

# L'effetto del *merger* fra galassie: confronto fra le ellittiche NGC3610 e NGC2518

Viola Sanga<sup>(1)</sup>, Elena Sissa<sup>(2)</sup>, Letizia Virgis<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Liceo Scientifico “Curiel”, Padova

<sup>(2)</sup> Liceo Scientifico “G. Galilei”, Selvazzano Dentro (PD)

<sup>(3)</sup> Liceo della Comunicazione “Maria Ausiliatrice”, Padova

## SOMMARIO

*Con il nostro lavoro abbiamo voluto dimostrare la differenza tra due galassie ellittiche, NGC2518 e NGC3610, la seconda delle quali è il risultato di un merger, ovvero di una fusione tra l'ellittica stessa e una galassia a spirale. Partendo da immagini ottenute con il filtro nella banda g delle suddette, abbiamo ricavato alcuni dati informativi quali il profilo di brillantezza, la popolazione stellare, la distribuzione della luce (tramite le isofote), etc., funzionali alla dimostrazione che intendevamo fare. Da queste analisi sono emerse notevoli differenze che ci hanno permesso di confermare la diversa origine delle due galassie. La nostra è stata quindi una ricerca di tipo deduttivo.*

## I. INTRODUZIONE

Il nostro lavoro si basa sulla ricerca di dati che siano in grado di dimostrare la differenza fra due galassie ellittiche, di cui una originatasi da un *merger* (una fusione) fra due o più galassie in seguito ad un'interazione gravitazionale.

Le galassie considerate sono rispettivamente NGC2518 (Fig. 1) e NGC3610 (Fig. 2). E' ormai generalmente accettato che l'universo è dinamico e mutevole, le galassie si scontrano tra loro a causa dei loro campi gravitazionali, si fondono e assorbono altre galassie. Si ritiene inoltre che, se il merger avviene tra due galassie a spirale o se una galassia ellittica ne assorbe una a spirale (com'è probabilmente avvenuto in NGC3610), la galassia risultante sia sempre un'ellittica. Nelle galassie originatesi da una galassia ellittica più grande e una a disco più piccola le stelle che appartenevano alla seconda continuano a muoversi su orbite simili fra loro all'interno della galassia maggiore: le galassie ellittiche di questo tipo sono attraversate da strisce ed archi di luce più intensa, corrispondenti ai resti della galassia a disco.

## II. DATI OSSERVATIVI

Le immagini utilizzate provengono dall'archivio SDSS ([www.sdss.org](http://www.sdss.org)). Sono state acquisite con un telescopio Ritchey-Chretien di 2,5 m f/5 localizzato presso l'Apache Point Observatory, nel Nuovo Messico (latitudine 32° 46' 49.30" N, Longitudine 105° 49' 13.50" W, altitudine 2788m s.l.m.). Il tempo di posa delle immagini è di 54 sec.

### NGC2518

AR: 08h 07m 20 .2s Dec: +51° 07' 54"

Velocità : 5266 km/s z: 0,0175

Tipo: E/S0

magnitudine nel filtro g:13,9

diametro angolare (asse maggiore): 1,21 arcmin

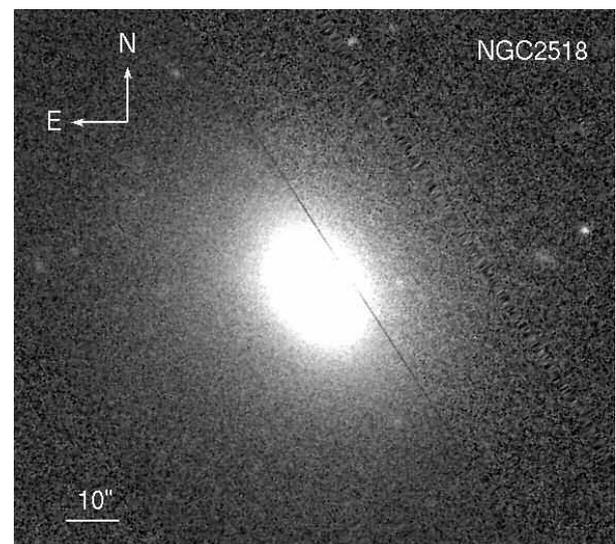


Figura 1: Immagine della galassia NGC2518

**NGC3610**

AR: 11h 18m 25.3s Dec: +58° 47' 10"  
 Velocità: 1704 km/s z: 0,0057  
 Tipo: E5  
 magnitudine nel filtro B: 11,7  
 diametro angolare (asse maggiore) : 2,7 arcmin

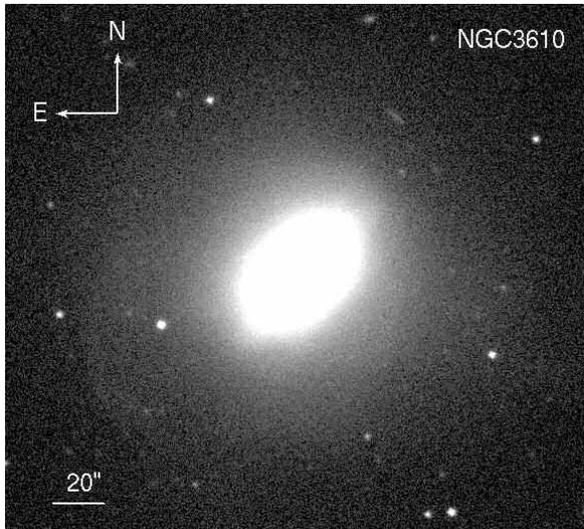


Figura 2: Immagine della galassia NGC3610

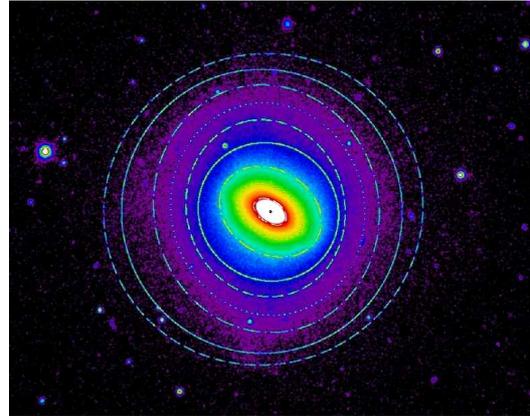


Figura 4: Immagine della galassia NGC3610 con sovrapposte le isofote

Nella figure 3 e 4 sono riportate rispettivamente le galassie NGC2518 e NGC3610 su cui sono state applicate le isofote, fino a comprendere totalmente il loro diametro (si noti che le due galassie non sono orientate Nord-Est come nelle figure precedenti). Successivamente abbiamo creato, in base alle isofote precedentemente prodotte, un modello che si adattasse al meglio alla galassia considerata. Tenuto conto dell'intensità del cielo ( $I_{sky}$ ), abbiamo sottratto il modello all'immagine della galassia, trovando così l'intensità rimanente, cioè il residuo. Abbiamo trovato interessanti risultati, riportati nelle due figure successive 5 e 6.

**III. DESCRIZIONE DEL LAVORO**

Partendo dalle immagini nel filtro g delle due galassie ne abbiamo studiato la distribuzione della luce, servendoci delle isofote. Abbiamo cioè adattato alle singole galassie un modello matematico che potesse rappresentare al meglio la distribuzione della loro luminosità: ogni isofota è infatti caratterizzata da punti di stessa intensità. Abbiamo ripetuto questo procedimento due volte per ogni galassia: la prima volta tenendo fisso il centro e facendo quindi disegnare al programma delle isofote concentriche; la seconda volta invece abbiamo lasciato che il programma disegnasse le isofote senza riferirsi ad un centro prefissato.

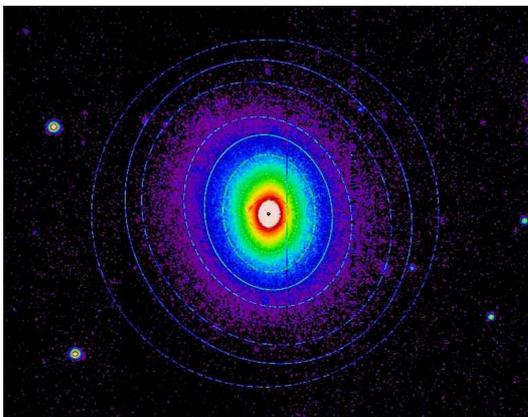


Figura 3: Immagine della galassia NGC2518 con sovrapposte le isofote

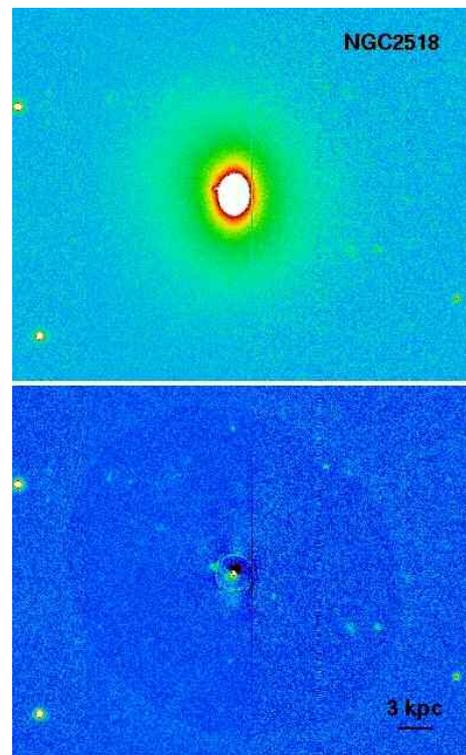


Figura 5: La galassia NGC2518 (in alto) e il residuo dopo la sottrazione del modello (in basso)

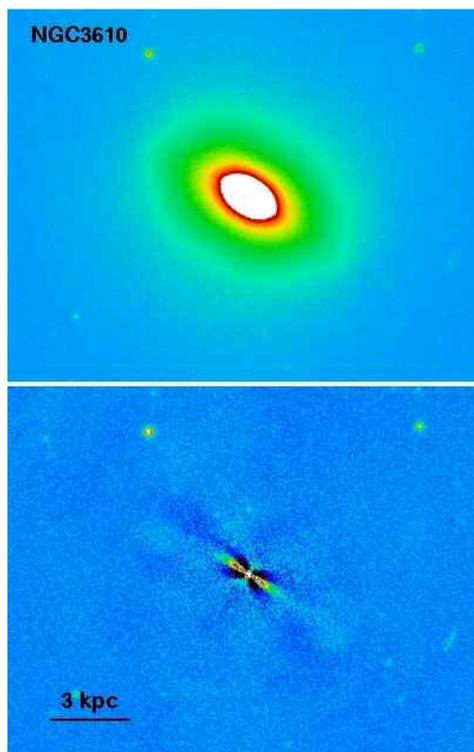


Figura 6: La galassia NGC3610 (in alto) e il residuo dopo la sottrazione del modello (in basso)

Abbiamo quindi analizzato alcuni parametri di ogni isofota delle due galassie in base al loro semiasse maggiore e confrontati: ellitticità, centro delle isofote e angolo di posizione (Fig. 7).

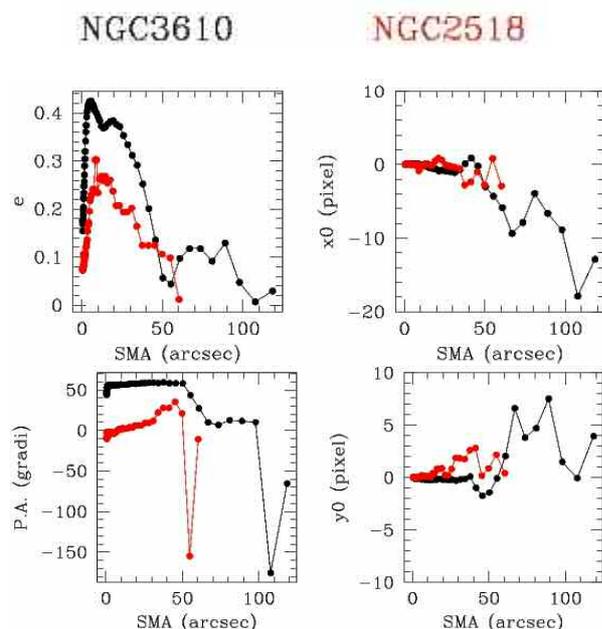


Figura 7: I parametri delle isofote in funzione della distanza dal centro per le due galassie a confronto

In seguito abbiamo calcolato la magnitudine assoluta partendo dall'intensità totale ( $I_{tot} = 22.66 I_e R_e^2$  con  $R_e$  raggio efficace) nel filtro g delle due galassie:

NGC2518 ha intensità di 26203,46 e quindi una magnitudine apparente di 13,24 , mentre NGC3610, è di intensità pari a 204506,5, e ha una magnitudine apparente di 10,957.

La formula  $m = m_0 + m_s - kx$  dove  $m_s$  vale  $-2,5 \log I_{tot}$ ,  $m_0$  è la costante di calibrazione fotometrica (detta anche punto zero),  $k$  è la costante di estinzione atmosferica e  $x$  è la massa d'aria ( $=1/\cos z$ , dove  $z$  è la distanza zenitale).

Per calcolare la magnitudine assoluta e il raggio efficace, raggio entro cui è contenuta metà della luce emessa dalla galassia, abbiamo dovuto considerare il redshift che risulta essere di 0,0175 per NGC2518 e 0,0057 per NGC3610. Da questo abbiamo estrapolato la distanza delle due galassie tramite la legge di Hubble. La formula utilizzata per il calcolo della magnitudine assoluta è stata:  $M = m + 5 - 5 \log_{10} d$

Infine abbiamo calcolato i profili di brillantezza delle due galassie nel filtro g e li abbiamo riprodotti con la legge di de Vaucouleurs (Fig. 8):

$$\mu = \mu_e + 8.328 \left[ \left( \frac{r}{r_e} \right)^{1/4} - 1 \right]$$

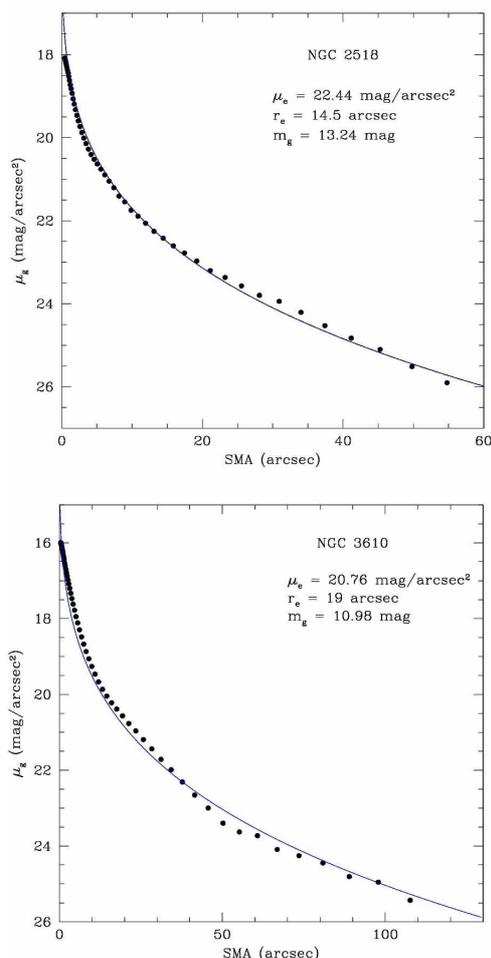


Figura 8: I profili di brillantezza delle due galassie. La linea continua è il profilo di de Vaucouleurs. Sono riportati i parametri del profilo e la magnitudine totale apparente

Dai calcoli abbiamo ottenuto che NGC2518 ha un raggio efficace di 4,92 kpc, quasi il doppio di quello di NGC3610 che invece misura 2,1 kpc. Invece il confronto fra le magnitudini assolute, rispettivamente -20,98 e -20,83, dice che le due galassie hanno la stessa luminosità.

#### IV. RISULTATI

Osservando le immagini dei residui delle due galassie si nota chiaramente come, pur essendo entrambe ellittiche, le immagini risultanti siano completamente diverse. In NGC2518 il residuo non presenta particolari caratteristiche: sottraendo l'intensità luminosa della galassia è rimasta infatti solo una intensità circolare interna fittizia (la riga più scura verticale è dovuta all'immagine di partenza). Nel residuo di NGC3610 si nota invece la presenza di una specie di X centrale, da cui si diramano delle zone a maggiore e minore intensità che ricordano vagamente dei bracci di spirale. Appunto questo volevamo dimostrare: il residuo di NGC3610, in cui compaiono zone più luminose riconducibili a bracci di spirale, fa presupporre che essa sia il risultato di una fusione. Spesso infatti in seguito ad un *merger* la galassia presenta zone di uguale intensità che non hanno più una forma ellittica, bensì romboidale: le isofote con questa caratteristica vengono chiamate *disky*. Di conseguenza il modello matematico ellittico non è più valido: lungo gli assi minori e maggiori c'è più luce che nelle altre parti comprese da una stessa isofota e quando si produce il residuo si forma una zona più luminosa lungo gli assi. Possiamo quindi affermare che NGC3610 è una galassia ellittica originatasi da un *merger*.

Un altro dato abbastanza significativo che ci porta alla stessa conclusione è il fatto che, secondo lo studio della cinematica delle stelle di NGC3610 (Fig. 9), si evidenzia una velocità di rotazione molto più alta rispetto a quella delle normali galassie ellittiche, che invece hanno velocità massime di rotazione di qualche decina di km/sec. Nella nostra ellittica la velocità nella parte interna raggiunge infatti un massimo di 120-140 km/s come mostrato nel grafico.

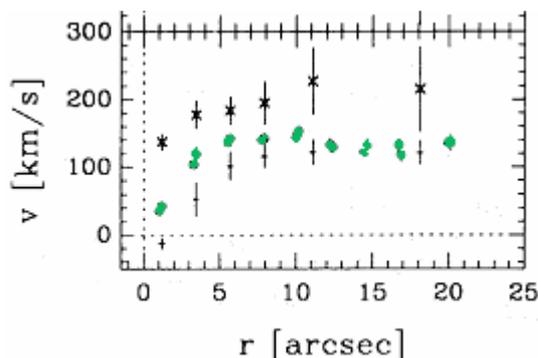


Figura 9: Curva di rotazione delle stelle in NGC3610 ottenuta dalla letteratura

Abbiamo anche provato a individuare la distribuzione stellare attraverso la mappa di colore *g-i* (Fig. 10):

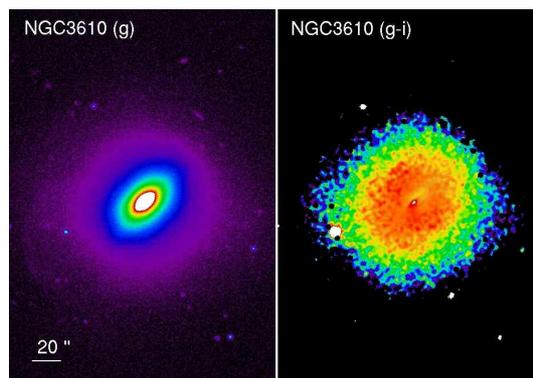


Figura 10: La mappa di colore *g-i* di NGC3610 (a destra)

Come si può vedere il colore è praticamente tutto rosso, tranne nelle parti più esterne, dove risulta però poco attendibile perchè il segnale luminoso della galassia in quelle zone è molto debole. Nella parte più brillante, quella centrale, il colore è mediamente rosso e questo indica che la popolazione stellare è dominata da stelle vecchie, caratteristiche delle ellittiche ma vi è una fascia gialla che indica la possibile presenza di stelle più giovani: un'altra testimonianza del *merger*. La presenza di stelle di popolazione I, cioè giovani, è infatti una delle caratteristiche dei bracci di una galassia a spirale.

Un'altra conferma del *merger* si può riscontrare nella presenza di alcune *shell*, agglomerati concentrici di stelle, visibili nelle zone periferiche della galassia (Fig. 11). Questo fenomeno non è presente nelle ellittiche normali che hanno invece un bordo regolare e simmetrico. La figura del residuo nel filtro r della galassia NGC3610 mette in evidenza questi agglomerati.

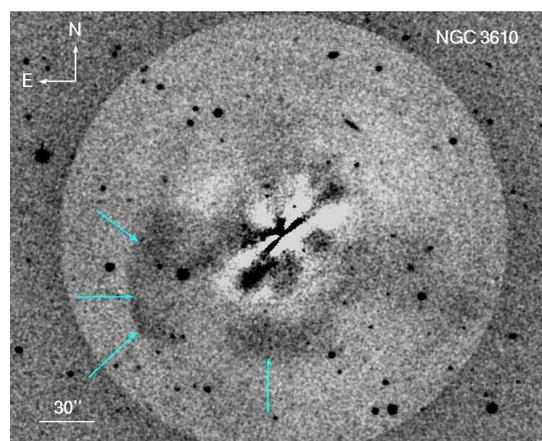


Figura 11: Il residuo di NGC3610 con indicate le *shell* stellari

Anche nel profilo di brillantezza di NGC3610 c'è un indizio dell'avvenuto *merger*: a differenza del profilo regolare della NGC2518, quello della NGC3610 presenta alcune oscillazioni specialmente nelle zone più esterne dove sono presenti le *shell*.