti molto sofisticati. Infatti le ricerche sono continuate dal 1960 fino al 1970 con l'invio di razzi e sono poi culminate con il lancio di *Uhuru*, il primo satellite interamente dedicato all'astronomia in raggi X, che portava in orbita dei contatori convenzionali.

La scoperta di *Sco X-1* ha quindi avuto un significato teorico, farci vedere l'esistenza di un nuovo tipo di oggetti stellari, e uno pratico, incoraggiarci in una ricerca molto fruttuosa.

Per quattordici anni, dal 1959 al 1973, lei lavora all'*American Science & Engineering*. Come mai sceglie di lasciare la carriera universitaria e di lavorare in una società privata di ricerca?

La vera ragione era che volevo restare negli Stati Uniti. In Italia, subito dopo la laurea, avevo insegnato per due anni all'università, ma le prospettive di ricerca erano molto limitate. Beppo Occhialini, lo scienziato a cui chiedevo consiglio, mi aveva spinto ad andare negli Stati Uniti dove ero stato per due anni all'università dell'Indiana e per uno a Princeton. A quel punto scadeva il visto e sarei dovuto tornare in Europa. Le ricerche che si facevano a Milano non mi interessavano e una visita al CERN non mi aveva convinto; per di più le offerte che mi avevano fatto non erano ben definite. Volendo restare negli Stati Uniti dovevo trovare il modo di rinnovare il visto e ciò è stato estremamente facile una volta che ho accettato di entrare all'*American Science & Engineering*, una società con la quale ero entrato in contatto tramite Bruno Rossi. Bruno Rossi era il «padre» scientifico di Beppo Occhialini e io, in un certo senso, ero «figlio» di Beppo. Rossi, con altri e Martin Anniss, presidente della società e suo allievo, avevano messo in piedi la

società per svolgere ricerche di interesse nazionale. Mi hanno offerto un lavoro e mi hanno reso «indispensabile» alla *National Defense*, in questo modo ho ottenuto il visto.

A parte questa ragione pratica, quello che mi aveva attratto era che il mio lavoro sarebbe stato tutto da inventare; mi davano mano libera per iniziare un settore totalmente nuovo, il mio compito era creare da zero il filone della ricerca spaziale. Ciò mi permetteva di lavorare in un modo diverso, non strettamente accademico. A me piace fare ricerca e insegnare, ma ho anche alcune capacità organizzative che allora non riconoscevo e l'*American Science & Engineering* mi dava la possibilità di portare avanti la mia ricerca e allo stesso tempo di dirigere quella altrui. Infatti in pochi anni siamo diventati una delle divisioni più forti della società e l'abbiamo fatta crescere.

Per uno scienziato quali erano i vantaggi e gli svantaggi di lavorare in quella società?

La nostra flessibilità era di gran lunga superiore a quella di altre istituzioni, potevamo crescere seguendo una logica intrinseca dettata da questioni scientifiche o tecnologiche. Assumevamo personale molto rapidamente; se per esempio avevamo bisogno di

competenze nell'elettronica impiegavamo un ingegnere elettronico e quindi avevamo la possibilità di attingere a tutte le conoscenze che ci occorreavano in maniera molto semplice e diretta, e infine, se la persona non era adatta, potevamo licenziarla.

Grande velocità di attacco e rinnovamento continuo erano dunque le nostre caratteristiche. Questa atmosfera favoriva un incontro tra scienziati e ingegneri molto più stretto di quello che si sviluppa normalmente nelle università, dove di solito gli scienziati, quando vogliono costruire uno strumento che opera nello spazio, devono ricorrere all'industria. Si viene così a creare una collaborazione fra due entità diverse con tutti i problemi che ne derivano.

Invece noi eravamo tutti insieme e questo dava luogo a dialoghi molto vivaci: gli scienziati avanzavano le loro proposte agli ingegneri, questi le criticavano e spiegavano perché non erano praticabili, o perché erano troppo costose, e proponevano modifiche; lo scienziato ci ripensava e così via; tutto questo avveniva in un modo molto veloce e diretto, senza troppe mediazioni. Anche dal punto di vista del successo pratico, le nostre missioni andavano molto bene. Diciamo che su un centinaio di esperimenti, 95 funzionavano e questo era un risultato inaudito.

Naturalmente, come tutte le

imprese, l'*American Science & Engineering* obbediva alla logica del profitto e tratteneva il cinque per cento dei ricavi della nostra ricerca, ma era capace di anteporre gli interessi della ricerca a quelli finanziari. Mi ricordo per esempio un episodio: avevamo quasi portato a termine il *Progetto Uhuru*, ma ci occorre- vano ulteriori fondi e la NASA non ce li dava. Allora sono andato dal *Board of Directors* della società e ho sostenuto che era molto importante investire centomila dollari per completare al meglio il nostro progetto. A quel tempo una tale somma rappresentava circa sei mesi di profitti della società, ma la mia proposta venne accettata. Trattandosi di una società creata da scienziati, queste decisioni erano possibili mentre l'atmosfera interna era molto favorevole alla ricerca. C'era un clima di fiducia reciproca e di razionalità.

Secondo me questo è un elemento essenziale perché l'attività di ricerca si svolge nel migliore dei modi: deve prevalere un clima di razionalità. In un'atmosfera feudataria, autoritaria, oppure dove ci sia troppa burocrazia, dove la gente ha paura di perdere il posto, in cui i capricci personali prevalgono, in cui la misura del successo è una misura di valutazione personale invece che obiettiva i ricercatori lavorano molto male, perché alla fin fine gli

scienziati sono come bambini, sono curiosi e hanno bisogno di un clima che sia favorevole al loro lavoro. Questo è un atteggiamento che io cerco sempre di tenere presente, cerco cioè di creare un'atmosfera di consensualità in cui anche i sacrifici sono accettati perché si capisce perché vengono richiesti. Non è che io rinunci al ruolo di dirigere, ma cerco di farlo motivando le mie decisioni. E credo che i maggiori picchi di ricerca si raggiungano quando si riesce localmente a stabilire un clima di ricerca razionale. È possibile che un sistema locale razionale e un ambiente esterno irrazionale coesistono, ma è possibile solo per poco tempo. Una dimostrazione è che la vita media dei gruppi è di dieci anni.

Ci sono altre motivazioni per cui la vostra società è riuscita ad avere un ruolo così importante nello sviluppo scientifico dell'astronomia in raggi X?

Una delle cose fondamentali da capire quando si parla di sviluppo dell'astronomia nello spazio è che la NASA è, in un certo senso, un guscio vuoto. Alla NASA c'è un gruppo di *manager* e qualche scienziato o ingegnere, ma non tanti, che guidano da lontano l'attività che concretamente si svolge nell'industria o nell'università.

Parlando della NASA bisogna

anche ricordarsi che fin dall'inizio si è voluto che essa non fosse solo un'agenzia di ricerche tecnologiche incaricata di sviluppare razzi, vettori e così via, ma che avesse un compito più vasto, cioè di finanziare ricerca per ampliare la conoscenza dell'universo. Anche la decisione di farne un'agenzia civile invece che una militare è stata molto importante per potenziare la ricerca di base. Per quanto riguarda il contributo dell'industria allo sviluppo dell'astronomia di base, il nostro non è stato un caso isolato, basti pensare alla scoperta della radiazione di fondo avvenuta ai *Bell Laboratories* dell'AT&T.

Ci sono infine delle ragioni culturali intrinseche allo sviluppo dell'astronomia degli ultimi venti, trent'anni per cui un gruppo come il nostro era favorito.

L'astronomia degli anni Cinquanta del Novecento è stata dominata da utilizzatori di telescopi, la tecnologia degli strumenti era stata sviluppata prima, dai loro padri. Dal 1950 in poi essere un astronomo voleva dire andare all'osservatorio di Monte Palomar, osservare e poi andare a casa e «pensarci su». Gli astronomi avevano completamente perso l'abilità di costruire nuovi strumenti, e così tutte le nuove scoperte in radio, in raggi gamma, in raggi X, nell'infrarosso sono state fatte da fisici diventati astronomi per caso, perché

potevano apportare al campo una capacità innovativa. Non è perciò un fenomeno casuale, anzi continuerà a succedere.

Tornando al nostro caso più specifico, certo, c'erano tutte queste condizioni favorevoli, ma noi siamo riusciti a capire quello che andava fatto. Non eravamo i soli a lavorare nel campo, simultaneamente ci stavano provando altri gruppi: quello del *Naval Research Laboratory*, che aveva un vantaggio di dieci anni, il gruppo *Lockheed*, che era stato appoggiato dalla NASA prima di noi, poi c'era il gruppo del MIT che ha ritenuto la ricerca non importante, e infine quello della *Cornell University*, che non c'è riuscito.

Quali sono state invece le ragioni per cui ha deciso di tornare in università?

Per me in un certo senso si era concluso un periodo, mi era tornata voglia di dedicarmi alla ricerca fondamentale e quando mi hanno offerto di andare a Harvard con un gruppo di scienziati con cui lavoravo, ho accettato. Questa motivazione era legata anche a un altro fatto, la grande crescita della società.

Un'industria ha una sua logica interna e per riuscire deve essere sempre più commerciale. Io mi sono

trovato *executive vice president* e avevo tre divisioni sotto il mio controllo, quella educativa, quella dei nuovi prodotti e quella delle ricerche nello spazio. Mi stavo allontanando sempre più dalla scienza per occuparmi di problemi di natura organizzativa slegati dalla ricerca, la mia idea era invece di dirigere ricerche scientifiche.

Il lancio di *Uhuru*, il primo satellite interamente dedicato all'astronomia in raggi X, studiato sia per la parte strumentale che per la parte scientifica dal suo gruppo all'*American Science & Engineering*, avviene nel 1970. Come siete riusciti a organizzare quest'impresa?

Per capire lo spirito del *Progetto Uhuru* bisogna pensare che eravamo tutti molto giovani. Quando abbiamo fatto la prima proposta non osavamo certo sperare che affidassero a noi un esperimento così complesso. Avevamo lanciato i primi razzi con l'aiuto dell'aviazione americana e avevamo bisogno dell'aiuto della NASA; allora abbiamo proposto un programma di lunga portata che cominciava con i razzi e poi passava a un satellite e così via, puntando in alto per sperare di ottenere

almeno qualcosa. E invece si è sviluppato subito un grande interesse all'idea di costruire un satellite interamente dedicato ai raggi X e siamo stati incoraggiati ad avanzare una proposta scientifica. E, con nostra grande sorpresa, il nostro progetto è stato approvato.

Quali sono stati i punti più importanti che hanno caratterizzato questa vostra impresa?

Con *Uhuru* abbiamo cercato di ottenere tre cose. Prima di tutto volevamo fare un esperimento molto semplice ma molto stabile, che potessimo capire a fondo. Poi volevamo usare dei metodi di analisi dei dati rapidissimi. Quando *Uhuru* è stato lanciato, tutti i giorni andando in ufficio potevamo vedere che cosa aveva fatto la notte prima o che cosa stava succedendo in quel momento. Questo modo di procedere non era molto comune, di solito i dati venivano registrati su nastri e il gruppo di ricerca li riceveva dopo settimane o mesi. Invece noi avevamo stabilito una linea diretta per cui potevamo vedere i dati mano a mano che giungevano a terra. Questo ci permetteva di interpretarli e, se era opportuno, di cambiare il programma di osservazione. E ci ha infatti consentito di seguire imme-

diatamente alcune scoperte abbastanza importanti che andavamo via via facendo. Ma il fattore più importante è stato quello che nel nostro gruppo chiamavamo «lo spirito di *Uhuru*».

In cosa consisteva?

Formavamo un piccolo gruppo di scienziati, una mezza dozzina, che includeva anche giovanissimi studenti, caratterizzato da un dibattito vivacissimo tra di noi su che cosa si dovesse fare. Volavano accuse di incompetenza, insulti, ma senza nessun rancore: tutto andava bene purché riuscissimo rapidamente a capirci l'uno con l'altro e a stabilire il prossimo passo di ricerca. Era una corsa contro il tempo per ottenere il più possibile, c'era questa sensazione del tempo che scorreva drammaticamente.

Il primo giorno che *Uhuru* è andato in orbita ci siamo detti che forse avrebbe volato ancora un altro giorno e abbiamo cercato di selezionare le cose più importanti da fare l'indomani. Poi è rimasto su una settimana e abbiamo cominciato a pensare che forse ce l'avrebbe fatta per un'altra settimana, e tutto questo si intrecciava con discussioni accese su quello che avevamo visto e le opinioni più disparate sulla spiegazione da dare ai dati.

Il risultato erano dibattiti lunghissimi e piuttosto snervanti, in cui però c'era parità intellettuale. A quel tempo ero già *executive vice president* della società, ma questo non inibiva la discussione. Mi davano del «cretino» tanto quanto lo davano agli altri.

C'era un clima di onestà intellettuale forse quasi violento ma molto, molto utile che infatti, alla fine, ha portato sia a risultati scientifici importanti sia a uno spirito di unità quasi spirituale, morale, di fiducia reciproca che è rimasto per anni ed è stata una delle caratteristiche che ho cercato di mantenere nel nostro gruppo: discussione fra di noi, ma non a livello personale bensì sulle idee, criticate a sangue, ma con fiducia, amore e tenerezza reciproche.

Questa è una cosa importante e purtroppo assai rara. In molti istituti di ricerca la gente ha paura di chiedere perché ha paura di apparire ignorante e quando questa atmosfera di timore o di soggezione crea rapporti gerarchici, non si riesce ad arrivare alla verità scientifica, mentre invece se c'è un clima di fiducia reciproca e si può essere brutali l'uno con l'altro le cose funzionano.

Questo è lo spirito di *Uhuru* come lo intendiamo noi.

E questo spirito è riuscito a mantenerlo anche in una esperienza con tanti gruppi come quella che ha portato a *Einstein*, l'osservatorio che portava il telescopio a raggi X nel 1978?

Sì, credo di sì...

E crede di riuscirci anche con un progetto come *Space Telescope*, il telescopio spaziale di cui lei ha la direzione scientifica?

In questo caso è più difficile, perché il modo di dialogare che descrivevo prima è più comune ai fisici che agli astronomi. Fin da giovani tra fisici ci si abitua ad attaccarsi l'uno con l'altro, a una vera propria lotta delle idee, è un modo socratico di imparare. Gli astronomi tendono a essere più riguardoosi, la discussione franca è a volte più difficile.

Com'era il cielo visto da *Uhuru*?

Con quell'esperimento abbiamo scoperto qualche centinaio di sorgenti, ma credo che i contributi più importanti siano stati due. Il primo è stato la soluzione dell'enigma di che cosa fossero le sorgenti come *Sco X-1*. E l'altro la scoperta nello spazio intergalattico di materia in forma di gas ad alta temperatura.

Qual era il significato di questa osservazione?

La scoperta era importante per due ragioni. Benché questo gas che invade lo spazio tra le galassie sia molto diluito, gli spazi che riempie sono così enormi che la massa totale del gas è paragonabile a quella delle galassie stesse.

Questo voleva dire che la massa che riconoscevamo negli ammassi di galassie doveva essere praticamente raddoppiata e quindi che anche la massa dell'universo risultava due volte maggiore; ciò poneva tutta una serie di quesiti cosmologici, per esempio se l'universo è finito o infinito.

L'altra conseguenza più pratica è che potendo fotografare con il satellite *Einstein* la distribuzione di emissione di raggi X dovuta a questo gas, si può usare il gas come una sonda del campo gravitazionale locale, cioè possiamo vedere per esempio le superfici equipotenziali del campo gravitazionale. Questo permette di misurare il centro di massa di un ammasso di galassie, oppure la massa totale della galassia e altri parametri in maniera molto più conveniente di quanto si potesse fare in luce visibile.

Come è stato invece svelato l'enigma delle sorgenti di raggi X?

Molto schematicamente si può dire che abbiamo scoperto che quasi tutte sono sorgenti binarie, cioè formate da due stelle ruotanti una intorno all'altra. Nei casi più comuni una delle due è una stella normale, come il Sole, per intenderci; l'altra è una stella molto vecchia che ha finito di bruciare la sua scorta di energia e quindi è collassata. Quando una stella invecchia, infatti, l'energia prodotta dalle reazioni termonucleari non riesce più a contrastare l'attrazione gravitazionale e questo è il modo in cui «muoiono» le stelle, sono le fasi finali della loro vita.

La seconda stella del sistema binario può essere di vari tipi, perché quando una stella comincia a contrarsi ha un destino diverso a seconda della sua massa. Se ha una massa paragonabile a quella del Sole il processo di contrazione si può arrestare e si crea un nuovo stato di equilibrio determinato dalle forze tra gli atomi che resistono a un ulteriore collasso della stella. Si forma allora una nana bianca che ha una massa come quella del Sole ma che ha dimensioni paragonabili a quelle della Terra.

Se invece la massa della stella è più grande, le forze che agiscono fra gli atomi non riescono a contrastare l'attrazione di gravità e la stella si rimpicciolisce ulte-

riormente finché collassa anche l'atomo; gli elettroni vengono inghiottiti dai protoni e formano neutroni; la stella diventa un cristallo di neutroni e si chiama perciò stella di neutroni, le *pulsar*, scoperte dalla radioastronomia, sono stelle di questo tipo.

Se la massa della stella è ancora più grande, nemmeno la pressione del gas di neutroni riesce a contrastare l'attrazione di gravità e a questo punto la teoria della relatività generale ci dice che la materia continuerà a cadere indefinitamente e che si creerà quello che si chiama un buco nero.

Studiando i dati ottenuti con *Uhuru* si è scoperto che l'emissione di raggi X è in molti casi dovuta al fatto che dalla stella normale cade materia nel pozzo gravitazionale della stella collassata e cadendo acquista energia cinetica che poi viene dissipata emettendo raggi X. In molti casi le stelle del sistema binario sembrano chiaramente stelle di neutroni e in uno o due casi si sono trovate indicazioni che potrebbero invece essere buchi neri.

Questa scoperta è stata molto sorprendente, perché si pensa che per diventare stella di neutroni o nana bianca la stella debba passare attraverso una fase di esplosione come supernova e si pensava quindi che un

sistema binario non potesse esistere, che sarebbe evaporato quando si formava l'oggetto collassato. Le stelle di neutroni si conoscevano a quel tempo solo attraverso la radioastronomia e non se ne era misurata la massa, né altre proprietà. Invece la scoperta di questo nuovo laboratorio astrofisico, cioè del sistema binario, ci permette di studiare in dettaglio le proprietà di queste stelle.

È stato pure importante scoprire che in un caso, *Cignus X-1*, forse ci troviamo in presenza di un buco nero. Se finalmente riuscissimo a provare che esistono i buchi neri, questa sarebbe certamente una delle scoperte più importanti del secolo. Purtroppo è molto difficile dimostrarlo. Quello che vediamo è un oggetto più massiccio di una stella di neutroni, certamente molto piccolo e perciò con tutte le proprietà del buco nero. Ma che sia proprio un buco nero non sta scritto da nessuna parte e allora usiamo questa espressione per indicare un oggetto che è esattamente consistente con le previsioni della relatività generale. L'importanza intellettuale di questa scoperta sta anche nel fatto che, se esistono buchi neri di questo tipo allora ne esistono di più massicci (quelli scoperti sono infatti di massa circa stellare) e que-

sto spiegherebbe la fonte di energia dei *quasar* e dei nuclei di galassie attive dove si crede che esistano dei buchi neri di cento milioni di masse solari.

Quindi se *Cignus X-1* è un buco nero, l'avrà segnalato per prima l'astronomia in raggi X, e questo primato sarà dunque di *Uhuru*?

Sì, certamente.

Il 1978 segna un'altra grande tappa dell'astronomia in X: il lancio, con l'osservatorio *Einstein*, del primo vero telescopio a raggi X. Che cosa ci ha detto in più *Einstein* rispetto a *Uhuru*?

Einstein è stato importante perché per la prima volta è stato usato un telescopio a riflessione radente per raggi X. Il salto è stato enorme: nei pochi anni trascorsi tra le prime scoperte di sorgenti in X, nel 1962, e *Einstein*, nel 1978, la sensibilità degli strumenti è aumentata un milione di volte.

Per dare un'idea di cosa vuol dire si pensi che questa è la differenza fra la sensibilità dell'occhio umano e il più grande telescopio operante oggi sulla Terra, quello del Monte Palomar, cioè un passaggio che ha richiesto tutta la storia dell'umanità.

Per cui voi in vent'anni siete riusciti a mettervi in pari con l'astronomia ottica.

In un certo senso sì. L'importanza di questo è che mentre *Uhuru* ha potuto osservare soltanto sorgenti particolarmente potenti, *Einstein* è riuscito a estendere lo studio in raggi X a tutti gli oggetti di interesse astrofisico: dalle *quasar* alle galassie più lontane, agli ammassi di galassie, alle stelle normali e anche ai pianeti.

E quali sono le scoperte più importanti del satellite *Einstein*?

Secondo me sono due. La prima riguarda una questione cosmologica sorta all'inizio delle osservazioni in X quando si era scoperto, come dicevo prima, che oltre alle sorgenti puntiformi esisteva un rumore di fondo in raggi X che sembrava uniformemente diffuso su tutto il cielo. Si sospettava che avesse origine al di là della nostra galassia, addirittura a distanze cosmologiche, e alcune teorie suggerivano che questa emissione di fondo venisse da un gas molto caldo che pervadeva tutto l'universo.

Con *Einstein* questa questione si poteva dirimere, il ragionamento era il seguente: se l'emissione di raggi X è effettivamente dovuta a un

gas diffuso, allora guardando con un telescopio non si dovrebbe vedere più di quanto si vede senza telescopio. In altre parole: se uno guarda un muro bianco, e continua a ingrandire il muro, vede sempre il muro. Se invece questo rumore di fondo in raggi X è costituito da sorgenti singole, allora man mano che si aumenta la sensibilità e la capacità di ricevere immagini del rumore di fondo si dovrebbero cominciare a vedere prima le sorgenti singole più forti e, aumentando la sensibilità, via via le altre meno potenti. Si è verificata la seconda ipotesi e si è scoperto che quasi tutte le sorgenti sono quasar che si trovano a grandi distanze da noi, distanze tali che la luce impiega più di metà dell'età dell'universo ad arrivare sulla Terra. Questa è stata una delle scoperte più

importanti anche se non si è ancora completamente dimostrato se tutto il rumore di fondo sia dovuto alla somma di sorgenti singole oppure se ci sia un residuo da emissione di gas. Il quesito verrà forse risolto nelle prossime missioni, ma certamente *Einstein* ha contribuito molto a capire i termini del problema.

E la seconda scoperta?

L'altra osservazione curiosa, che non ci aspettavamo, ci ha fatto tornare in un certo senso alle origini. All'inizio dell'astronomia in raggi X avevamo cercato di calcolare quale emissione di raggi X ci si potesse aspettare da stelle normali e avevamo concluso che sarebbe stato molto difficile osservarle. Con *Einstein* avevamo a disposizione uno strumento sufficientemente sensi-

bile e abbiamo cominciato a osservare tutte le stelle normali nella loro radiazione X. Ci aspettavamo che, a seconda del sistema di trasporto di energia dall'interno di una stella all'esterno, le stelle emettessero quantità diverse di raggi X e pensavamo che ci fossero delle distinzioni nette tra i diversi tipi di stelle. E invece abbiamo visto che l'emissione di raggi X è tale che dovremo ripensare le nostre teorie sul trasporto di energia dall'interno all'esterno di una stella. Per dare un giudizio sintetico sul significato delle osservazioni condotte con *Einstein*, penso che si possa dire che questo satellite ha rappresentato l'inserimento dell'astronomia in raggi X non più nel solo studio di oggetti particolari, molto strani, ma nel quadro generale dell'astronomia. ❖



Licosa
Libreria Commissionaria Sansoni s.p.a.



via Duca di Calabria, 1/1
50125 FIRENZE

e-mail : licosa@licosa.com

<http://www.licosa.com>

fax 055 641257

NIB
La Nuova Italia Bibliografica

