

LO ZOO DEGLI AGN

Alcune galassie sono tranquille...



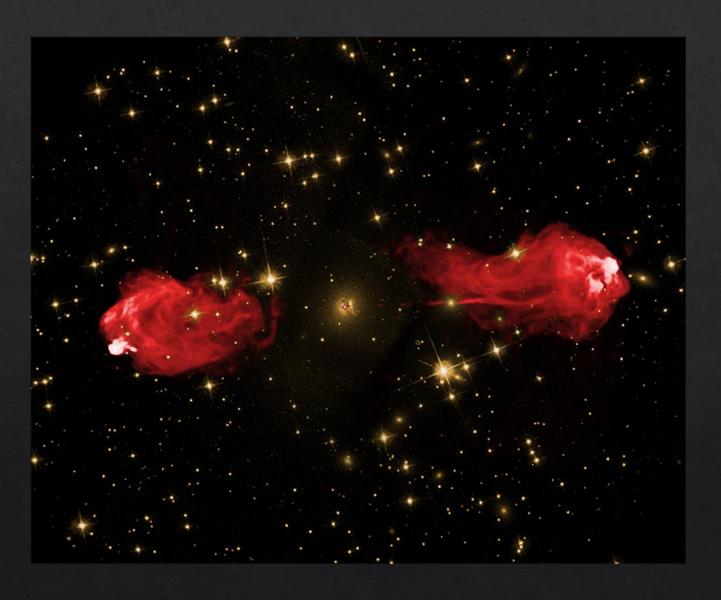
- Radiazione termica legata alle stelle e ai gas che compongono la galassia
- Emissione primaria cade nell'ottico e nell' infrarosso
- Emissione banda radio legata a fenomeni di nascita stellare
- Emissione X legata a fenomeni stellari, come esplosioni di supernove
- Emissione stabile nel tempo

... e altre no: AGN



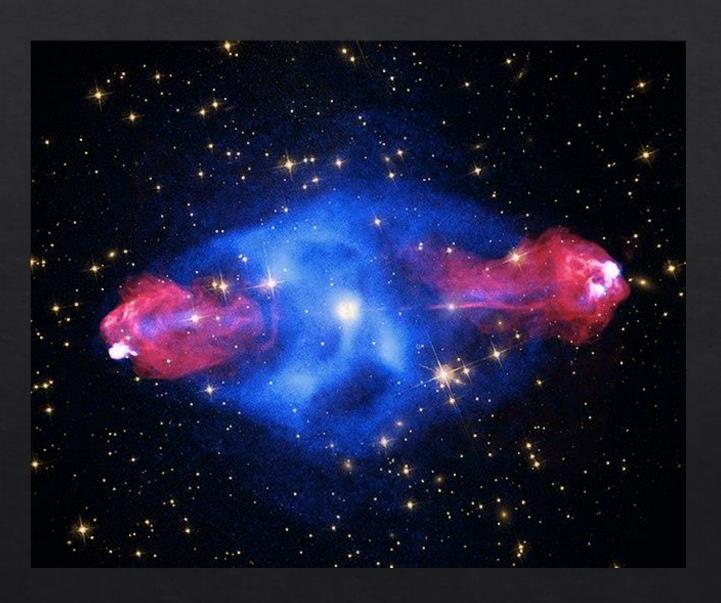
- Emettono in tutto lo spettro elettromagnetico, dalla banda radio fino ai raggi Gamma
- Emissione non termica per meccanismi come sincrotrone e Compton Inverso
- Zona di emissione molto ristretta nel nucleo (0,1 anni luce) e supera in luminosità
 l'emissione della restante parte della galassia
- Emissione molto variabile (dalle ore ai giorni)

... e altre no: AGN



- Emettono in tutto lo spettro elettromagnetico, dalla banda radio fino ai raggi Gamma
- Emissione non termica per meccanismi come sincrotrone e Compton Inverso
- Zona di emissione molto ristretta nel nucleo (0,1 anni luce) e supera in luminosità
 l'emissione della restante parte della galassia
- Emissione molto variabile (dalle ore ai giorni)

... e altre no: AGN



- Emettono in tutto lo spettro elettromagnetico, dalla banda radio fino ai raggi Gamma
- Emissione non termica per meccanismi come sincrotrone e Compton Inverso
- Zona di emissione molto ristretta nel nucleo (0,1 anni luce) e supera in luminosità
 l'emissione della restante parte della galassia
- Emissione molto variabile (dalle ore ai giorni)

Qual è il motore centrale?

Forte luminosità = meccanismo molto efficiente

Fusione nucleare

L'energia gravitazionale della materia non «bruciata» supererebbe quella rilasciata dalla fusione... è un controsenso!

Accrescimento su oggetto compatto

Forte variabilità = estensione della regione che sta emettendo

$$R \leq c \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = 24h$$

 $R < 3$ anni luce

Qual è il motore centrale?

$$F_{rad} = \frac{\sigma_t L}{4 \pi c \, r^2}$$

$$\leq$$

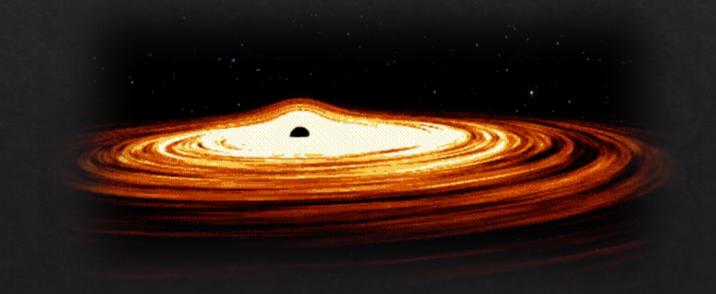
$$F_{grav} = \frac{GM(m_p + m_e)}{r^2}$$

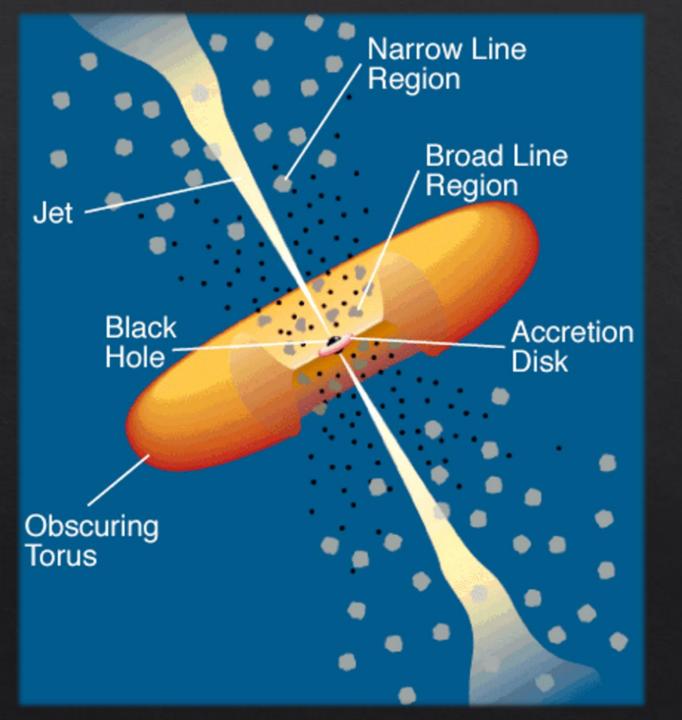
$$M=8\cdot 10^5 L_{44}$$

 $[M_{\odot}]$

$$L = 10^{46} \text{ erg/s}$$

$$M \sim 10^8 \, M_{\odot}$$





Struttura di un AGN

DISCO DI ACCRESCIMENTO ~ anni luce

TORO 0.3 – decine di anni luce

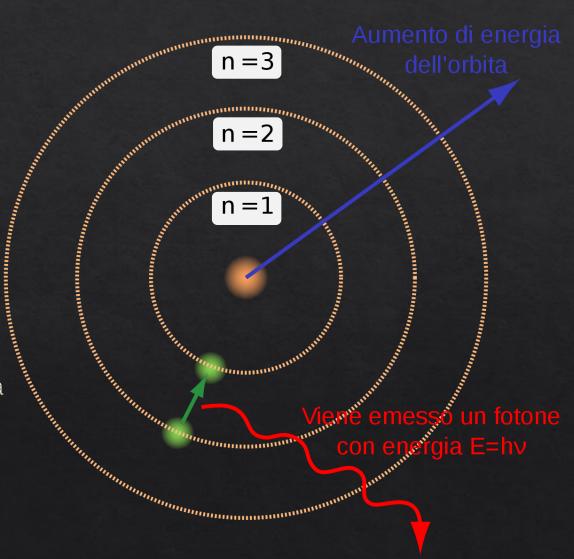
BROAD LINE REGION 0.3 – 3 anni luce

NARROW LINE REGION migliaia di anni luce

JET RELATIVISTICI fino a decine di migliaia di anni luce

Strumento essenziale: le linee di emissione

- Centro: protoni e neutroni (nucleoni)
 Esterno: elettroni con orbite discrete a diversa energia (livelli energetici) a seconda della specie atomica
- Per cambiare livello occorre perdere (emettere)
 o acquisire (assorbire) energia
- Questa energia deve avere valori esatti: ad esempio, per andare da n=1 a n=2 all'elettrone serve un pacchetto di energia (fotone) con energia pari alla differenza energetica tra i due livelli

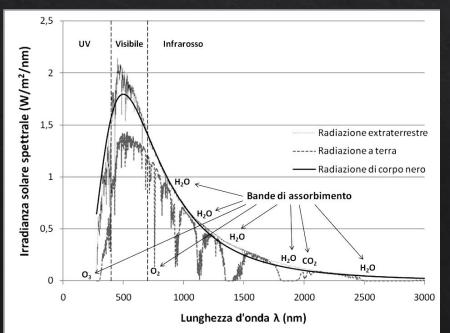


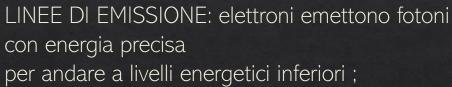
LINEE DI ASSORBIMENTO: elettroni assorbono fotoni con energia precisa per andare a livelli energetici superiori;

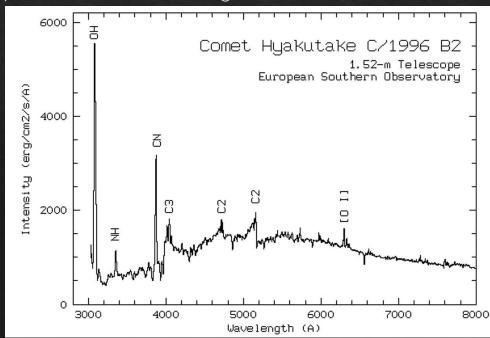
n =3

n =2

n =1





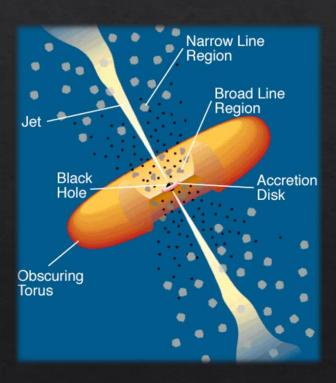


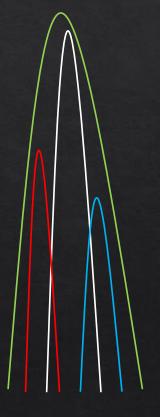
Allargamento di riga per effetto Doppler

Se gli atomi sono in moto rispetto all'osservatore, l'effetto
Doppler deforma il profilo della riga, perchè ogni emissione sarà
spostata in base alla velocità di spostamento dell'atomo lungo la
linea di vista

$$\nu = \nu_0 (1 \pm \frac{vel}{c})$$

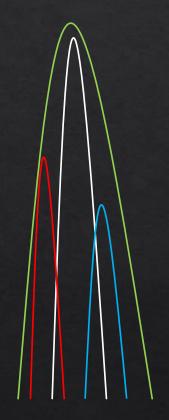
$$\Delta \nu = \frac{\nu_0}{c} \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$

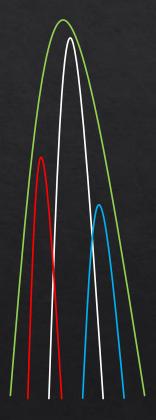




$$\nu = \nu_0 (1 \pm \frac{vel}{c})$$

$$z = \frac{\nu - \nu_0}{\nu_0} \qquad z \ll 1$$





BANDA OTTICA

GALASSIE DI SEYFERT (Carl Seyfert 1943)

Seyfert 1

- Forte emissione in banda X, UV e ottico
- Linee sia 'larghe' (1500-15000 km/s)
 che 'strette' (500-1000 km/s)



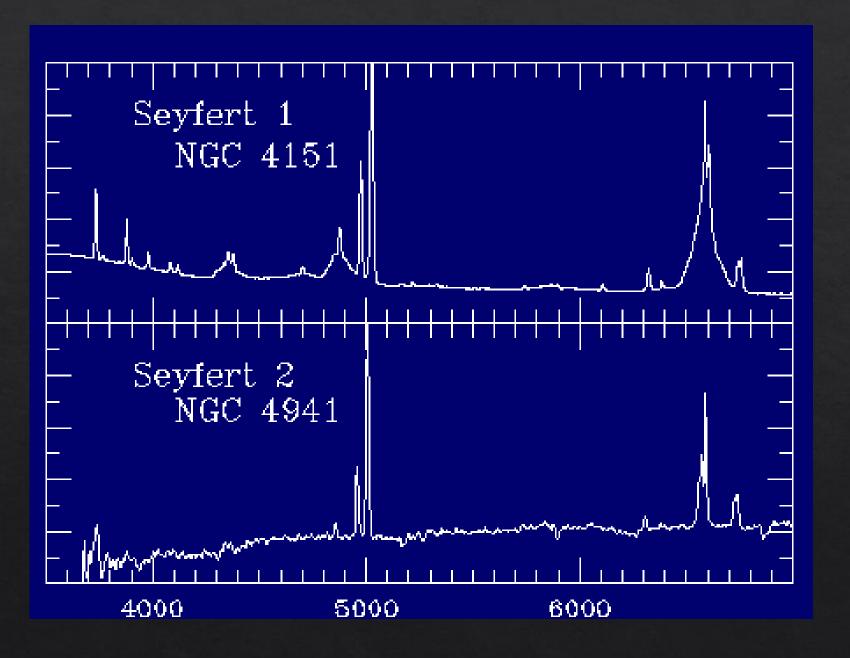
Messier 51 – Hubble Space Telescope

Seyfert 2

- Forte emissione in UV e ottico
- Linee prevalentemente 'strette'
- Luce polarizzata



Messier 66 – Hubble Space Telescope





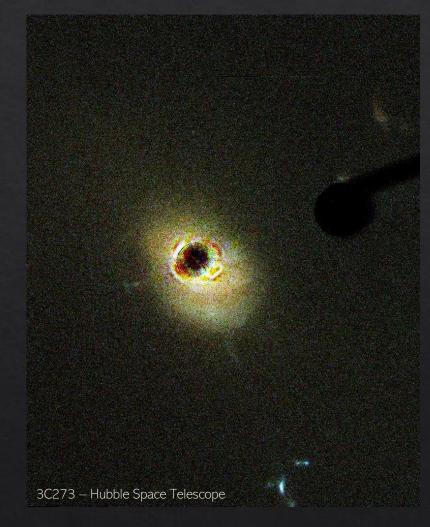
Messier 51 – Hubble Space Telescope



Messier 66 – Hubble Space Telescope

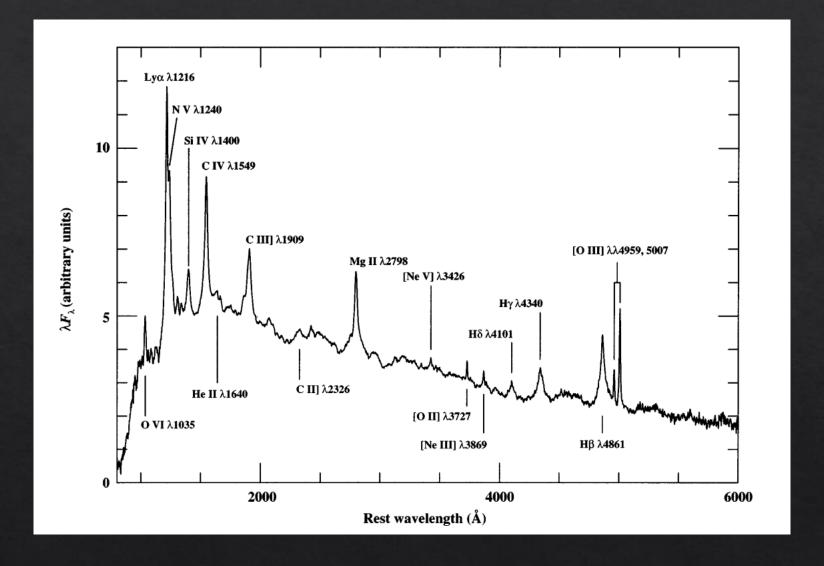
- Furono osservati per la prima volta in banda radio a metà degli anni '50. Erano sorgenti estremamente compatte e luminose, sia nel radio che nell'ottico, e per questo inizialmente vennero scambiati per stelle
- Maarten Schmidt osserva 3C 273, una sorgente compatta situata nella costellazione della Vergine

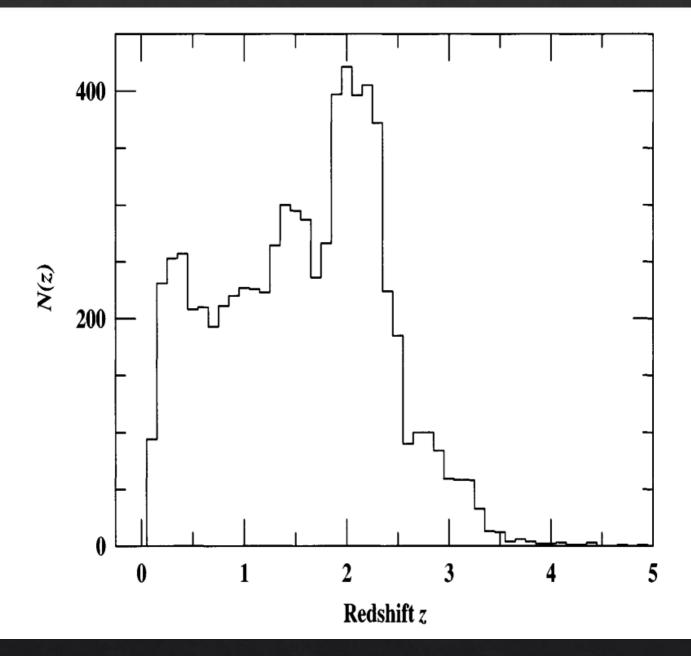
• Schmidt osservò che le righe di emissione dello spettro ottico erano quelle della serie di Balmer per l'atomo di idrogeno H e quelle del magnesio Mg con un redshift di z = 0.158. Un tale redshift era tra i più grandi rilevati all'epoca ed aveva chiaramente origini cosmologiche, indicatore del fatto che l'oggetto in questione si stava allontanando, a causa dell'espansione dell'universo



- Si notò anche che i quasars emettono su tutto lo spettro elettromagnetico, dal radio ai raggi X. Una successiva classificazione fatta dallo stesso Schmidt sulla base di studi di numerosi quasars rivelò che le loro caratteristiche più importanti erano:
 - Presenza di emissione nelle onde radio;
 - Presenza di emissione nell'UV;
 - Linee di emissione larghe;
 - Alto redshift;
 - Flusso nel continuo variabile nel tempo.







$$z = \frac{v - v_0}{v_0} \qquad z \ll 1$$

BANDA RADIO

RADIO LOUD GALAXY (RLG)

- In numero minore rispetto alle RQG
- Emissione sia compatta (nucleo) che estesa (getti e lobi)
- Nell'ottico hanno sia righe larghe che strette
- Galassia ospite in genere ellittica

R > 10

RADIO QUIET GALAXY (RQG)

R < 10

- Luminosità 1000 volte inferiore rispetto alle RLG
- In numero maggiore rispetto alle RLG
- Emissione generata soprattutto da accrescimento e formazione stellare
- Componente compatta
- Sia righe larghe che strette
- Galassia ospite sia a spirale che ellittica

Radio loudness parameter

R = 10

Rapporto tra emissione a 5 GHz e emissione blu (4400 Å)

RLG: GALASSIE DI FARANOFF – RILEY (1974)

- Classificazione basata sull'emissione radio dei getti (1.4 GHz)
- Queste emission radio sono generate da elettroni relativistici che emettono per sincrotrone e Compton inverso.
 Possono coprire dal radio fino al Gamma

FRI

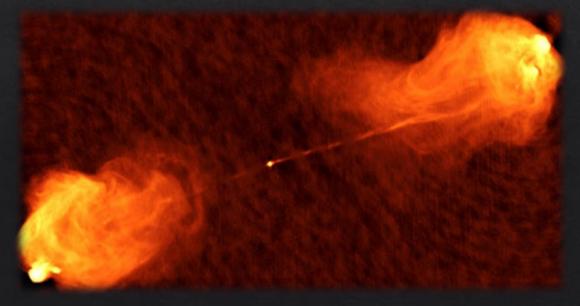
- $L_{\nu} \leq 10^{32} \frac{erg}{s \, Hz}$
- Molto luminosi vicino al centro
- La luminosità dei getti decresce verso l'esterno
- Getti spesso deformati ma presenti a coppie



3C 31 – Very Large Array

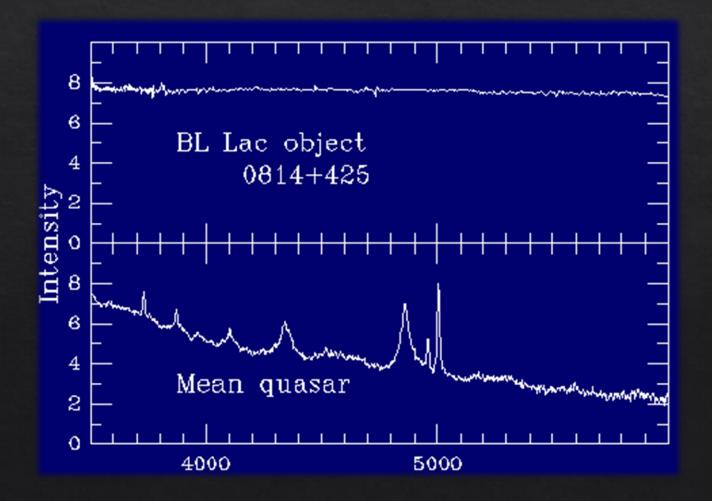
FRII

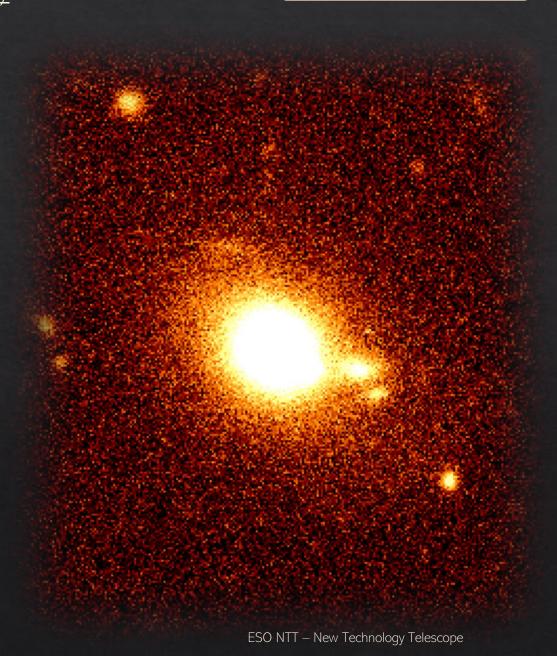
- $L_{\nu} \ge 10^{32} \frac{erg}{s \, Hz}$
- La luminosità cresce verso l'esterno (hotspot e lobi) dove l'interazione col mezzo circostante riaccelera gli elettroni (sincrotrone)
- Spesso è visibile solo un getto per effetto Doppler relativistico



Cygnus A – Very Large Array

- Oggetti più luminosi ed energetici fino a ora osservati
- Molto continuo e poche linee di emissione
- Forte variabilità (ore)



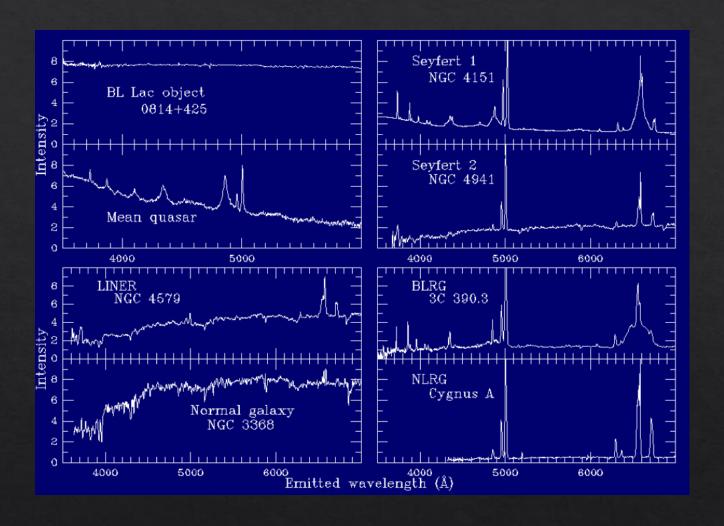


AGN TIPO I

- Continuo molto forte
- Linee di emissione larghe (1500-15000 km/s)
- Linee strette (500-1000 km/s)

AGN TIPO II

- Continuo debole
- La maggior parte delle linee sono strette
- In alcuni casi sono presenti linee larghe in luce polarizzata

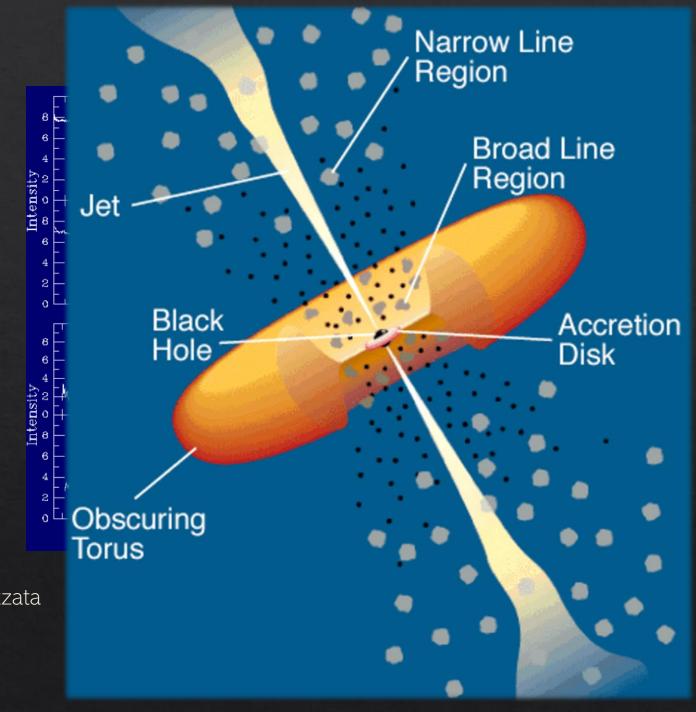


AGN TIPO I

- Continuo molto forte
- Linee di emissione larghe (1500-15000 km/s)
- Linee strette (500-1000 km/s)

AGN TIPO II

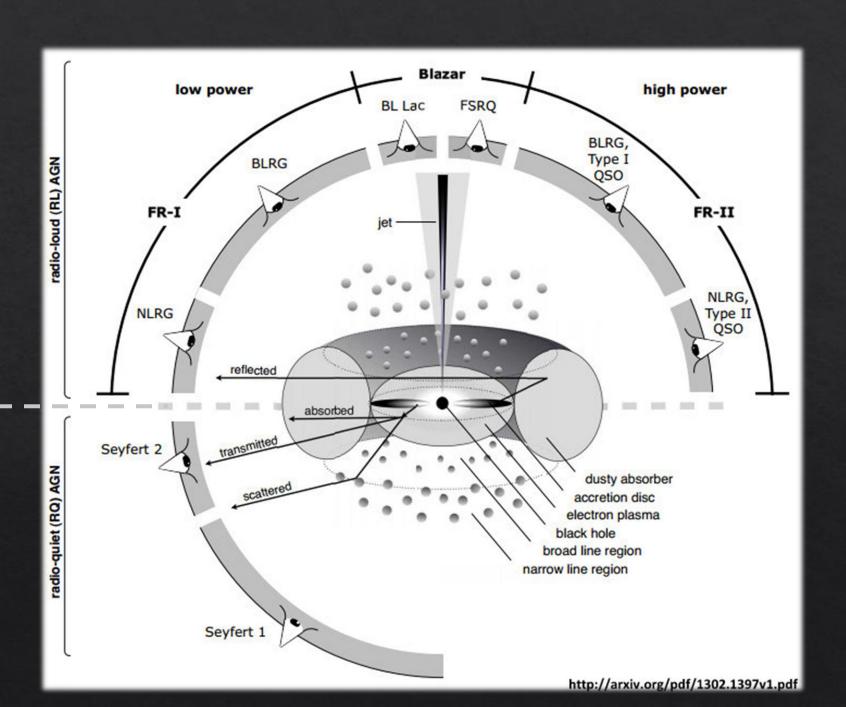
- Continuo debole
- La maggior parte delle linee sono strette
- In alcuni casi sono presenti linee larghe in luce polarizzata



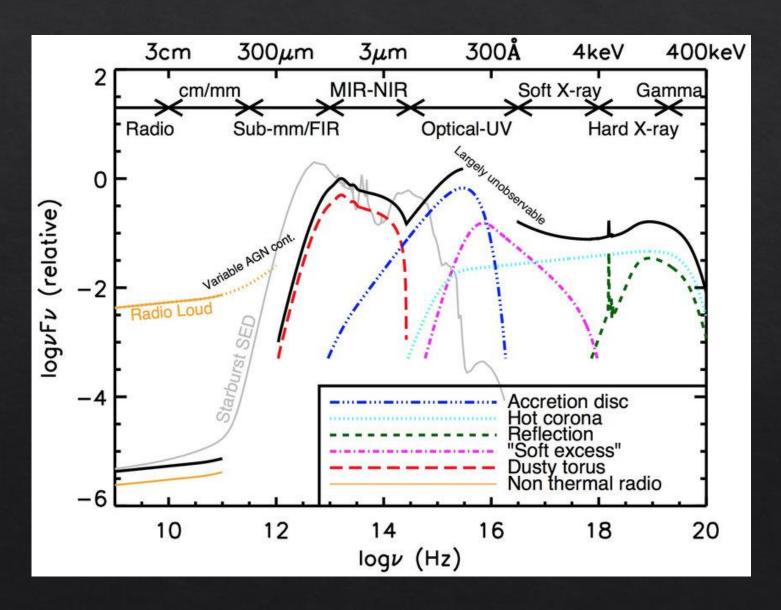
Radio loudness parameter

$$R = 10$$

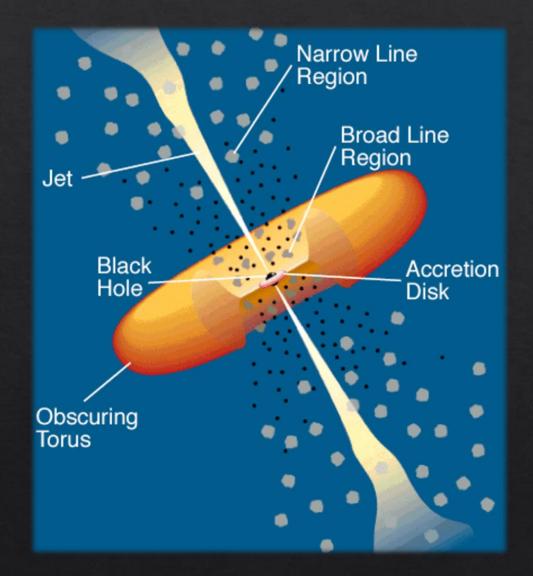
Rapporto tra emissione a 5 GHz e emissione blu (4400 Å)

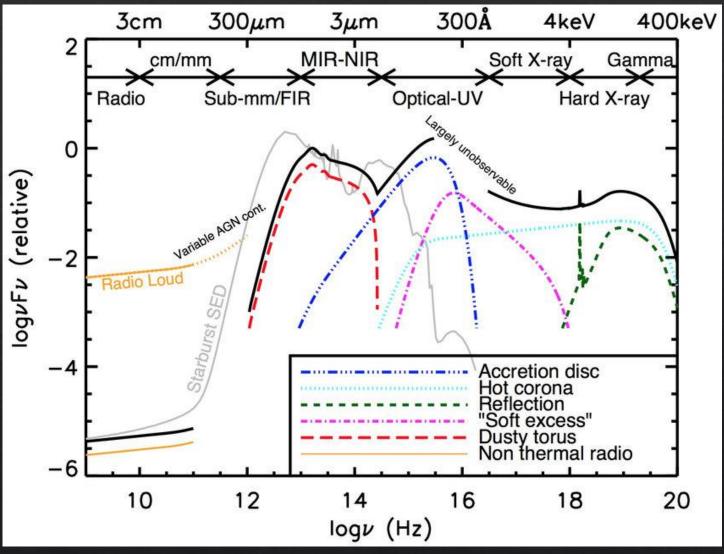


SED: Spectral Energy Distribution

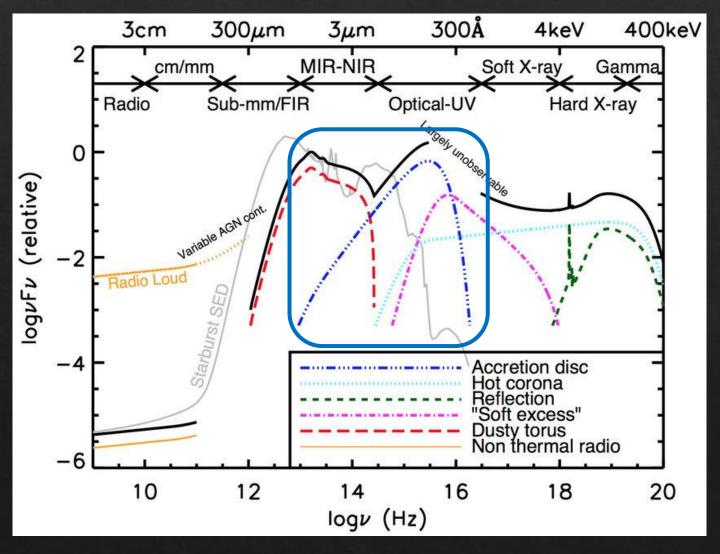


- Grafico della densità di flusso in funzione della frequenza (o lunghezza d'onda)
- Spesso in scala logaritmica perché:
 - II logaritmo permette di rappresentare dati su diversi ordini di grandezza in un unico grafico
 - Le relazioni di potenza tipiche di emissioni non termiche diventano delle rette con diversa pendenza

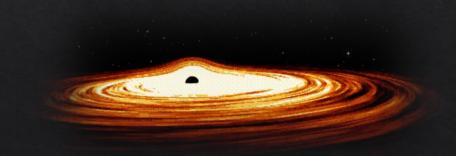




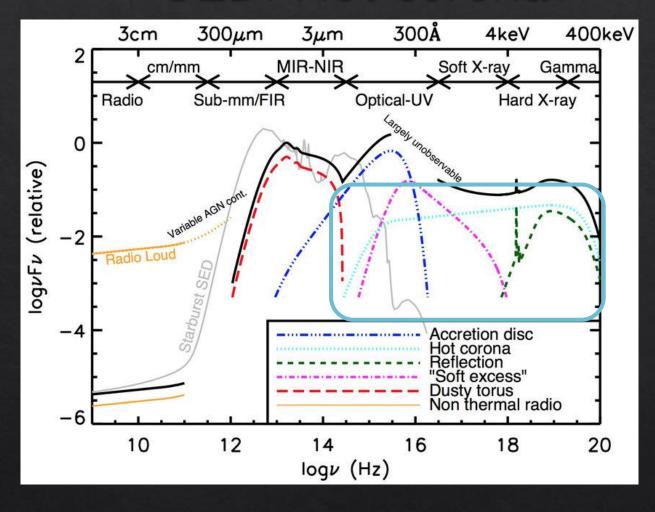
SED: Disco di accrescimento



- Big Blue Bump nell'ottico UV
- La materia attorno al buco nero risente di forze di attrito viscoso che dissipano energia. In questo modo, il momento angolare viene trasferito alle regioni più esterne, permettendo l'accrescimento sul buco nero
- Emissione termica dipendente dalla temperature del disco che la emette
- La temperature varia con la vicinanza dal buco nero



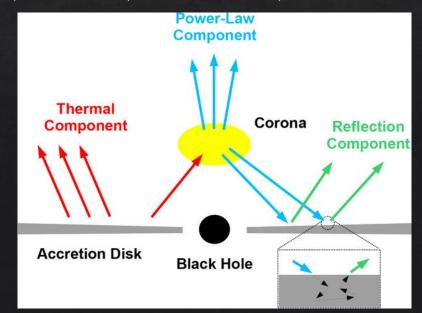
SED: Hot corona



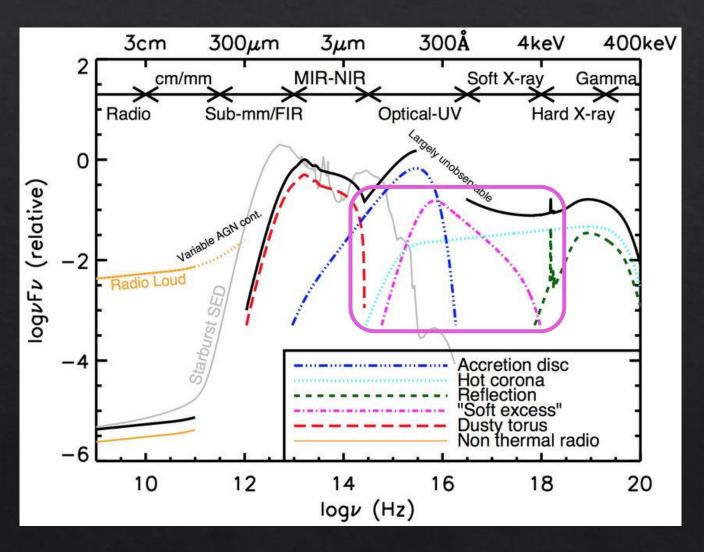
- Plasma caldo ($10^8 10^9$ K) localizzato vicino al disco di accrescimento.
- Il modello più semplicistico la vede responsabile dell'emissione primaria in banda X per Compton Inverso tra gli elettroni del plasma e i fotoni UV del disco

$$u^{-\delta}$$

• A 100-300 keV gli elettroni e i fotoni hanno energia comparabile e il processo non è più efficiente

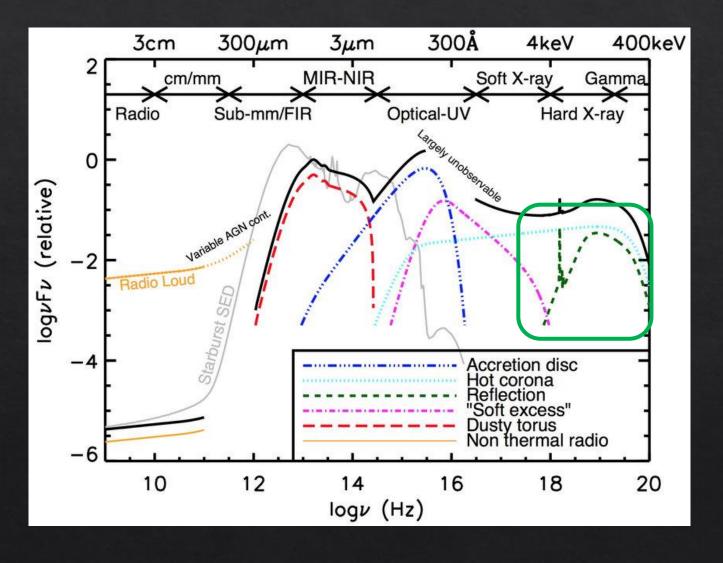


SED: Eccesso Soft

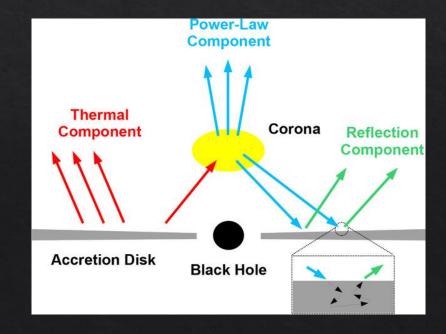


- Osservata in circa la metà degli AGN Tipo I. ma l'origine è ancra dibattuta
- Alcuni modelli la vedono come una componente di Compton Inverso simile a quello che avviene nella Hot Corona, ma con un plasma più freddo
- Altri modelli la descrivono come parte dell'emission termica proveniente dalle regioni del disco di accrescimento molto prossime al buco nero

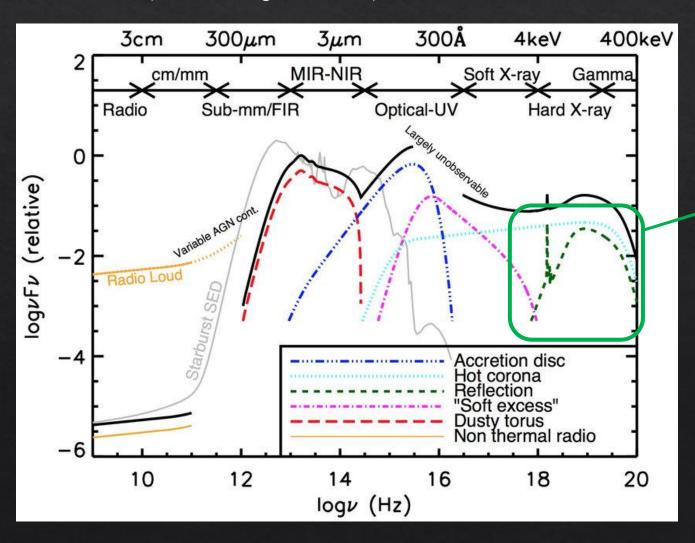
SED: Componente riflessa

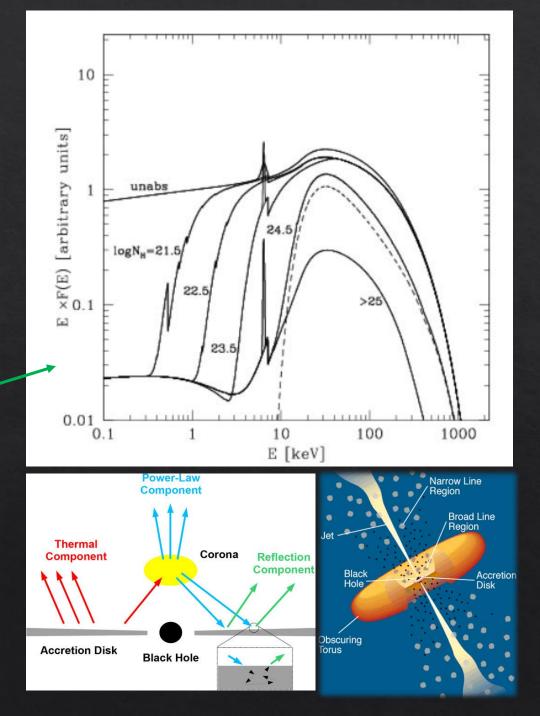


- Componente data dalla riflessione dei fotoni primari da parte delle regioni più interne e dai metallic che si trovano nel disco (Fe)
- Il picco a 30 keV (Reflection Hump) contiene alcune righe di emission degli elementi più abbontanti come Fe, C, O, Mg, Cr, Ni)

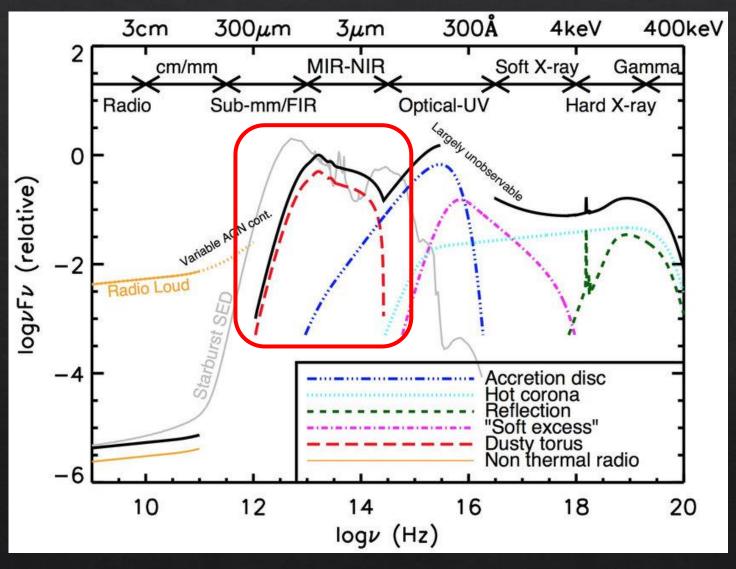


- La componente riflessa risente del toroide di polveri in cui si trova, che può oscurare l'emissione e ceare un abbassamento del flusso di fotoni
- Si nota soprattutto negli AGN di tipo Il



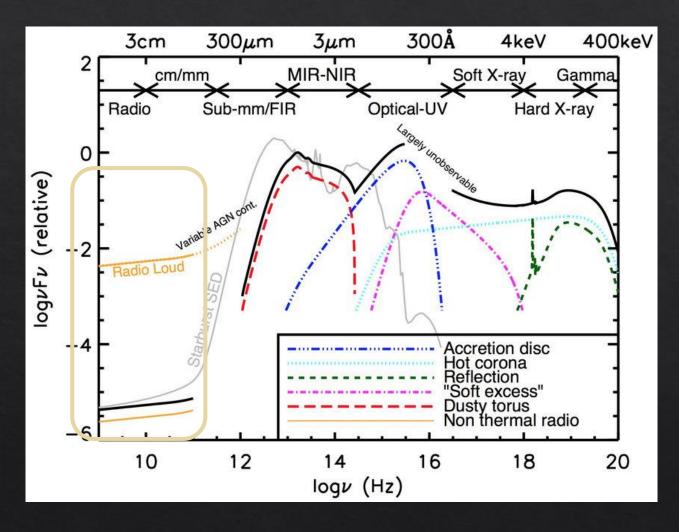


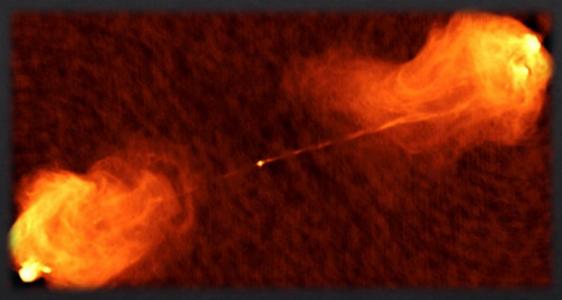
SED: Toroide



- Struttura toroidale di polveri che circonda il buco nero e il disco di accrescimento (0.1-1 pc)
- La sua struttura è ancora oggetto di dibattito ma ci sono due modelli principali:
 - Modello "smooth": geometria ε composizione omogenee
 - Modello "clumpy": compost da nuvole discrete a diversa temperatura
- Le polveri del toroide assorbono le radiazioni provenienti dall'interno e le reprocessano nell'IR. L'IR è caratterizzato da un minimo a 2microm (temperature di sublimazione della polvere) e a un picco (IR bump) tra 10-30 micron dato dall'emission termica delle polveri

SED: Getti Radio





Cygnus A – Very Large Array