

4 Galassie e Nuclei Galattici

4.1 Cinematica e dinamica delle galassie *early-type*

Usualmente, con il termine “*early-type*” si intende un’eterogenea classe di galassie che raggruppa ellittiche di ogni luminosità, lenticolari o S0, ed anche i *bulge* delle spirali: una convenzione che origina dalla similitudine dei ripidi profili di brillantezza superficiale ($\propto R^{1/4}$) e dall’opinione diffusa che questi oggetti fossero indistintamente sferoidi oblati, schiacciati per rotazione. Circa 25 anni fa divenne chiaro però che essi ruotavano troppo lentamente per giustificare lo schiacciamento osservato, e che questo doveva essere prodotto dall’anisotropia dei moti disordinati. Studi sempre più accurati hanno definitivamente portato alla luce la complicata struttura interna di questi oggetti (potenziali triassiali, nuclei anomali, multipli o controrotanti, anelli polari ecc.) che, unitamente alle evidenze di una forte attività radio ed emissioni X, suggeriscono la presenza di fenomeni tumultuosi nelle loro storia recente quali interazioni, *merging* e cannibalismo.

Tali eventi devono avere lasciato traccia nella distribuzione dei moti delle stelle all’interno delle galassie. Perciò la cinematica è divenuta importante non solo per comprendere la dinamica, ma anche l’origine e l’evoluzione delle *early-type*, ed anche per chiarire alcune questioni pertinenti la cosmologia. Infatti, alcune delle proprietà di questi sistemi sono strettamente legate allo scenario cosmologico in cui essi si sono evoluti; in particolare riguardo la presenza *dark matter* (DM) nell’universo e la verifica dei modelli cosmologici.

Fino agli inizi degli anni ’90 il campionamento cinematico era confinato alle sole regioni interne delle *early-type*, sufficientemente brillanti per le usuali tecniche basate sulla luce integrata (long slit spectroscopy), mentre poco o niente si sapeva delle regioni esterne, dove più marcate erano le evidenze di recenti interazioni e della presenza di DM. Il motivo è che le galassie ellittiche non posseggono traccianti cinematici simili alle galassie a spirali, quali regioni di HI o emissioni HII, che fin dagli anni ’70 avevano chiaramente dimostrato la presenza di un significativo quantitativo di DM in queste galassie.

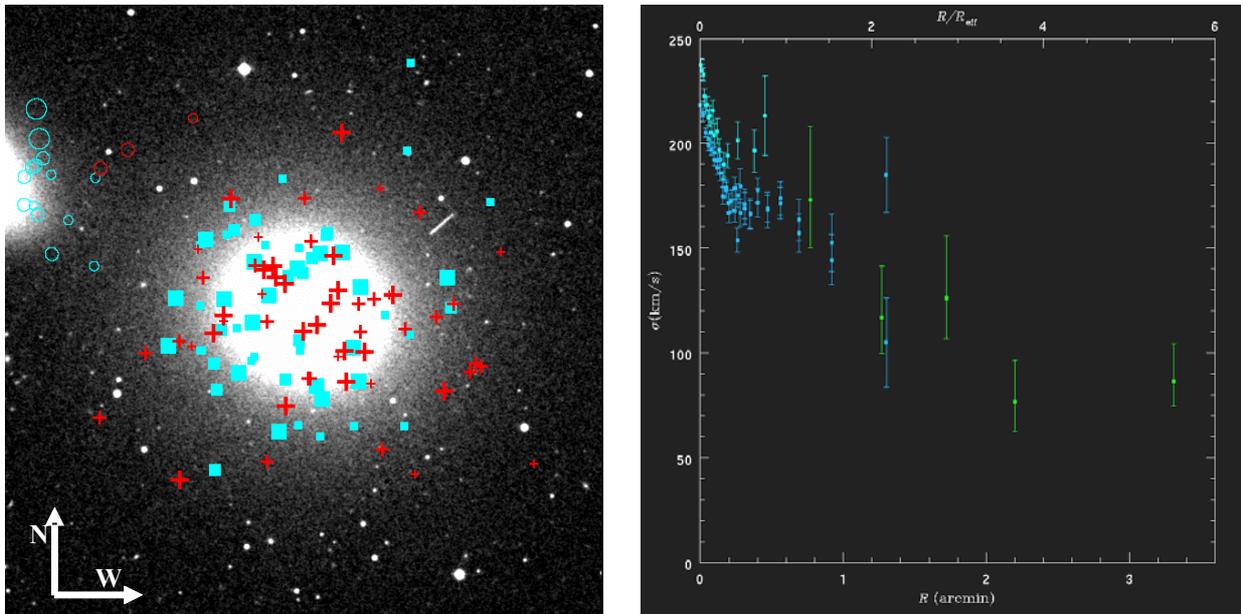


Figura 29: A sinistra, il campo di velocità radiale nell’ellittica “standard” NGC3379, ottenuto al WHT con il PN.S. Le *croci rosse* sono le PNe in allontanamento, i *quadrati blu* quelle in avvicinamento. La dimensione dei simboli indica il discostamento dalla velocità sistemica. A destra, il profilo della dispersione di velocità ricavato dal campo di velocità radiale delle PNe di NGC3379.

4.1.1 Le Nebulose Planetarie come traccianti cinematici

Nell'ambito di una vasta collaborazione internazionale, un gruppo di ricercatori dell'OAC è impegnato da alcuni anni nello studio della cinematica delle regioni esterne delle galassie ellittiche utilizzando come traccianti le nebulose planetarie (PNe; figura 29). Queste sono stelle morenti che hanno espulso gli strati più esterni della loro atmosfera, i quali vengono ionizzati dalla luce proveniente dall'astro centrale (caldissimo perché "sbucciato"). Lo spettro della nube ionizzata è caratterizzato da potenti righe di emissione (in particolare il doppietto dell'[OIII] a $\lambda\lambda = 4959$ e 5007 \AA) facilmente identificabili anche a distanze di 15 Mpc. L'uso delle PNe s'è rivelato subito molto efficace per completare l'informazione cinematica delle regioni interne, fornendo le prime chiare indicazioni riguardo il quantitativo di DM nelle *early-type*. Per esempio, le ellittiche giganti negli ammassi della Vergine (NGC4406) e Fornace (NGC1399, NGC1316) hanno evidenziato curve di rotazione quasi-piatte e rapporti massa-luminosità (M/L) crescenti verso l'esterno, compatibili con presenza di DM nelle regioni di alone di questi sistemi.

I primi programmi osservativi a telescopi di 4m d'apertura hanno consentito la misura di un numero limitato di velocità radiali di PNe in sistemi a distanze intorno ai 15 Mpc: tipicamente campi di velocità costruiti con circa 50 PNe. Ciò lasciava dei dubbi sull'accuratezza dei risultati e delle tecniche di analisi dei dati. Va detto che anche con l'avvento di telescopi di 8m di nuova generazione, che permetteranno di osservare campioni di un ordine di grandezza più grandi alle stesse distanze, la questione dei campioni statistici limitati si ripresenterà allorché si vorranno studiare sistemi in ammassi più lontani.

Per risolvere i dubbi di una statistica limitata, il gruppo dell'OAC ha approfonditamente analizzato le tecniche per estrarre l'informazione cinematica da campi di velocità radiali discreti, quali quelli delle PNe, tramite simulazioni Montecarlo in sistemi sferici all'equilibrio. In particolare s'è dimostrato come sia possibile ottenere, anche in regime di piccoli campioni statistici, curve di rotazione e profili di dispersione di velocità privi di effetti sistematici.

4.1.2 La dinamica di NGC1399

I risultati riportati nel precedente paragrafo sono stati utilizzati per una nuova analisi del sistema di PNe osservato in NGC1399, la galassia dominante al centro della Fornace. Indicazioni provenienti dalla popolazione degli ammassi globulari e dall'emissione X suggeriscono che l'oggetto abbia recentemente sperimentato una qualche forma di interazione con il potenziale dell'ammasso (che ha causato una perdita di massa delle regioni esterne) o con galassie vicine (come NGC1404, situata a circa 40 kpc da NGC1399). L'analisi delle velocità radiali di 37 PNe nella regione di alone di NGC1399 ha rivelato una cinematica disturbata tipica di sistemi in recente interazione, i) una curva di rotazione che decresce bruscamente a zero a circa 10 kpc dal centro e ii) un profilo di dispersione delle velocità che improvvisamente cambia pendenza e comincia a crescere alla stessa distanza.

E' stato sviluppato un modello dinamico di non-equilibrio capace di spiegare questo comportamento cinematico come la conseguenza di un incontro veloce tra le due galassie NGC1399 e NGC1404. Questo incontro ha disturbato il campo di rotazione delle regioni esterne di NGC1399. La conseguente iniezione di energia ha provocato un riscaldamento e, quindi, un aumento della dispersione delle velocità rispetto alle regioni interne, che sono rimaste sostanzialmente in equilibrio. Il rapporto $M/L_B=26$ (in unità solari), dedotto per questo scenario di non-equilibrio, risulta dimezzato rispetto a quello che si ottiene considerando invece l'equilibrio ($M/L_B=56$), poiché i moti riscaldati mimano un contenuto di massa fittizio.

4.2 Studio delle galassie con "anelli polari"

Le galassie con anelli polari (PRG = *polar ring galaxies*) sono oggetti peculiari costituiti da una galassia primaria centrale e da un anello di stelle, gas e polveri che ruota su un piano quasi perpendicolare al piano equatoriale dell'oggetto centrale. Il prototipo di questa classe è NGC4650A

(figura 30). La componente centrale ha una morfologia molto simile a quella di una galassia S0: un corpo centrale sferoidale circondato da un disco. Più raramente si osservano anelli polari attorno a galassie ellittiche.

L'esistenza di due sistemi – l'anello da un lato e il disco della galassia centrale dall'altro, che ruotano in due direzioni quasi ortogonali – non è spiegabile come il risultato di un collasso di una singola nube proto-galattica. Gli scenari di formazione delle PRG fanno riferimento a due possibili processi diversi:

- 1) accrescimento di gas dall'ambiente circostante da parte di una galassia lenticolare o ellittica;
- 2) fusione di due galassie a spirali in condizioni iniziali molto particolari, tra cui quella che la traiettoria seguita dai due sistemi sia polare.

Recentemente, allo scopo di individuare quale dei due processi di formazione meglio si adatti alle proprietà osservate per questa peculiare classe di oggetti, un gruppo di ricercatori dell'OAC ha intrapreso uno studio dettagliato di un campione di PRG nelle bande J, H e K. La scelta delle bande IR è stata dettata dalla necessità di ridurre il più possibile l'assorbimento dovuto alla polvere presente nell'anello, la quale altera fortemente la distribuzione di luce proveniente dalla galassia centrale. In questo lavoro le proprietà fotometriche delle PRG del campione in esame sono

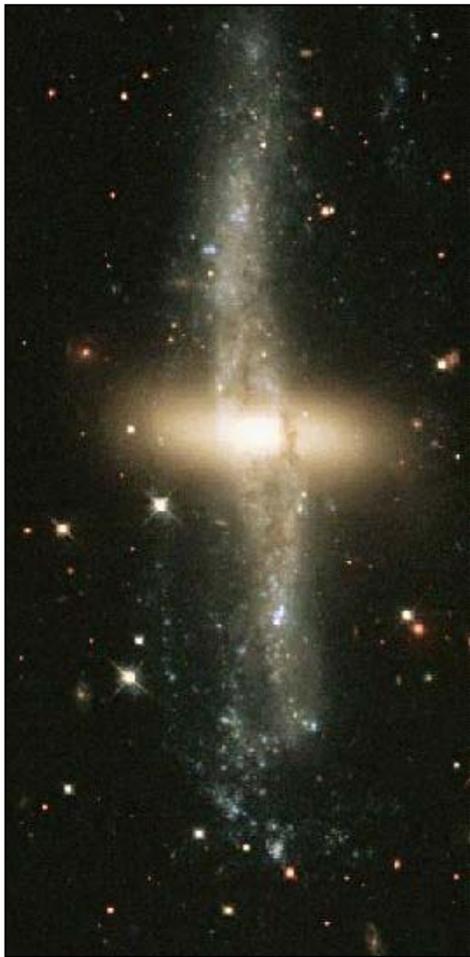


Figura 30: Galassia con anello polare NGC4650A, da una tricromia di immagini ottiche di HST.

confrontate con quelle predette dai due diversi scenari di formazione. I risultati principali dell'analisi sono che:

- i. la galassia centrale ha proprietà diverse da quelle tipiche delle lenticolari. In particolare, è più giovane e con colori più simili a quelli caratteristici delle galassie a spirali;
- ii. l'anello è una struttura di età non superiore al miliardo di anni, che nel caso di NGC4650A appare più simile ad un disco di spirale. Esso è caratterizzato da una quantità di materia barionica (gas + stelle) superiore a quella contenuta nella galassia centrale.

Tali proprietà vengono più facilmente spiegate se le galassie con anelli polari si formano attraverso la fusione di due galassie a disco.

Lo studio ora illustrato è parte di un più vasto progetto che riguarda l'analisi delle proprietà fotometriche e cinematiche delle PRG. L'approccio cinematico è mirato a ricavare informazioni sulla forma tridimensionale (3D) dell'alone di materia oscura che si ritiene avvolga l'intero oggetto. L'azione gravitazionale della materia oscura è ben nota nei dischi delle galassie a spirali, ma la mancanza di misure cinematiche lungo la direzione perpendicolare al disco in questi sistemi preclude la possibilità di investigare la forma 3D dell'alone. Una tale analisi diventa invece possibile nelle galassie con anelli polari, dove la materia ruota in due dischi quasi perpendicolari.

La questione ancora aperta è se l'alone di materia oscura sia sferico, così come suggerito dai primi studi, oppure schiacciato quanto la componente luminosa della galassia centrale, oppure, come proposto nel caso di NGC4650A, schiacciato nel piano della struttura polare.

Definire la forma dell'alone oscuro è di fondamentale importanza per capire la natura della materia che lo costituisce. Se questa componente consiste di particelle "non barioniche" che interagiscono solo gravitazionalmente con la materia ordinaria, allora essa è non dissipativa e non può quindi disporsi a formare un alone schiacciato; cosa che può realizzarsi invece se la materia oscura è costituita da barioni. La questione relativa alla

forma dell'alone di materia oscura è anche importante perché alcuni scenari cosmologici sono in grado di predire la forma e il profilo radiale degli aloni di materia oscura. Alla luce di tali applicazioni, le galassie con anelli polari diventano un potente laboratorio d'indagine, avendo a disposizione osservazioni fotometriche e cinematiche sempre più precise.

4.3 Fluttuazioni di brillantezza superficiale

La stima delle distanze ha un ruolo determinante in molti campi dell'astrofisica. Misurare distanze in modo affidabile e preciso permette di studiare la distribuzione della materia nell'universo, la sua dinamica e di valutare alcuni dei parametri cosmologici più significativi, quali H_0 e Ω_0 .

Se si oltrepassano i limiti raggiunti dalla scala di distanza definita dalle Cefeidi (≈ 2000 km/s), il metodo delle fluttuazioni di brillantezza superficiali (SBF) è uno tra i più accurati attualmente conosciuti, perché fornisce distanze di galassie con incertezze dell'ordine del $\sim 5\text{-}10\%$. Essendo applicabile in un ampio intervallo di distanze (da pochi kpc ad oltre 100 Mpc), può essere utilizzato per calibrare altri indicatori. Ancora, le SBF forniscono un strumento investigativo efficace, anche se fino ad ora trascurato, per studiare le popolazioni stellari in galassie remote.

Ricercatori dell'OAC, in collaborazione con alcuni colleghi dell'Osservatorio di Teramo, hanno sviluppato un modello teorico che riproduce con precisione e accuratezza le SBF osservate nelle galassie, sia nelle bande fotometriche ottiche e IR, tipicamente usate con i telescopi terrestri, sia nei filtri di Hubble Space Telescope (HST). In questo modo si possono effettuare stime di distanza senza la necessità di ricorrere ad una calibrazione empirica che richieda l'uso di altri indicatori. In tal senso, i modelli teorici consentono di qualificare il metodo delle SBF come indicatore di distanza primario.

Lo studio teorico ha già permesso di evidenziare, per la prima volta, come le SBF di galassie ellittiche nella banda F160W dell'HST dipendano dal colore integrato (V-I). Alla luce di questo risultato, le precedenti valutazioni di H_0 effettuate con questo filtro vengono modificate di circa il 10%.

I modelli, poi, hanno dimostrato quantitativamente che le SBF possano essere utilizzate quali traccianti delle proprietà evolutive delle popolazioni stellari osservate. In particolare, si è verificata la possibilità di ricavare stime di età e composizione chimica delle galassie studiate con una precisione maggiore rispetto a quanto tipicamente ottenuto dai semplici colori integrati.

Si intende proseguire questa linea di ricerca sia dal punto di vista teorico, sviluppando modelli di popolazioni stellari più complessi, sia dal punto di vista osservativi, effettuando misure di SBF di ammassi stellari e di galassie sia nell'ottico che nel vicino infrarosso.

4.4 Caratterizzazione delle galassie con righe di emissione (ELG)

L'identificazione di galassie attive (galassie *starburst* e nuclei galattici attivi = AGN) in *survey* fotometriche multi-banda si basa sulla capacità di discriminare tali oggetti rispetto a stelle o galassie non attive. A tal fine si possono adottare due diverse tecniche:

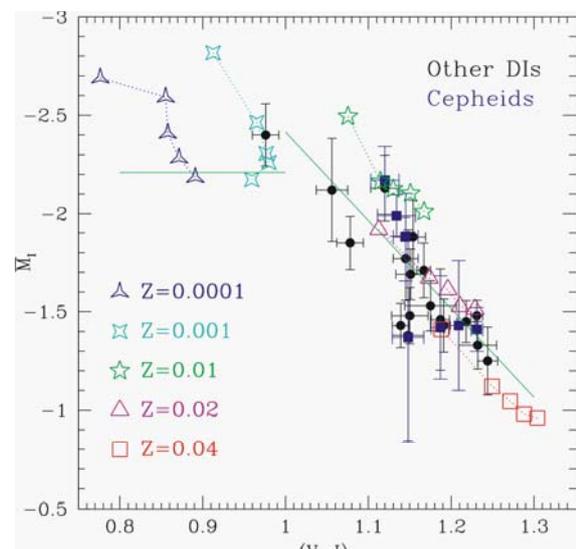


Figura 31: Modelli di SBF on banda I, per diverse età e composizione chimica (5-15 Gyr, $1/200$ di metallicità solare Z_0 a $2 Z_0$), confrontati con misure di SBF derivate utilizzando vari indicatori di distanza, tra cui le Cefeidi. La retta obliqua indica la relazione empirica ricavata da misure di 300 galassie, quella orizzontale rappresenta i valori tipici degli ammassi globulari galattici.

- i) *Eccesso di colore.* E' noto che le galassie attive sono caratterizzate da un continuo blu e occupano quindi una regione separata, per esempio, nel diagramma a due colori: (U-B) vs (B-V). L'identificazione di AGN tramite l'eccesso (U-B) è efficace solo per redshift $z < 2$.
- ii) *Minimizzazione del χ^2 .* Si procede analogamente a quanto viene fatto per i redshift fotometrici. Si effettua la convoluzione di una libreria di distribuzioni energetiche (SED), che descriva galassie normali (da S0 a Sd), starburst e AGN, con la trasmissione telescopio più CCD, filtro, atmosfera. Per ogni SED si calcola, a diversi redshift, il χ^2 rispetto ai flussi osservati. Dalla minimizzazione del χ^2 si ottiene la classificazione più probabile per la sorgente.

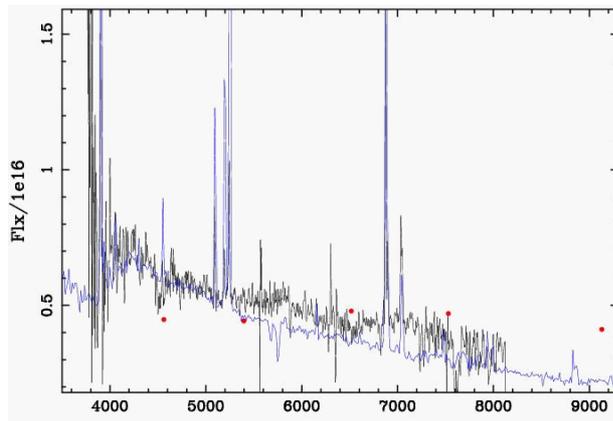


Figura 32a: Fotometria (*punti*) e spettro per un oggetto identificato come starburst. Per confronto è anche mostrato (*in blu*) il template di uno starburst allo stesso redshift della sorgente.

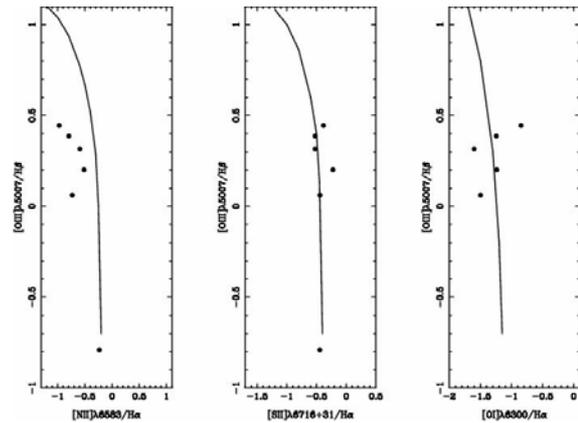


Figura 32b: Diagrammi diagnostici per oggetti classificati fotometricamente come AGN. La *linea continua* segna la separazione tra AGN (*destra*) e regioni HII (*sinistra*). I punti indicano i rapporti di righe per galassie nell'OACDF.

Quest'ultima tecnica è stata adottata dal gruppo OAC nel caso della *survey* OACDF (cfr. par. 5.13). La libreria di SED è stata costruita utilizzando template di galassie E, S0, Sa, Sb e Sc, sei classi di galassie *starburst* a diverse metallicità, e la SED media di QSO determinata in base ai dati SDSS. Per la convoluzione delle SED e la minimizzazione del χ^2 può essere utilizzato il software HYPERZ, con l'avvertenza che in tale applicazione la stima dei *redshift* fotometrici non è necessariamente attendibile: ciò è principalmente dovuto alla necessità di utilizzare *template* di galassie attive, la cui SED è tipicamente una legge di potenza in cui ad es. la discontinuità di Balmer è molto debole se non assente (figura 32a).

Un primo test sull'attendibilità dell'identificazione è reso possibile dalla disponibilità di un *follow-up* spettroscopico: per gli oggetti identificati come *starburst* sono state misurate le intensità delle righe in emissione e tracciati i rapporti diagnostici [OIII] λ 5007/H α vs [NII] λ 6583/H α , [SII] λ 6716,31/H α e [OI] λ 8446/H α . I rapporti osservati sono effettivamente in accordo con quelli tipici di galassie *starburst* (figura 32b).

4.5 Relazione tra interazione e attività in galassie di Seyfert vicine

Una tra le ipotesi più accreditate per spiegare l'enorme quantità di energia emessa dagli AGN è che nella regione nucleare sia presente un buco nero alimentato con materiale proveniente dalla galassia ospitante. Nel 1972 Toomre e Toomre sono stati i primi a suggerire l'ipotesi secondo la quale l'interazione costituisce un meccanismo molto efficace per incanalare materia verso il nucleo della galassia. Questa ipotesi è confermata dalla teoria, da simulazioni N-body e dall'osservazione di galassie vicine. Queste ultime presentano tutta una serie di fenomeni, quali deformazioni mareali, ponti di materia, *shell*, *starburst*, sotto-strutture cinematicamente disaccoppiate, attività nucleare, che trovano la loro naturale spiegazione in termini di interazione.

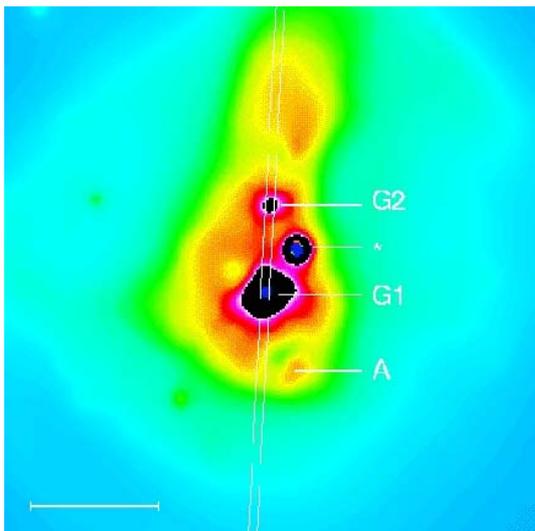


Figura 33a: Immagine nella banda R della regione centrale di ESO202-G23. G1 e G2 indicano i due nuclei; l'asterisco una stella; la lettera A una regione di formazione stellare molto brillante nella banda B. Nell'immagine è tracciata la posizione della fenditura. La barra in basso a sinistra equivale a $15''.7$ che, alla distanza dell'oggetto, corrispondono a circa 5 kpc ($H_0 = 75 \text{ km/s/Mpc}$).

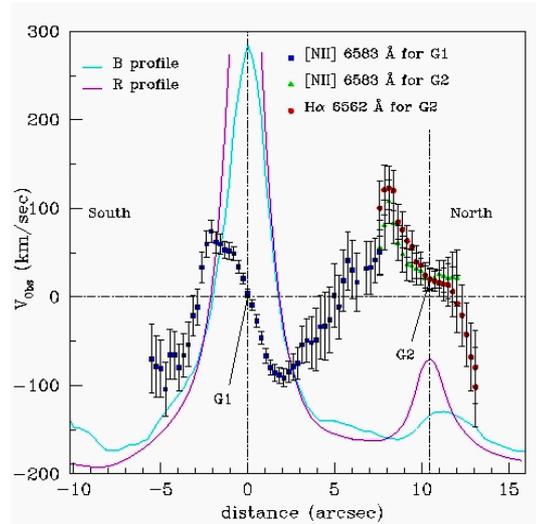


Figura 33b: Curva di rotazione del gas di ESO202-G23, sovrapposta ai profili di luminosità in B (*linea blu*) ed in R (*linea rossa*). La fenditura dello spettrografo è orientata come a sinistra.

Un gruppo dell'OAC si è impegnato a verificare l'ipotesi dell'interazione tra galassie come meccanismo più probabile per spiegare l'origine ed il mantenimento dell'attività nucleare degli AGN. E' in programma uno studio fotometrico e cinematico per ricercare le possibili tracce dell'interazione nelle regioni nucleari, circumnucleari ed extra-nucleari di un campione di galassie di Seyfert, sia nella forma di disaccoppiamento cinematico tra componente gassosa e stellare, sia come presenza di nuclei multipli e tracce di interazione/*merging* che ne disturbano la morfologia.

Consideriamo come esempio la galassia attiva ESO202-G23, classificata in letteratura come *Seyfert 2*. Il risultato principale sin qui ottenuto è che la morfologia peculiare, attribuita in passato alla presenza di una barra asimmetrica, è in realtà dovuta al *merging* tra due galassie, entrambe ospitanti un nucleo attivo (figura 33a). L'analisi spettroscopica ha rivelato che si tratta di un nucleo di *Seyfert 1.5* e di un nucleo LINER, entrambi fortemente assorbiti dalla polvere. La curva di rotazione del gas (figura 33b) è tipica di due nuclei ruotanti l'uno attorno all'altro. Il sistema è brillante nell'infrarosso, e l'analisi dei dati IRAS suggerisce l'ipotesi di una origine termica dominante per questo tipo di emissione. Il tasso di formazione stellare ottenuto su diversi tempi di scala indica che il *merging* è avvenuto tra 10^6 e 10^9 anni fa.

4.6 Studio delle regioni circumnucleari in galassie di Seyfert vicine

Il gas ionizzato presente nelle regioni circumnucleari di molte galassie di *Seyfert* permette di determinare il tasso di formazione stellare in tali regioni per mezzo delle regioni HII, e di studiare i processi termici presenti negli AGN e l'eventuale ionizzazione dovuta a shock, utilizzando il rapporto tra righe di alta ionizzazione ($[\text{OIII}]\lambda 5007$) e righe di livelli più bassi ($[\text{NII}]\lambda 6548, 6583$).

Precedenti *survey* ottenute utilizzando filtri interferenziali in $\text{H}\alpha$ e $[\text{OIII}]\lambda 5007$ non approfondiscono gli aspetti che potrebbero differenziare le galassie attive da quelle normali. Per esempio, non è ancora noto se le galassie di *Seyfert* formano una classe speciale di oggetti solo per la loro attività nucleare, o se hanno altre proprietà che le differenziano da analoghe galassie normali. Inoltre, non sappiamo ancora se la metallicità del gas nucleare è di tipo solare, sebbene

oggi sia possibile derivarla facilmente dalle proprietà del gas circumnucleare utilizzando i modelli sviluppati dal gruppo di Mt. Stromlo con cui il gruppo OAC collabora.

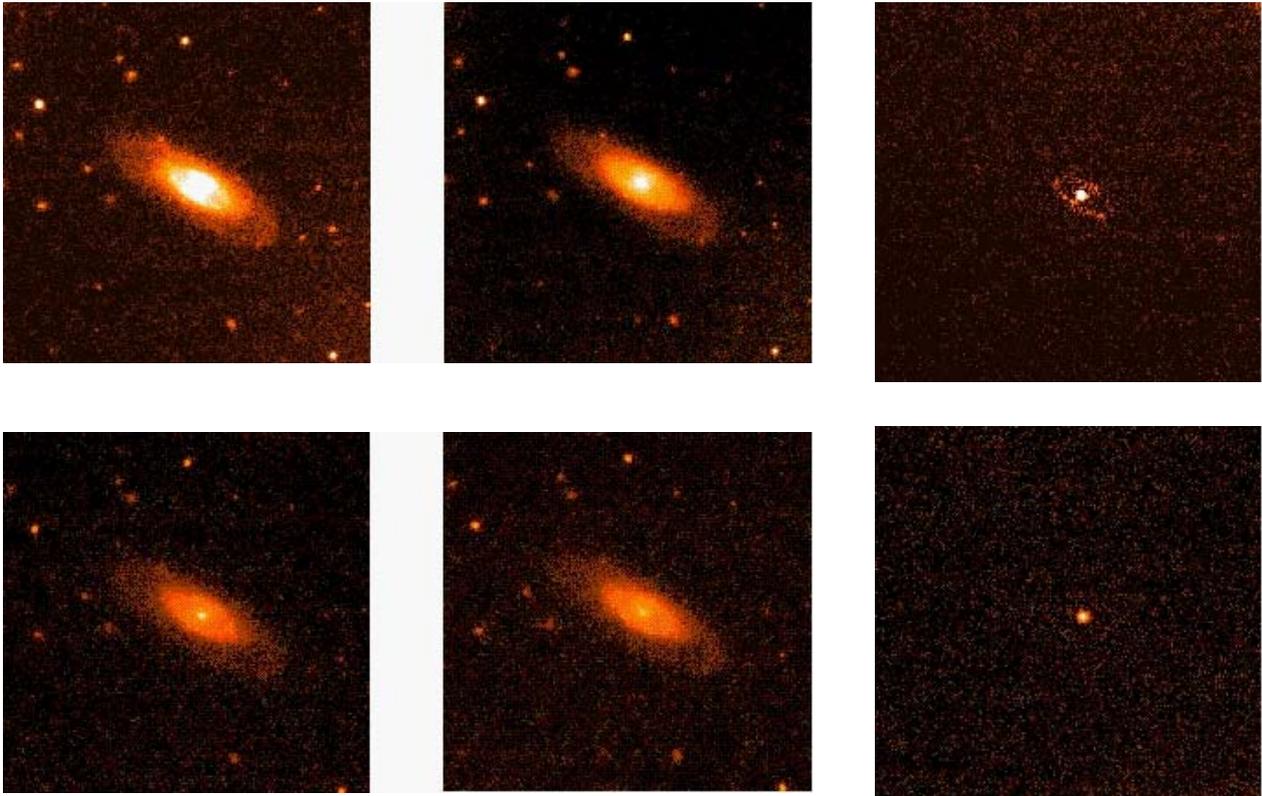


Figura 34: Immagini a banda stretta della galassia di Seyfert NGC424. In alto, da sinistra a destra: immagine in $H\alpha$ + continuo; immagine in continuo; solo $H\alpha$. Sotto, da sinistra a destra: stessa sequenza per $1^2[OIII]\lambda 5007$.

Scopo di questo programma di ricerca è studiare la struttura e la ionizzazione delle regioni di emissioni estese in un campione di galassie di *Seyfert* vicine ($v < 15000$ km/s) utilizzando sia la fotometria a banda stretta ($[OIII]\lambda 5007$ e $H\alpha$) che la spettroscopia a media risoluzione nell'intervallo $\lambda 3300-9600$ Å. Le domande alle quali si cercherà di dare una risposta sono le seguenti: *a)* qual è la frequenza di Extended Narrow Line Region nelle galassie di *Seyfert*; *b)* quali sono le differenze tra *Seyfert* 1 e *Seyfert* 2 per quanto riguarda le proprietà dell'ambiente circumnucleare; *c)* qual è la frequenza di *starburst* nelle regioni circumnucleari delle galassie di *Seyfert*; *d)* qual è la differenza nel tasso di formazione stellare tra galassie normali e galassie attive; *e)* qual è la metallicità nelle regioni HII circumnucleari delle galassie di *Seyfert*. Questo progetto ha già ricevuto tempo di osservazione al telescopio da 2.3m di Siding Spring nel 2001 e nel 2002. I dati fin qui ottenuti sono stati quasi completamente ridotti e costituiscono il materiale di studio per una tesi di laurea.

L'esempio di figura 34 riguarda la galassia NGC424, di tipo *Seyfert* 2. A sinistra in alto è riportata l'immagine in $H\alpha$ + continuo, al centro quella nel solo continuo e a destra nella sola emissione $H\alpha$. In basso è riprodotta la medesima sequenza per la riga dell' $[OIII]\lambda 5007$. Si vede che, mentre in $[OIII]$ l'emissione è concentrata nel nucleo, in $H\alpha$ è presente una forte emissione nucleare alla quale è associata un'emissione in un anello circumnucleare.

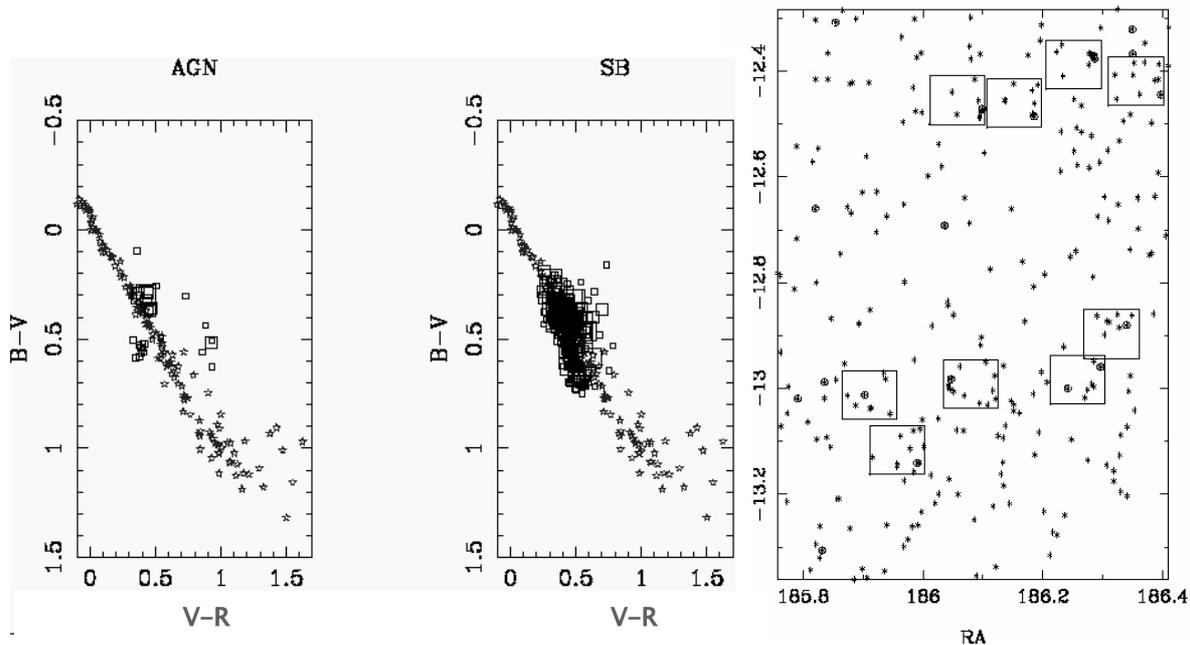


Figura 35: A *sinistra*, colori (B-V) e (V-R) di AGN e SBG selezionati nell'OACDF. I quadrati indicano le sorgenti ed hanno dimensioni proporzionali alla luminosità. A *destra*, i candidati AGN e SBG con $15 \leq mv \leq 21$, selezionati nell'OACDF. I cerchi indicano gli oggetti con $mv \leq 18$, ed i rettangoli i campi MOS proposti per il follow-up spettroscopico.

4.7 Studio degli effetti dell'ambiente sull'evoluzione di AGN e galassie starburst

L'ipotesi che tra galassie *starburst* (SBG) e galassie che ospitano un nucleo attivo possa esistere qualche legame di tipo evolutivo si basa essenzialmente sul fatto che, nell'universo vicino, SBG e AGN appaiono confrontabili per quanto riguarda la quantità di energia emessa. Per esempio, uno starburst nucleare potrebbe essere la causa della formazione di un successivo buco nero nucleare: in questo caso le SBG sarebbero i precursori degli AGN. Viceversa, l'energia prodotta da un AGN potrebbe dar luogo a fenomeni di formazione stellare circumnucleari: in questo caso gli AGN sarebbero i precursori delle SBG. Più di recente, si è proposta l'esistenza di un diverso legame evolutivo tra AGN e SBG: un processo fisico comune – per esempio l'interazione tra galassie – sarebbe la causa della “caduta” verso il nucleo del gas che va ad alimentare un AGN preesistente, innescando processi di formazione stellare. Durante questa fase ci si aspetta di osservare nuclei compositi, dopodiché lo *starburst* svanisce gradualmente col tempo e ciò che si continuerà ad osservare sarà un nucleo di *Seyfert* con una popolazione stellare vecchia: il nucleo di *Seyfert* potrà essere di tipo 1 o 2 in accordo con quanto previsto dal Modello Unificato.

Nell'ambito di questo programma il gruppo OAC ha in animo di studiare il *clustering* e gli effetti dell'ambiente sull'evoluzione generale degli AGN e delle SBG. L'utilizzo dei *redshift* fotometrici permetterà un campionamento più in profondo di quanto si riesca a fare coi *redshift* spettroscopici, facendo aumentare il numero di oggetti disponibili per questo tipo di studio. I criteri di selezione degli oggetti attivi ed i relativi *redshift* fotometrici saranno verificati sul campione del Capodimonte Deep Field (cfr. par. 5.13). Le sorgenti così selezionate permetteranno di ottenere le funzioni di correlazione AGN-AGN e AGN-galassie a diversi intervalli di z . Sarà inoltre possibile confrontare l'ambiente intorno agli AGN ed alle SBG.