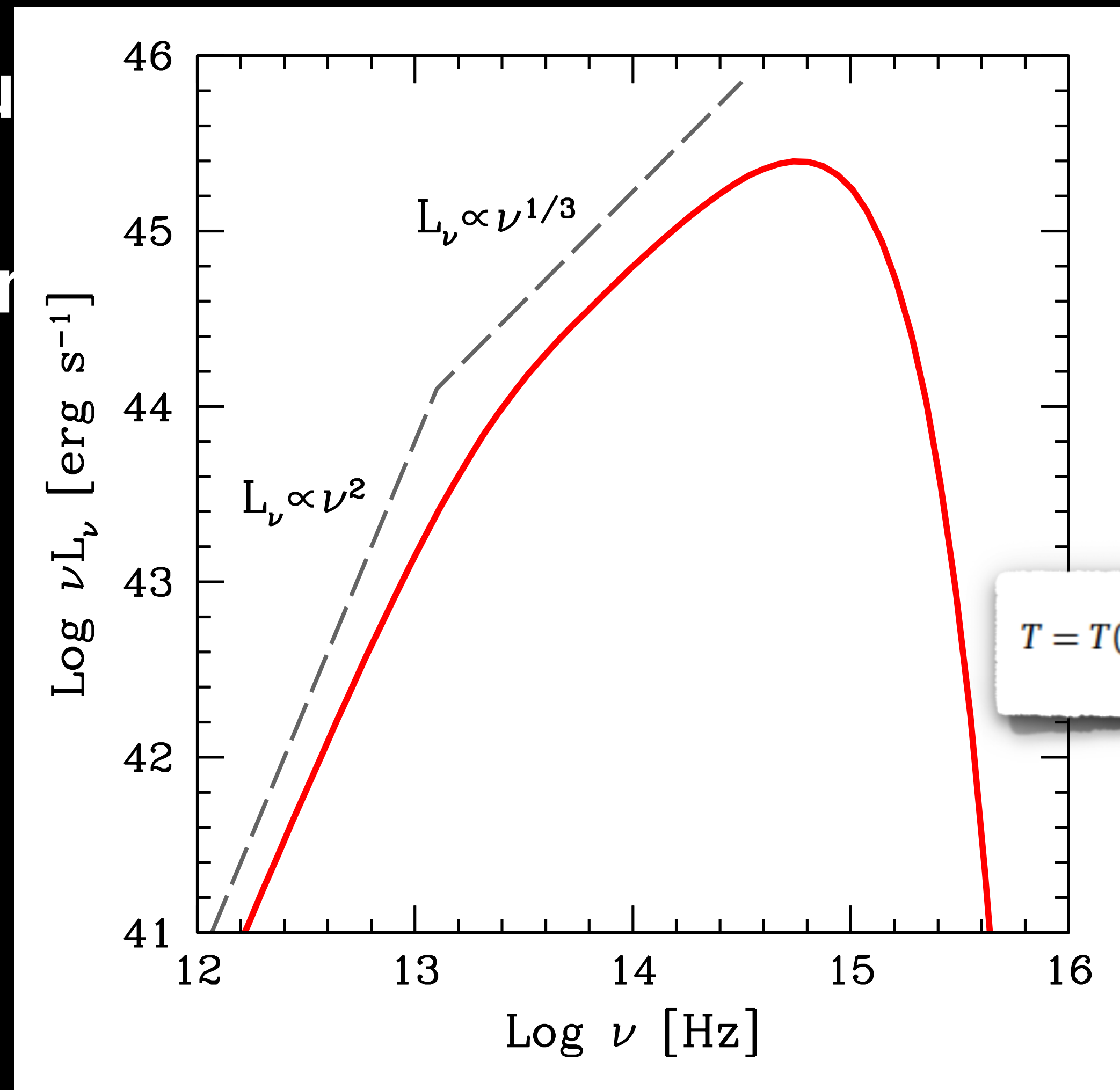


intensità della luce
=
velocità di accrescimento

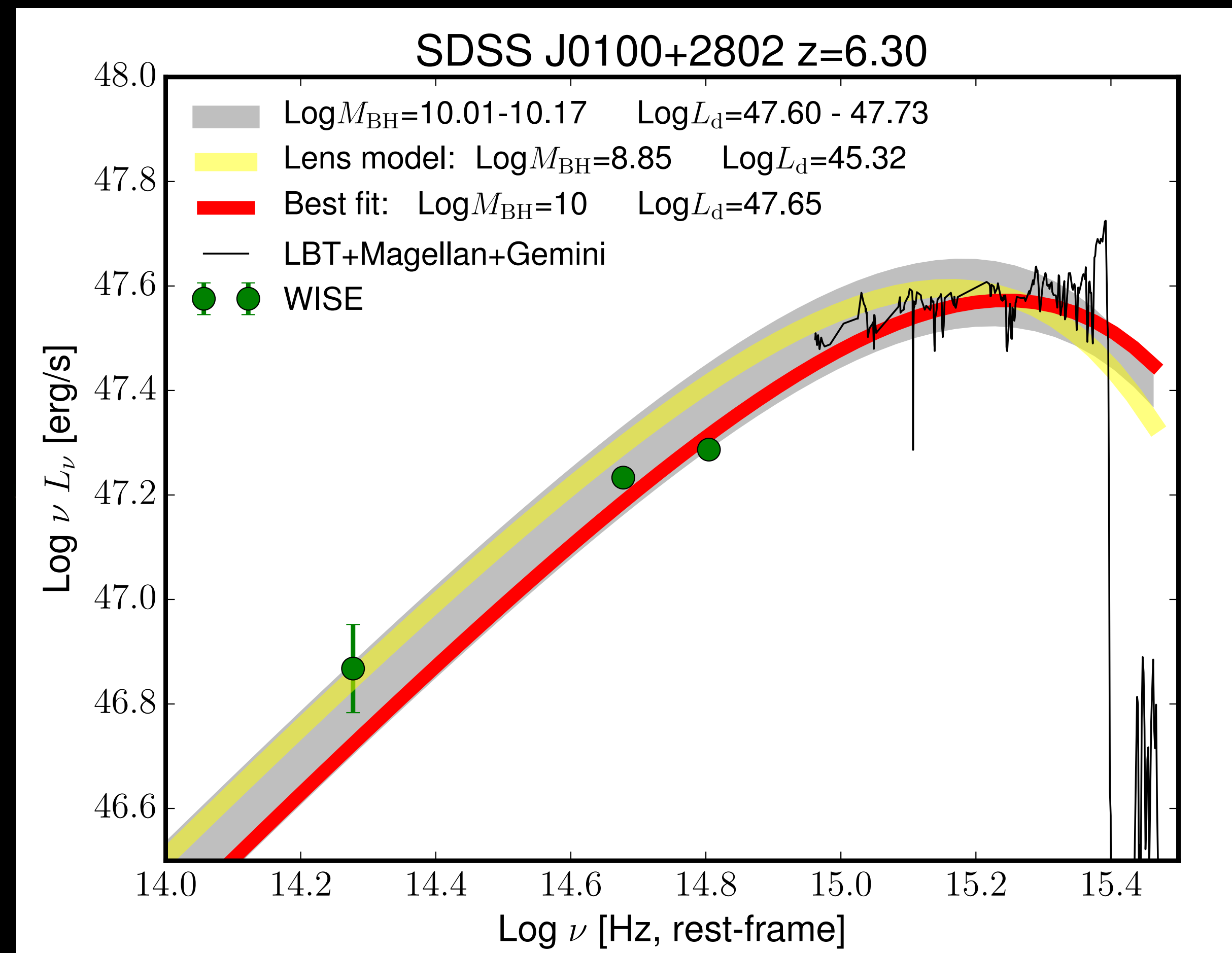
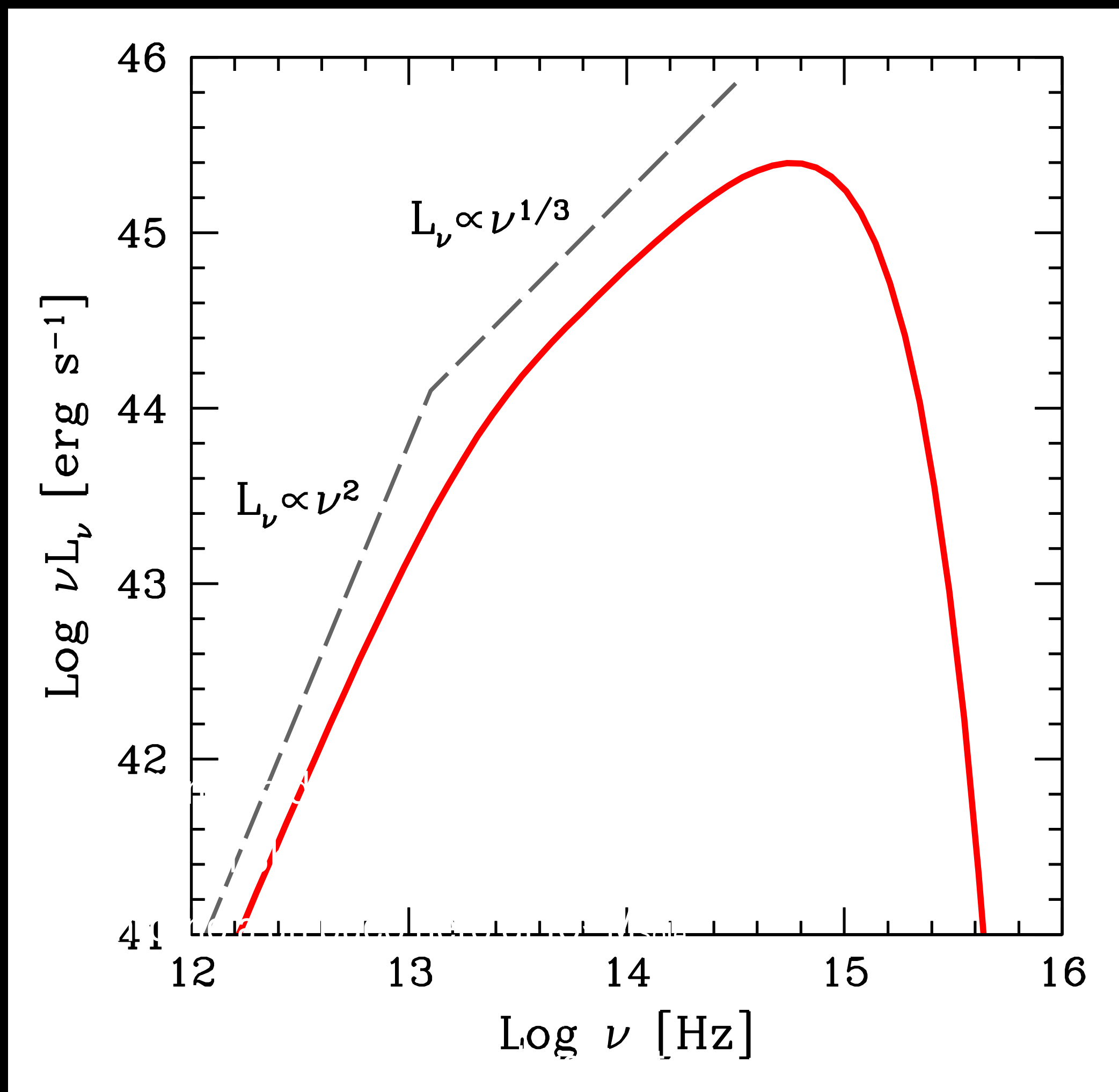
emissione da disco di accrescimento
di Shakura & Sunyaev (1973)
intorno a un buco nero di $10^9 M_{\text{Sole}}$
con un tasso di accrescimento
pari al 10% del valore limite



colore
=
massa del buco nero
accrescimento estremo

$$T = T(R; M_{\text{BH}}, \dot{M}) = \left\{ \frac{3G}{8\pi\sigma} \frac{M_{\text{BH}} \dot{M}}{R^3} \left[1 - \left(\frac{R_{\text{in}}}{R} \right)^{1/2} \right] \right\}^{1/4}$$

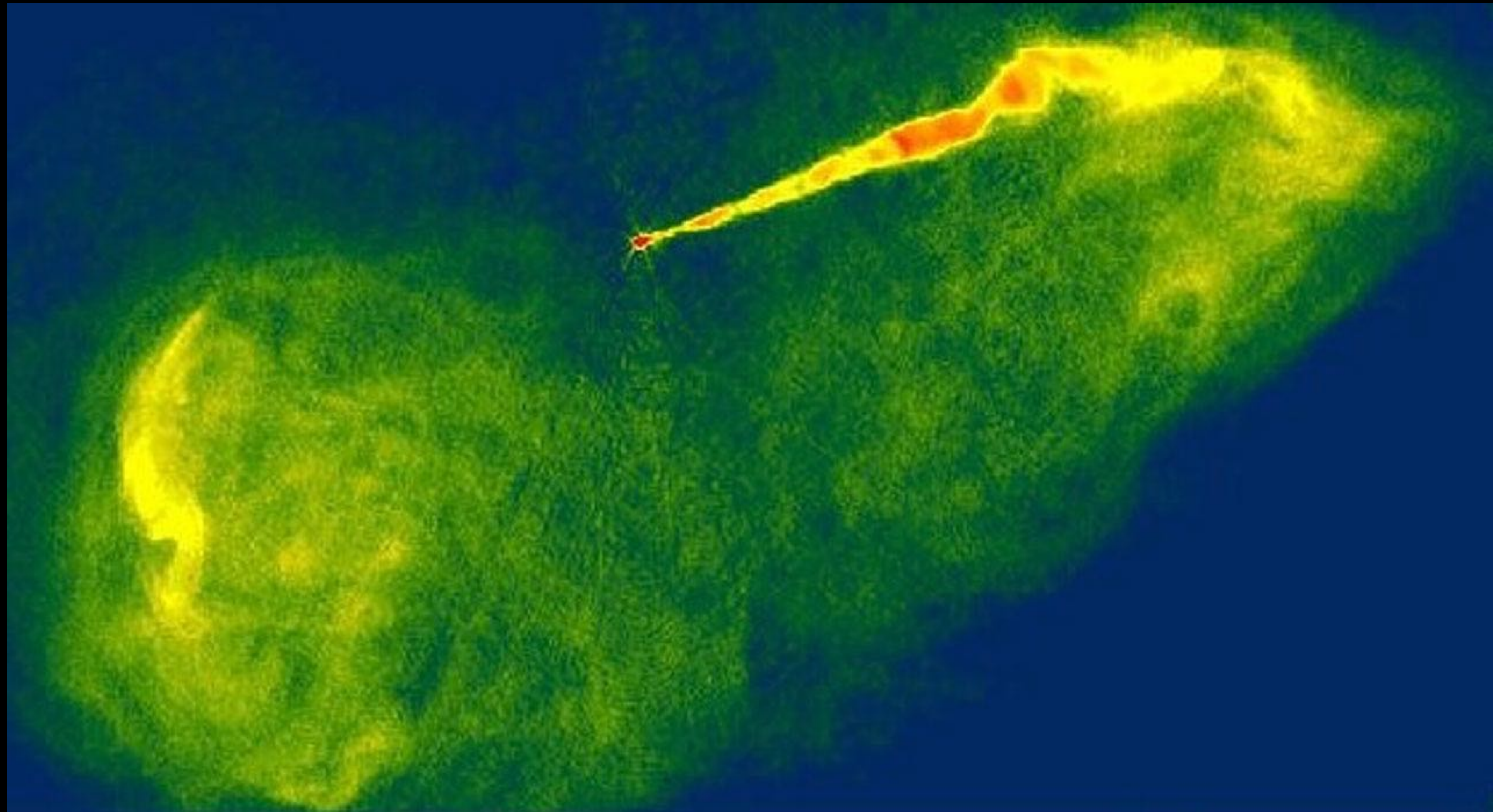
REALISTICAMENTE?

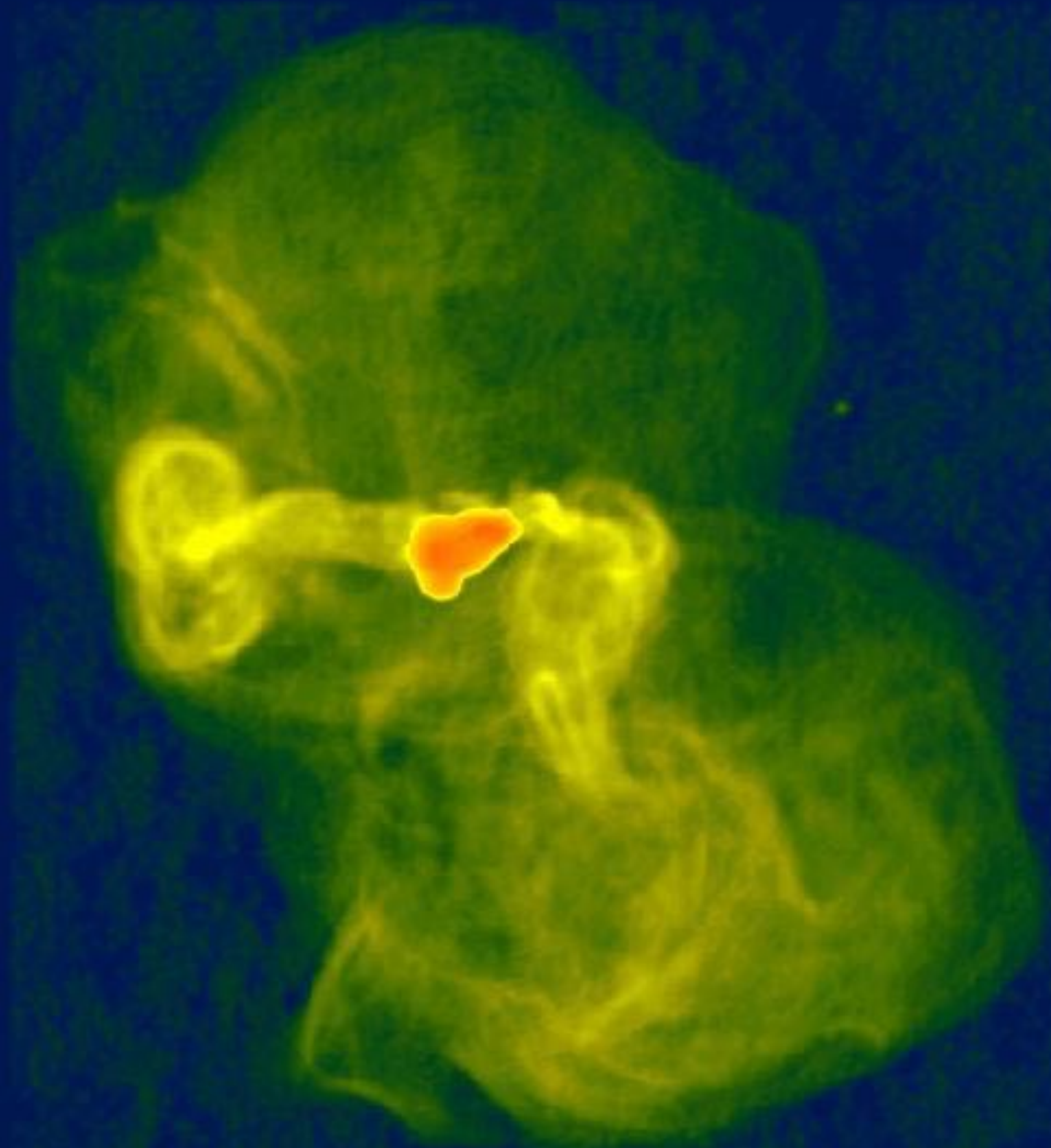


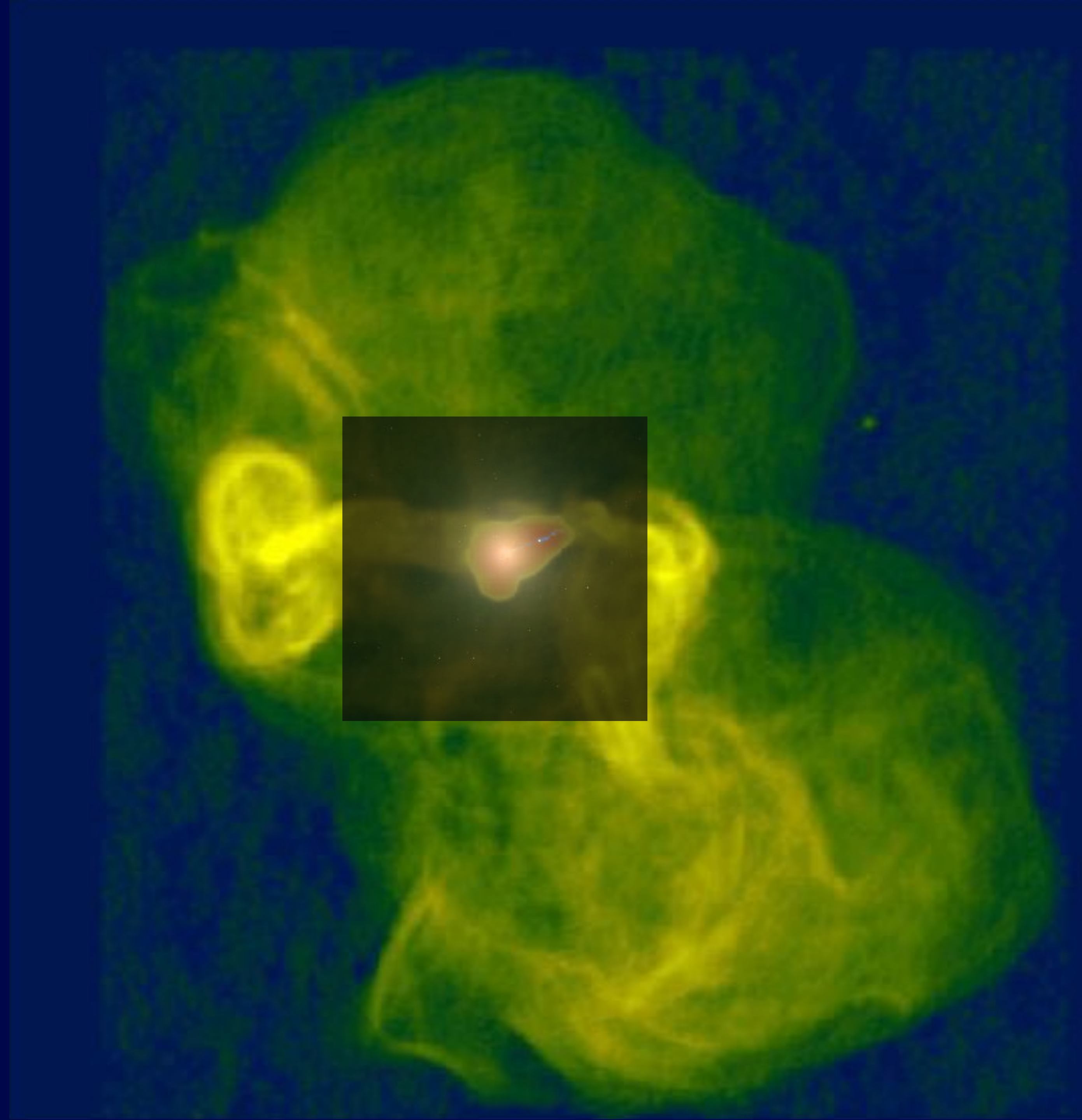
REALISTICAMENTE?

GETTI RELATIVISTICI





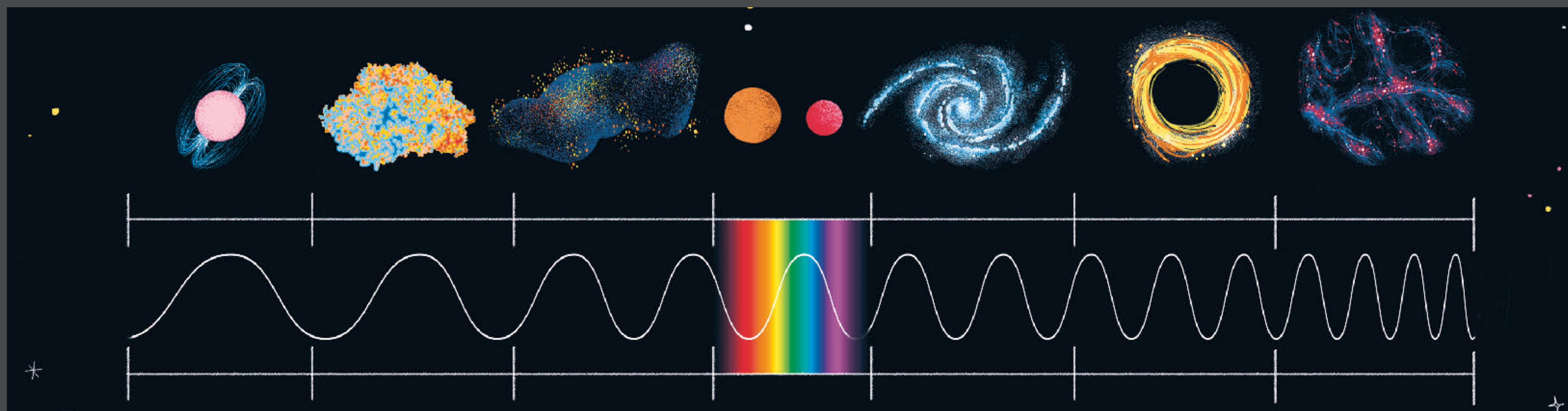
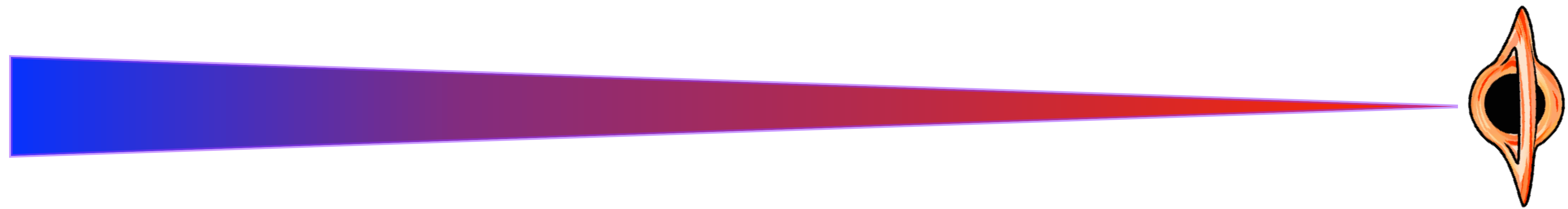
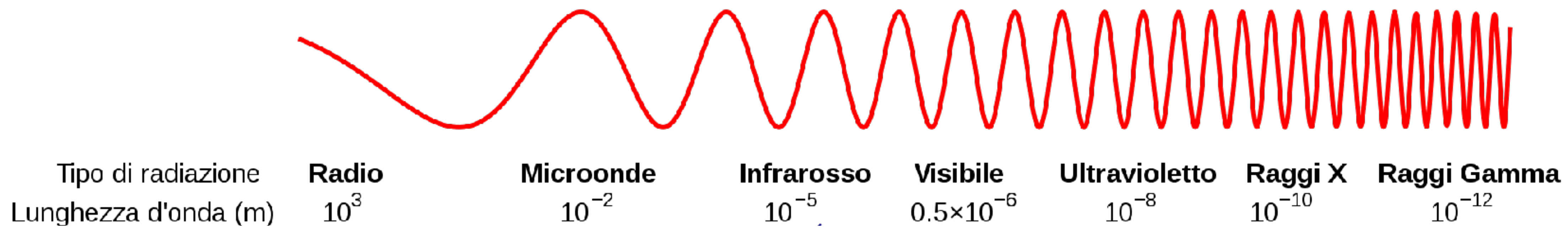


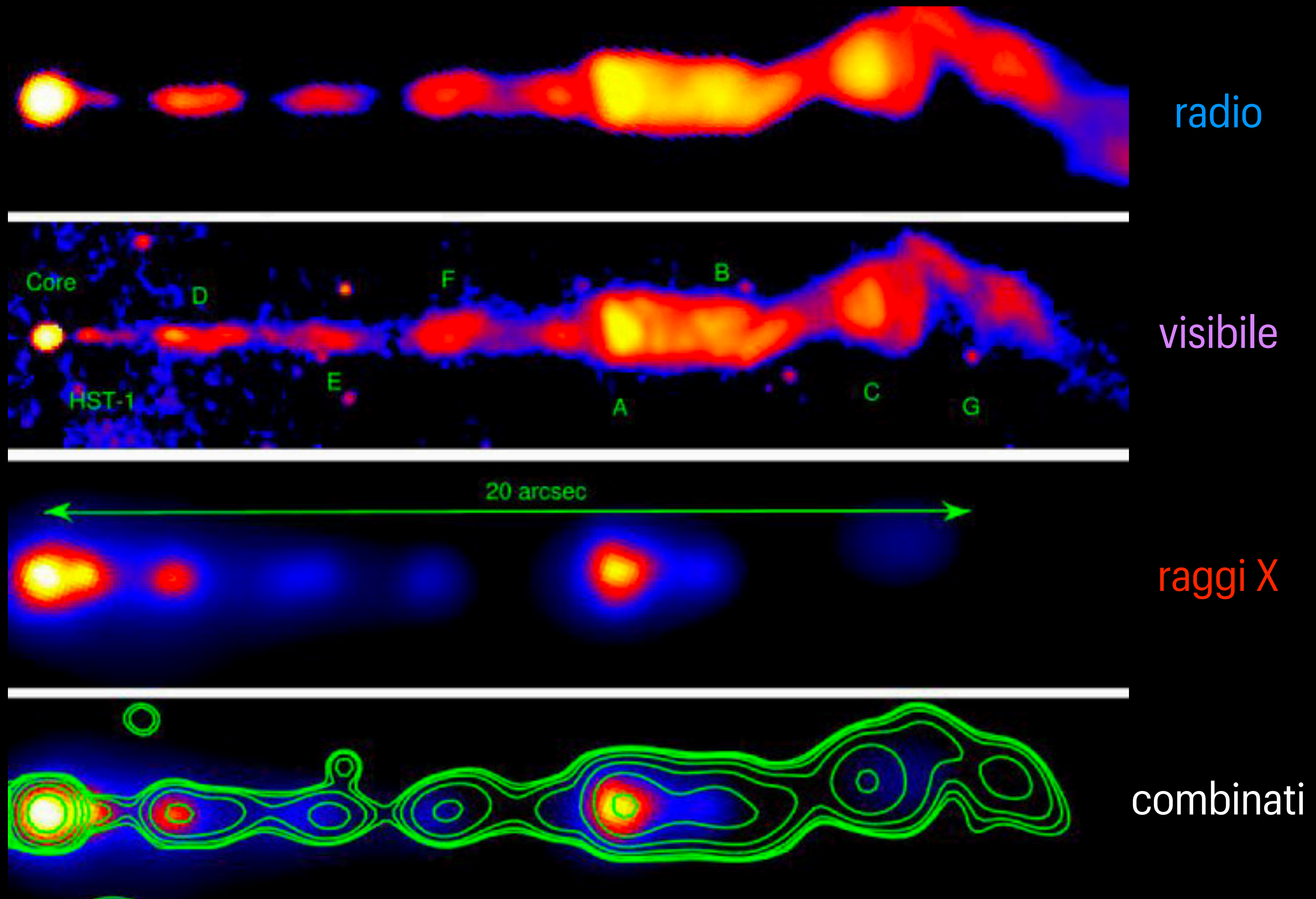




**getto relativistico:
flusso di particelle accelerate
quasi alla velocità della luce**

**come un faro o una torcia:
ben visibili (e amplificate) se
allineate al punto di vista
dell'osservatore, sbiadiscono se
disallineate**





distanza dal buco nero



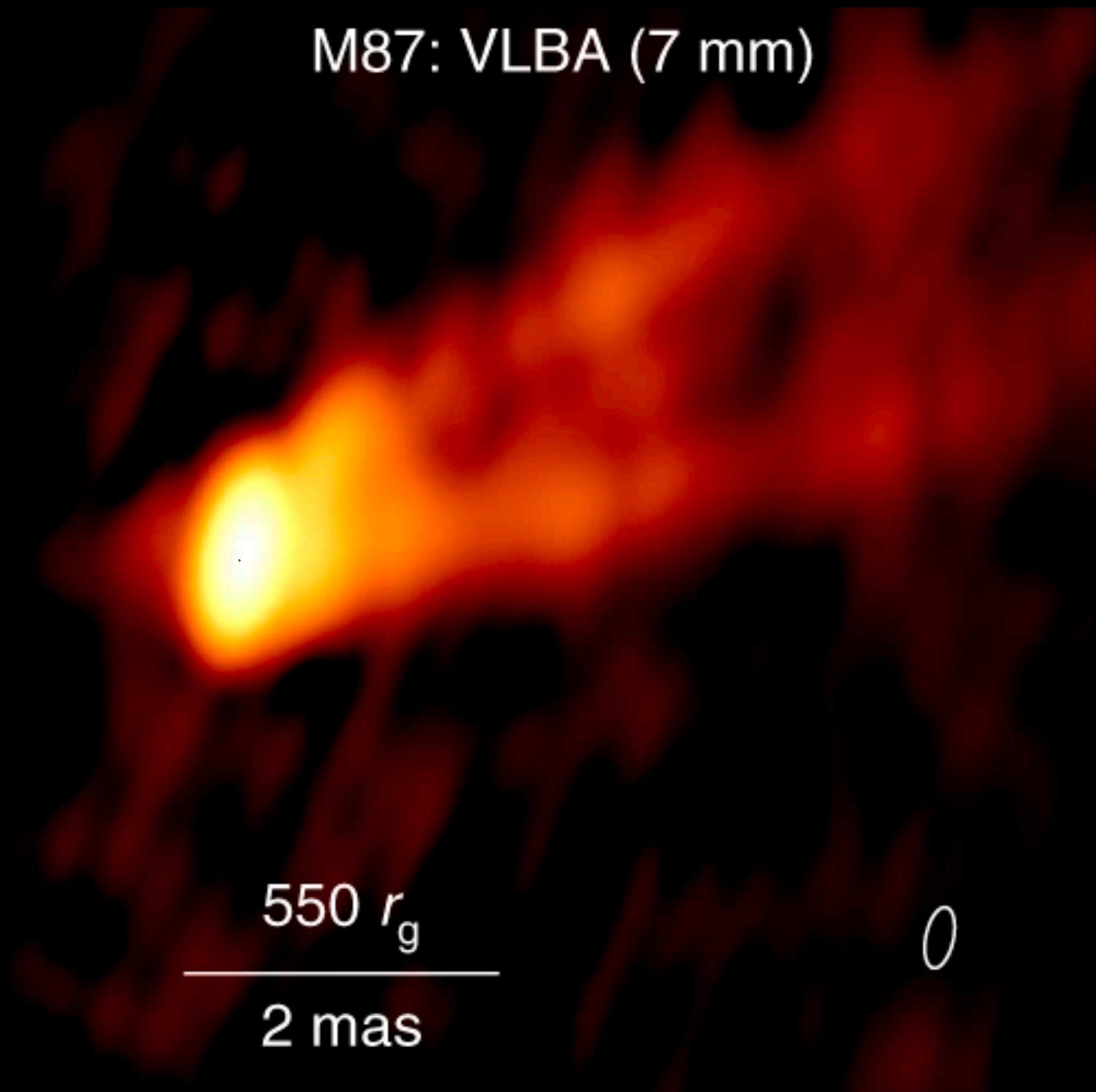
M87: VLBA (7 mm)



$550 r_g$
2 mas

0

M87: VLBA (7 mm)



550 r_g

2 mas

0



LE QUESTIONI APERTE:

**A) come viene “lanciato” (= accelerato)
il getto relativistico?**

The image is a composite of two parts. The left part shows a wide-field view of a galaxy, likely the Milky Way, with a dense band of stars and dust stretching across the frame. The right part is a close-up of a black hole, depicted as a dark sphere with a glowing accretion disk. The disk is shown with a color gradient from red and orange near the inner edge to yellow and white further out. A bright blue jet of plasma is shown emerging from the top pole of the black hole, extending upwards and slightly to the left.

LE QUESTIONI APERTE: IL LANCIO

1) trasferimento di materia e campo magnetico dal disco alla zona polare del buco nero

The image is a composite. The left side shows a view of a galaxy, likely the Milky Way, with a dense field of stars and a prominent dust lane. The right side shows a black hole with a dark event horizon, surrounded by a glowing accretion disk. A bright blue jet of plasma is being emitted from the black hole, extending upwards and outwards. The background is a dark, reddish-brown color with a swirling, vortex-like pattern.

LE QUESTIONI APERTE: IL LANCIO

2) accumulo di energia, confinamento e accelerazione dovute alla **rotazione** del buco nero



LE QUESTIONI APERTE:

B) da cosa è composto?

Solo leptoni o gli adroni hanno un ruolo?

GETTI RELATIVISTICI ALLINEATI: BLAZAR

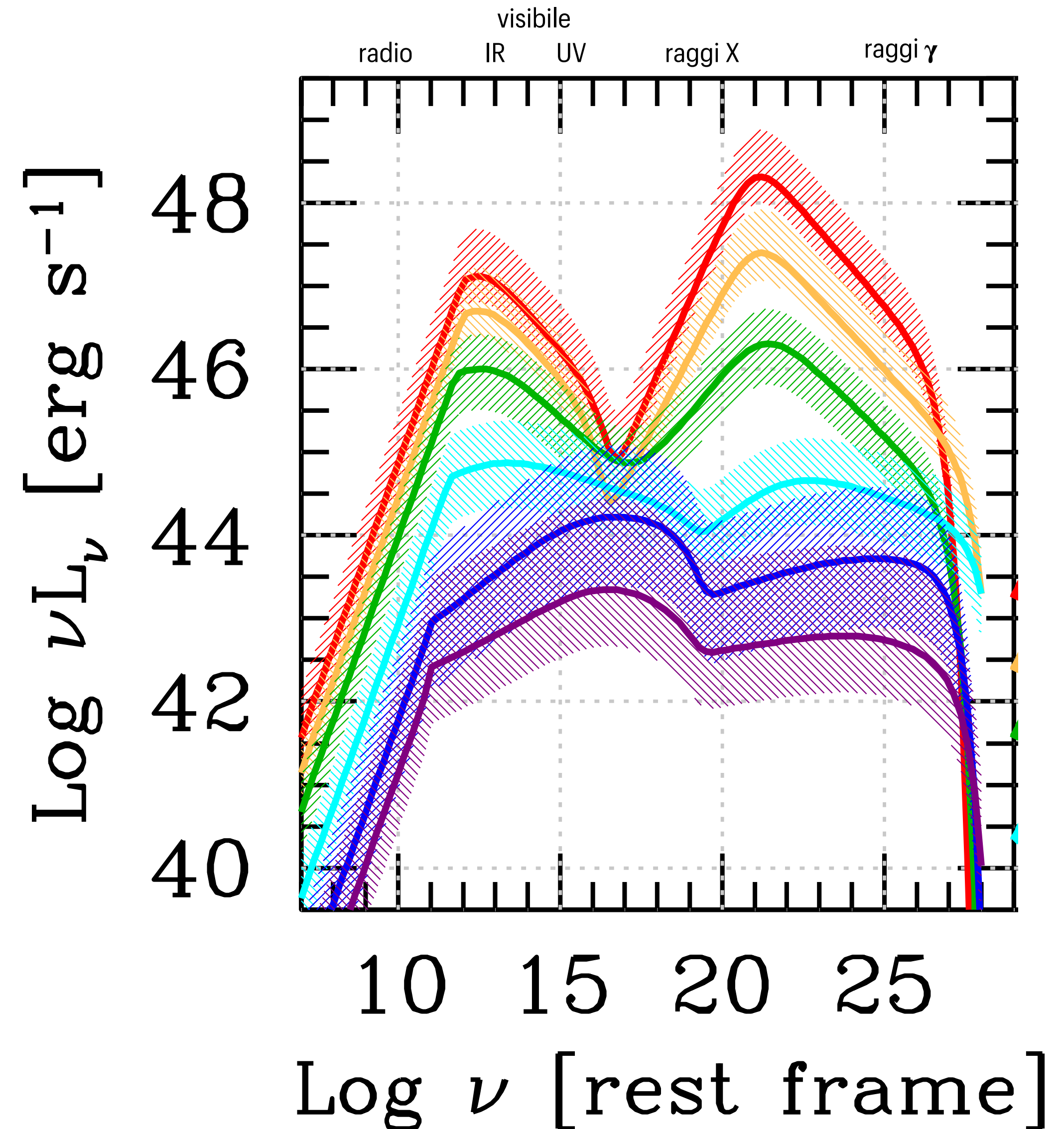
PERCHÉ QUESTE INCERTEZZE? DISTRIBUZIONE SPETTRALE DI ENERGIA DEI BLAZAR

emissione tipica del getto
allineato alla nostra linea di vista:

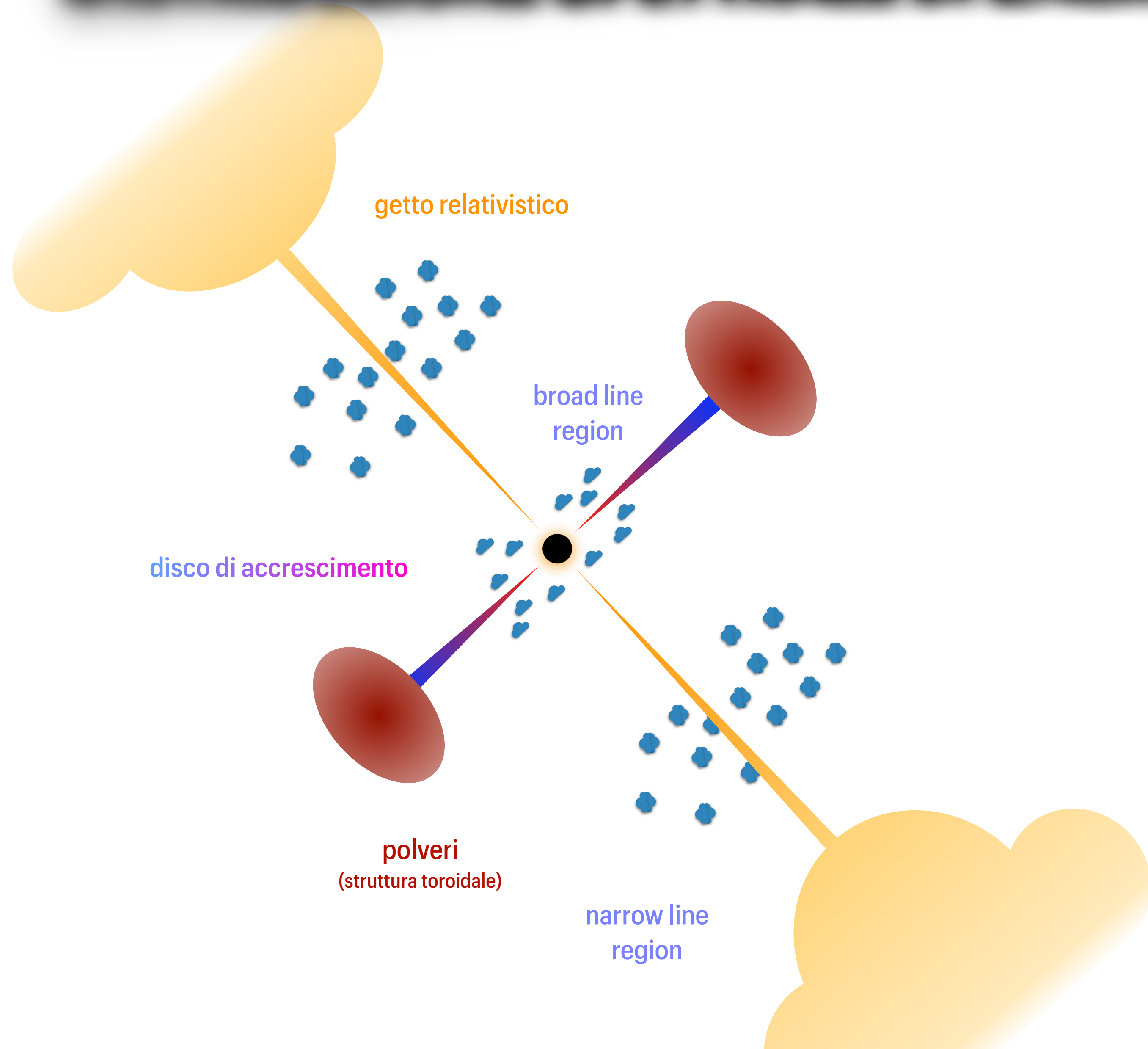
ogni colore è una classe di luminosità diversa
(= potenza intrinseca del getto)

in ogni curva:

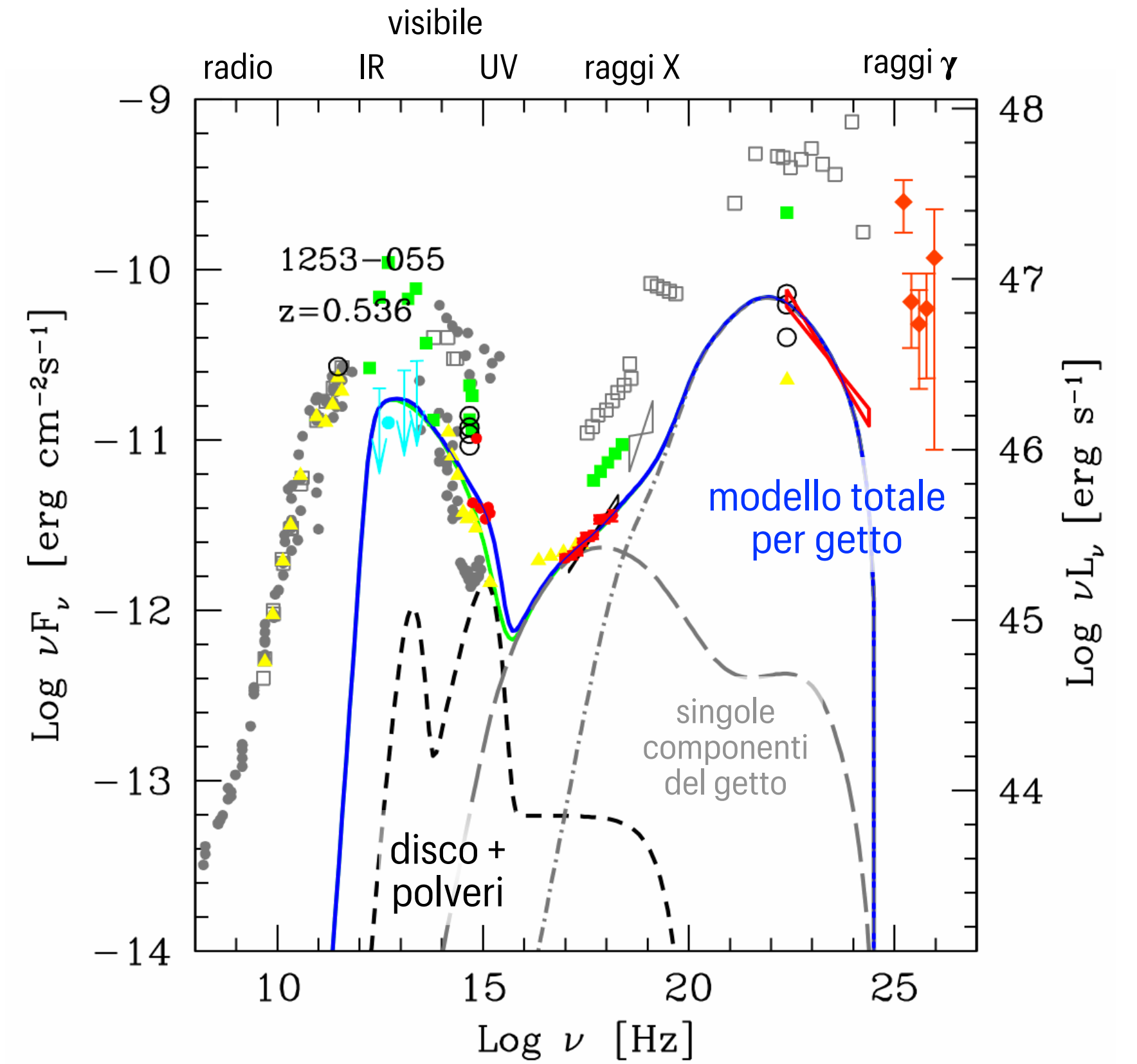
- prima gobba = sincrotrone
(particella carica accelerata in campo magnetico, accelerazione perpendicolare alla sua velocità)
- seconda gobba = Compton inverso
(particella di partenza più energetica del fotone, il fotone in uscita ha un incremento di energia)



PERCHÉ QUESTE INCERTEZZE? DISTRIBUZIONE SPETTRALE DI ENERGIA DEI BLAZAR



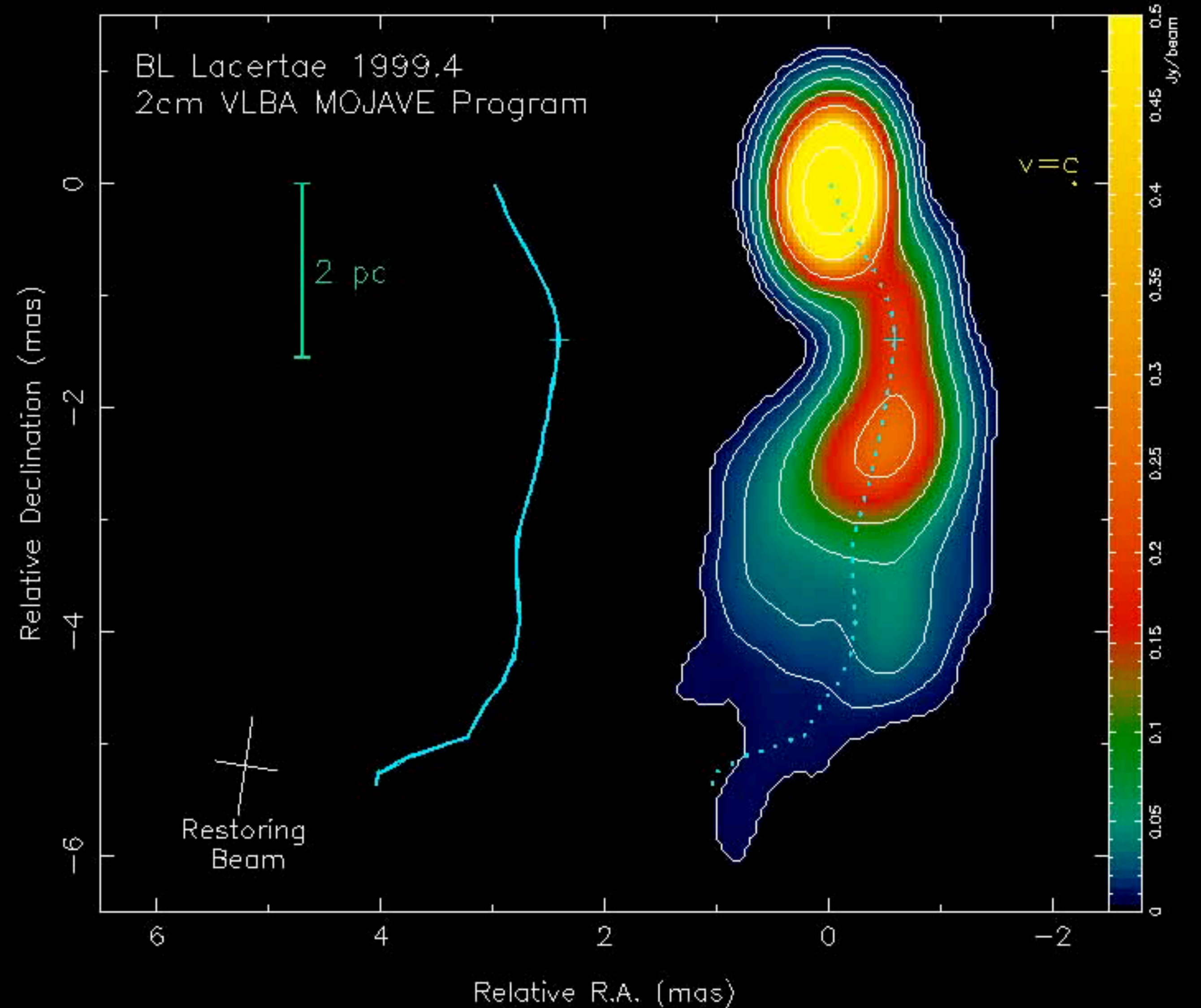
caso reale:

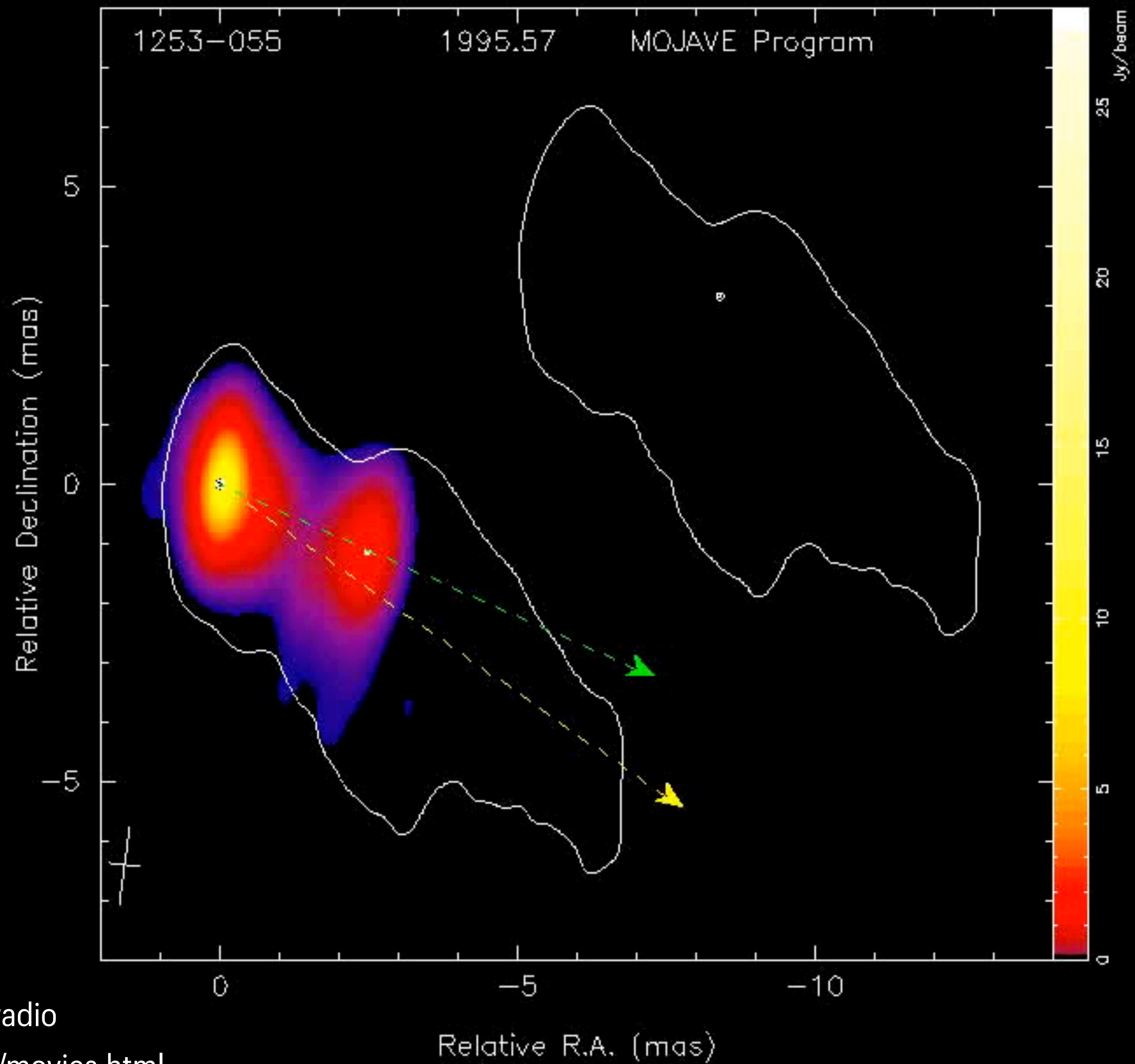


- grande variabilità su diversi tempi scala
- molte componenti contribuiscono a diverse frequenze

EVOLUZIONE DI UN GETTO RELATIVISTICO ALLINEATO

il getto si muove
apparentemente più
veloce della luce, ma è
un effetto di proiezione

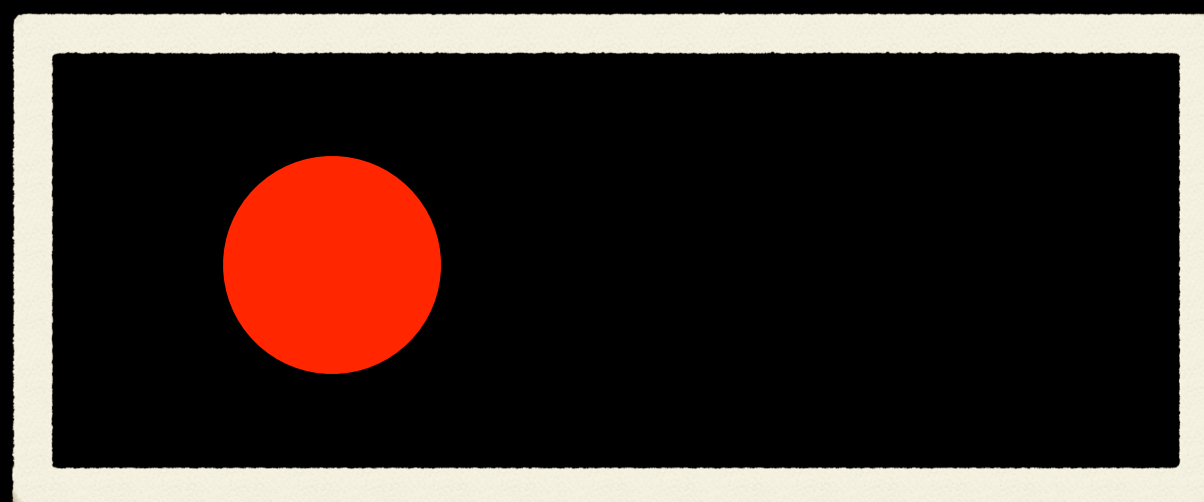
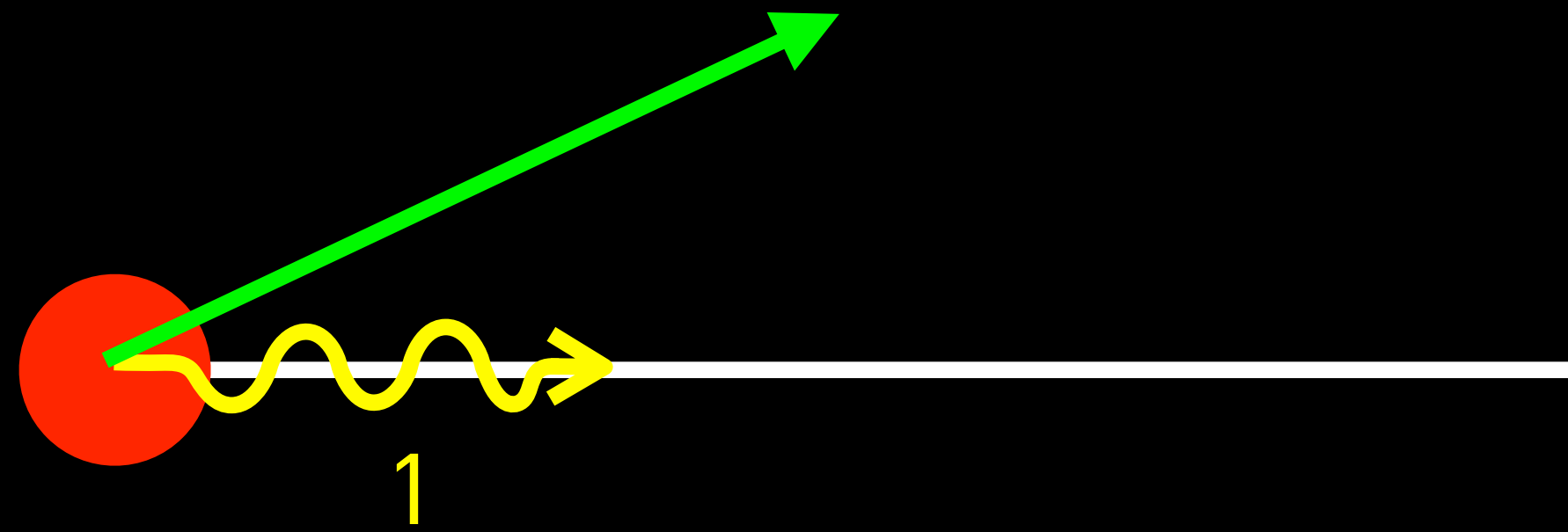




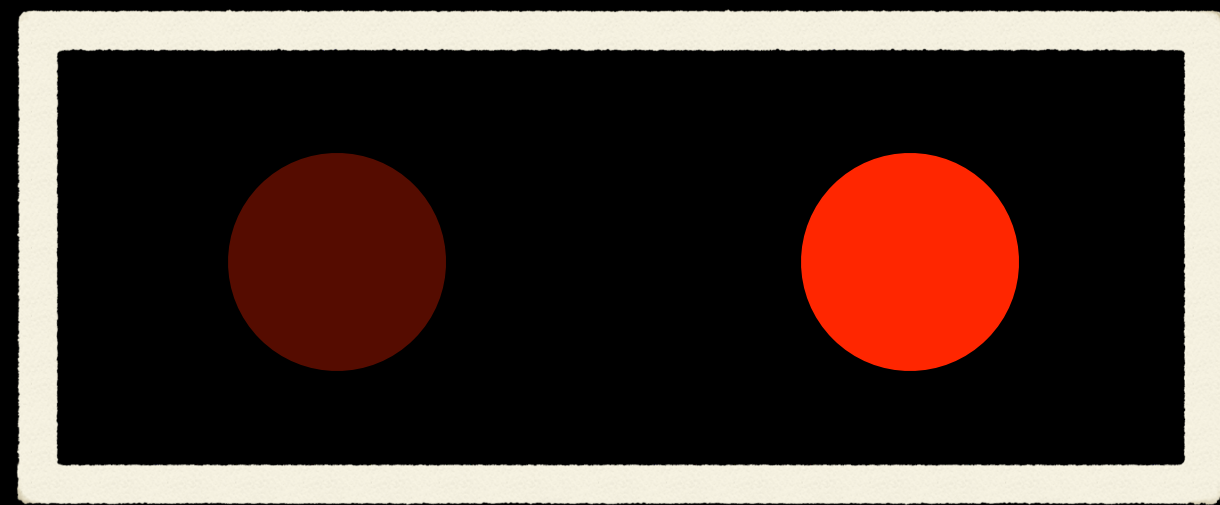
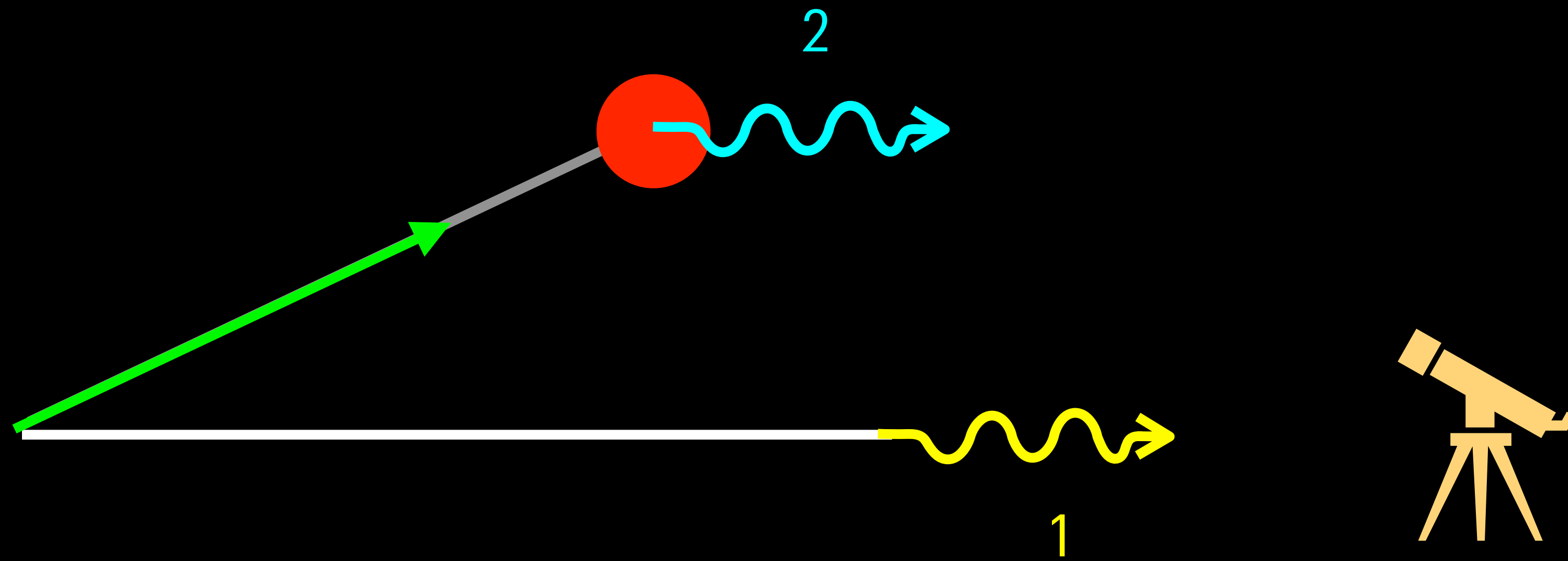
collezione video getti di blazar in radio

<https://www.cv.nrao.edu/MOJAVE/movies.html>

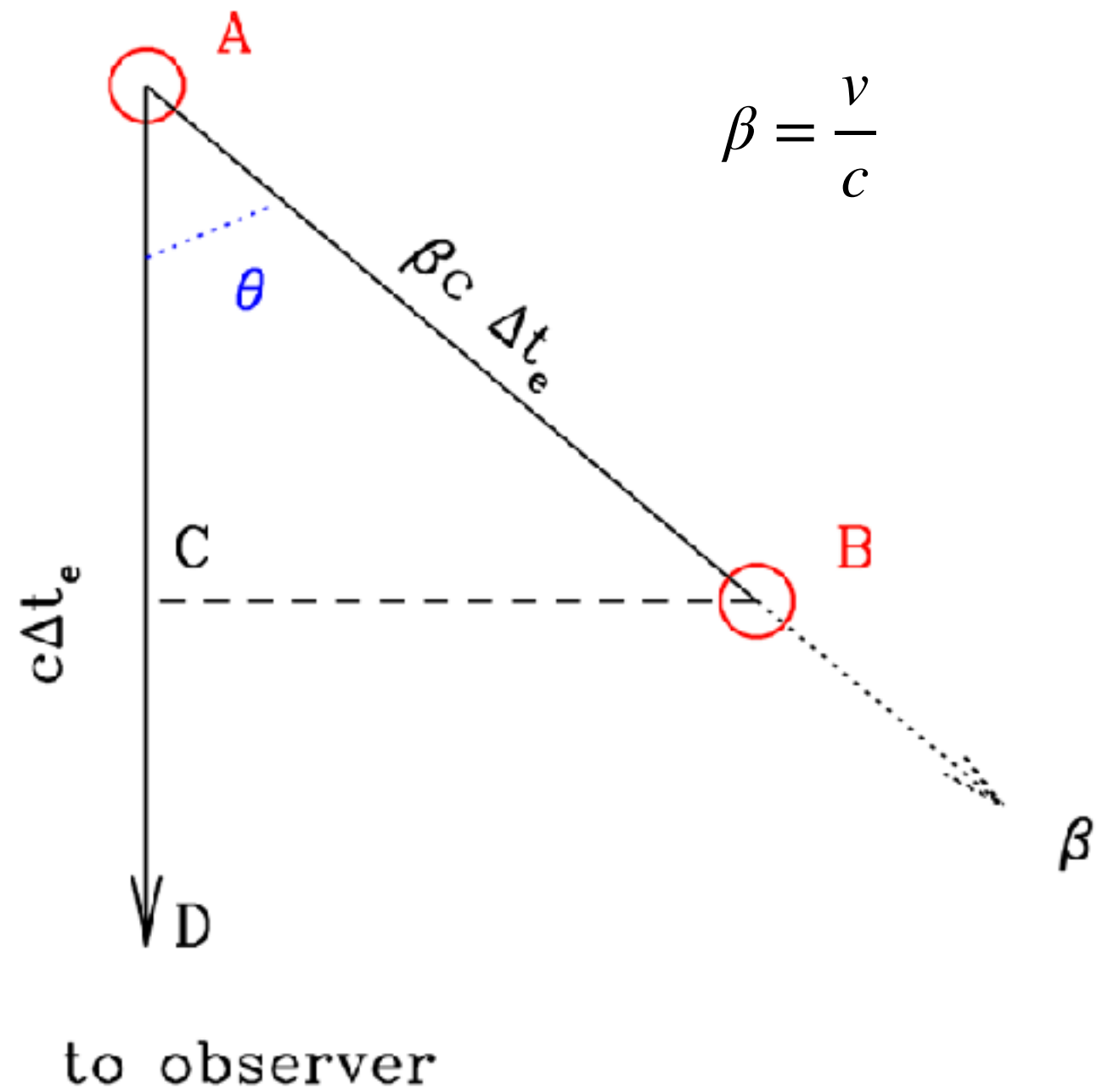
MOTO SUPERLUMINALE



MOTO SUPERLUMINALE



MOTO SUPERLUMINALE



Sorgente emette un fotone in A, poi si muove con velocità β verso B

Raggiunge B quando il fotone arriva all'osservatorio, dopo un intervallo di tempo Δt_e

In quel tempo la sorgente percorre uno spazio AB:

$$AB = \beta c \Delta t_e$$

L'osservatorio misura:

- lo spostamento CB

$$CB = \beta c \Delta t_e \sin \theta$$

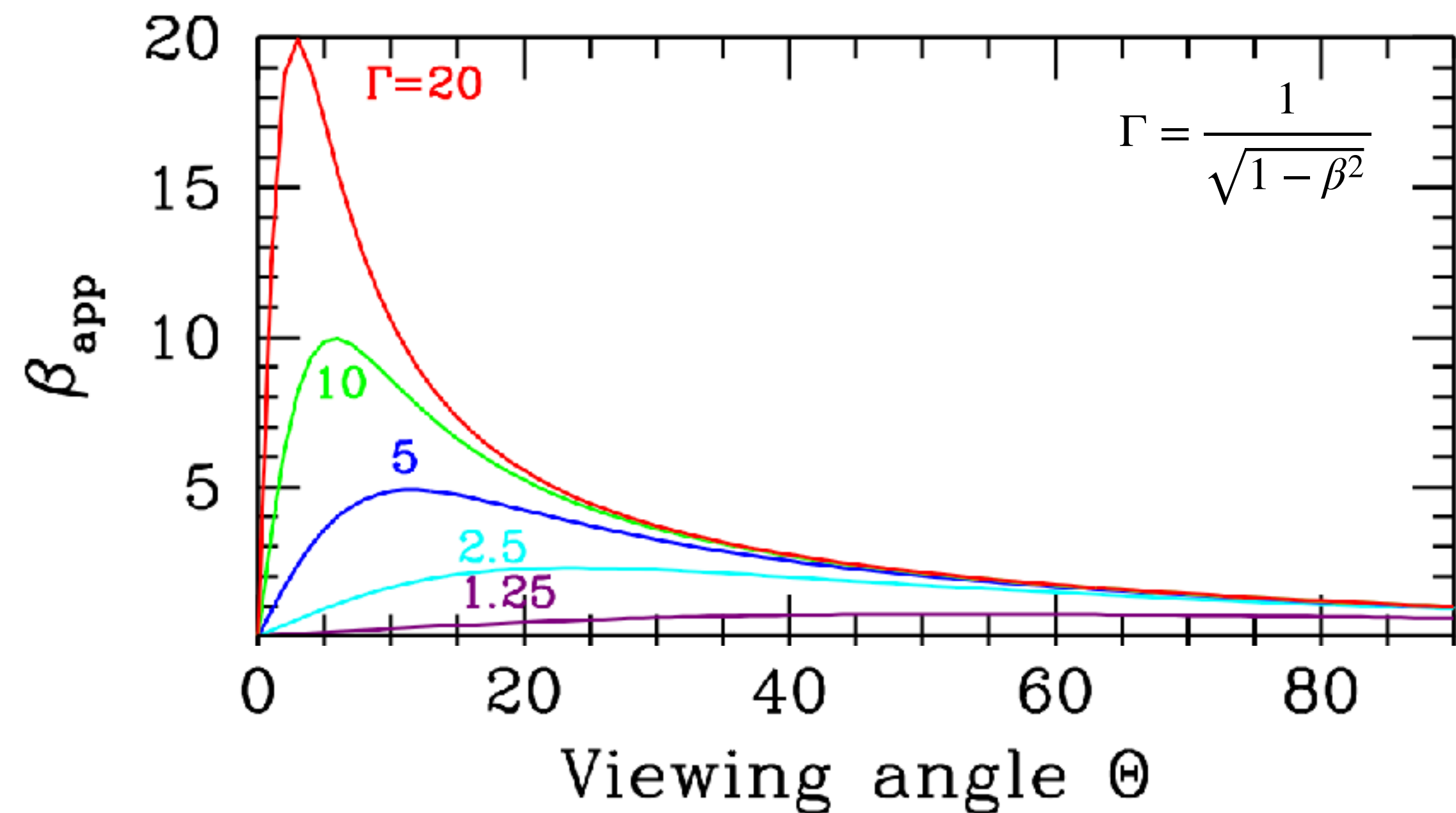
- l'intervallo di tempo osservato Δt_a

$$\Delta t_a = \frac{CD}{c} = \frac{AD - AC}{c} = \Delta t_e (1 - \beta \cos \theta)$$

La velocità apparente che viene misurata è

$$v_{\text{app}} = \frac{CB}{\Delta t_a} = \frac{\beta c \Delta t_e \sin \theta}{\Delta t_e (1 - \beta \cos \theta)} \longrightarrow \beta_{\text{app}} = \frac{\beta \sin \theta}{1 - \beta \cos \theta}$$

e può essere maggiore della velocità della luce!





lobo:
impatto della testa del getto con
il mezzo intergalattico