

Introduction à la Cosmologie

Pierre Boccard

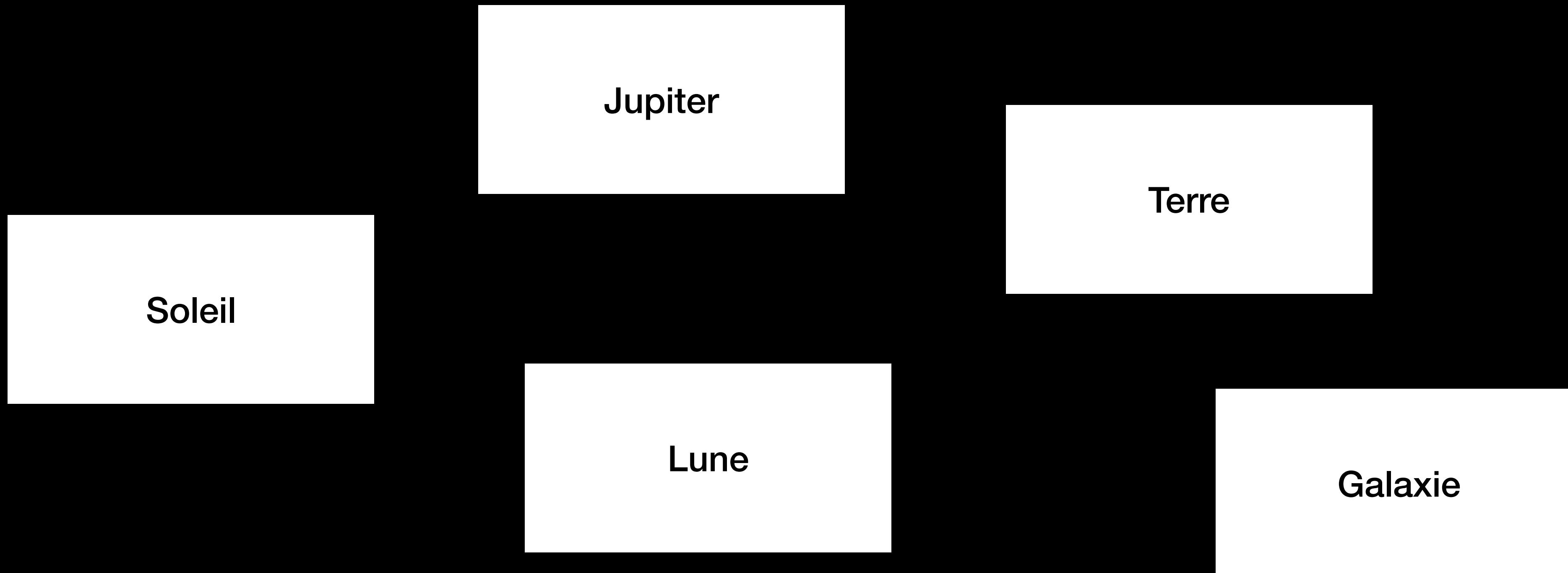
Où sommes nous dans l'Univers ?

Les échelles cosmiques



Plus petit

Plus grand



Les échelles cosmiques



Plus petit

Plus grand

Lune

Terre

Jupiter

Soleil

Galaxie

Les échelles cosmiques

Les échelles cosmiques

Diamètre Terre

12 742 km

Lune - Terre

384 400 km

1 seconde-lumière

Soleil - Terre

150 millions de km

8 min 20 sec-lumière

Soleil - Proxima du Centaure

4 années-lumière

Diamètre Voie Lactée

105 700 années-lumière

Galaxie Andromède

2 millions d'années-lumière

Univers observable

93 milliard d'années-lumière

clide

Les échelles cosmiques

Diamètre Terre

12 742 km

Lune - Terre

384 400 km

1 seconde-lumière

Soleil - Terre

150 millions de km

8 min 20 sec-lumière

Soleil - Proxima du Centaure

4 années-lumière

Diamètre Voie Lactée

105 700 années-lumière

Galaxie Andromède

2 millions d'années-lumière

Univers observable

93 milliard d'années-lumière

clide

C'est quoi ?



C'est quoi ?



La Voie Lactée

C'est quoi ?



La Voie Lactée



C'est quoi ?

La Voie Lactée

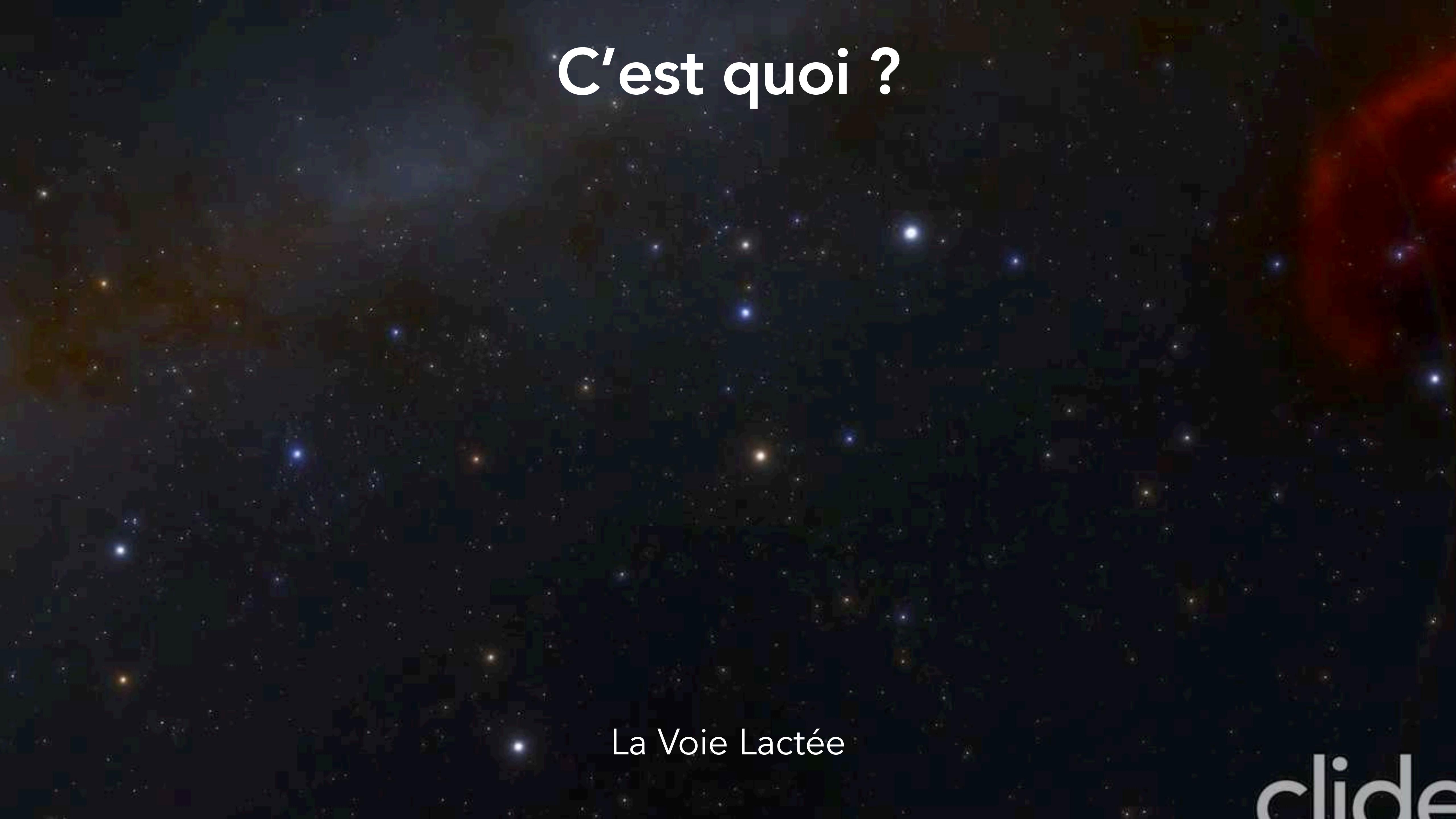
clide



C'est quoi ?

La Voie Lactée

clide

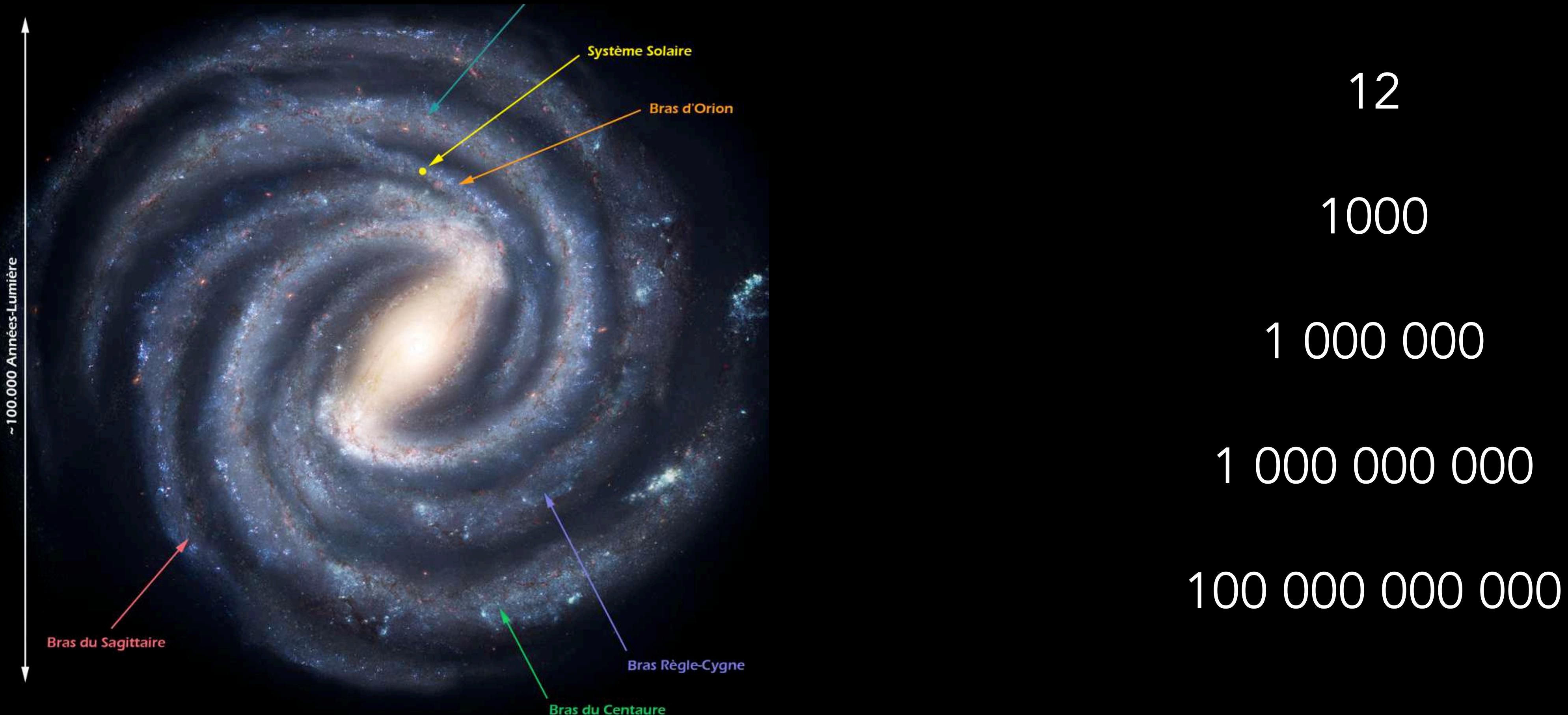


C'est quoi ?

La Voie Lactée

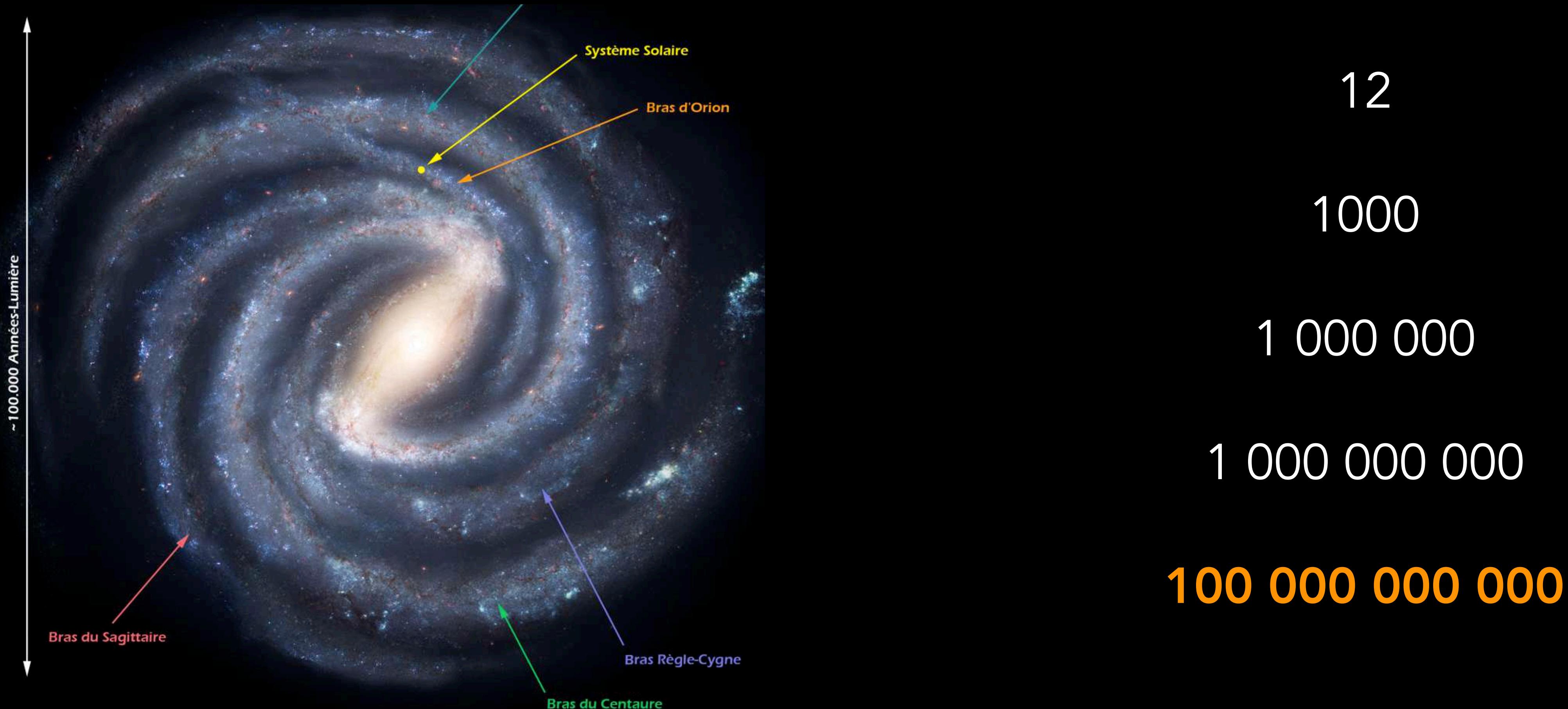
clide

Combien d'étoiles dans notre Galaxie ?



La Voie Lactée

Combien d'étoiles dans notre Galaxie ?



La Voie Lactée

Est-ce qu'il y a autre chose que des étoiles ?



Est-ce qu'il y a autre chose que des étoiles ?



Charles Messier
@Username

Ceci n'est pas une comète!

12:00 PM · Jul 3, 1781

50 Retweets 12 Quote Tweets 8 Likes



Les nébuleuses de Messier



Charles Messier
@Username

Ceci n'est pas une comète!

12:00 PM · Jul 3, 1781

50 Retweets 12 Quote Tweets 8 Likes



M57 - Restes d'une explosion d'étoile

Les nébuleuses de Messier



Charles Messier
@Username

Ceci n'est pas une comète!

12:00 PM · Jul 3, 1781

50 Retweets 12 Quote Tweets 8 Likes



M45 - Les Pleiades



Les nébuleuses de Messier



Charles Messier

@Username

Ceci n'est pas une comète!

12:00 PM · Jul 3, 1781

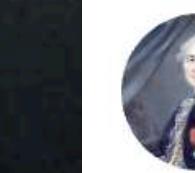
50 Retweets 12 Quote Tweets 8 Likes



M15 - Amas d'étoiles



Les nébuleuses de Messier



Charles Messier

@Username

Ceci n'est pas une comète!

12:00 PM · Jul 3, 1781

50 Retweets 12 Quote Tweets 8 Likes



M16 - Nebuleuse de l'aigle



Les nébuleuses de Messier

A dark, grainy image of a nebula, likely the same one as M16, with a Twitter post overlay. The nebula is a faint, diffuse cloud of gas and dust against a dark background. A small white box is overlaid on the image, containing a portrait of Charles Messier and a tweet from his account.

Charles Messier
@Username

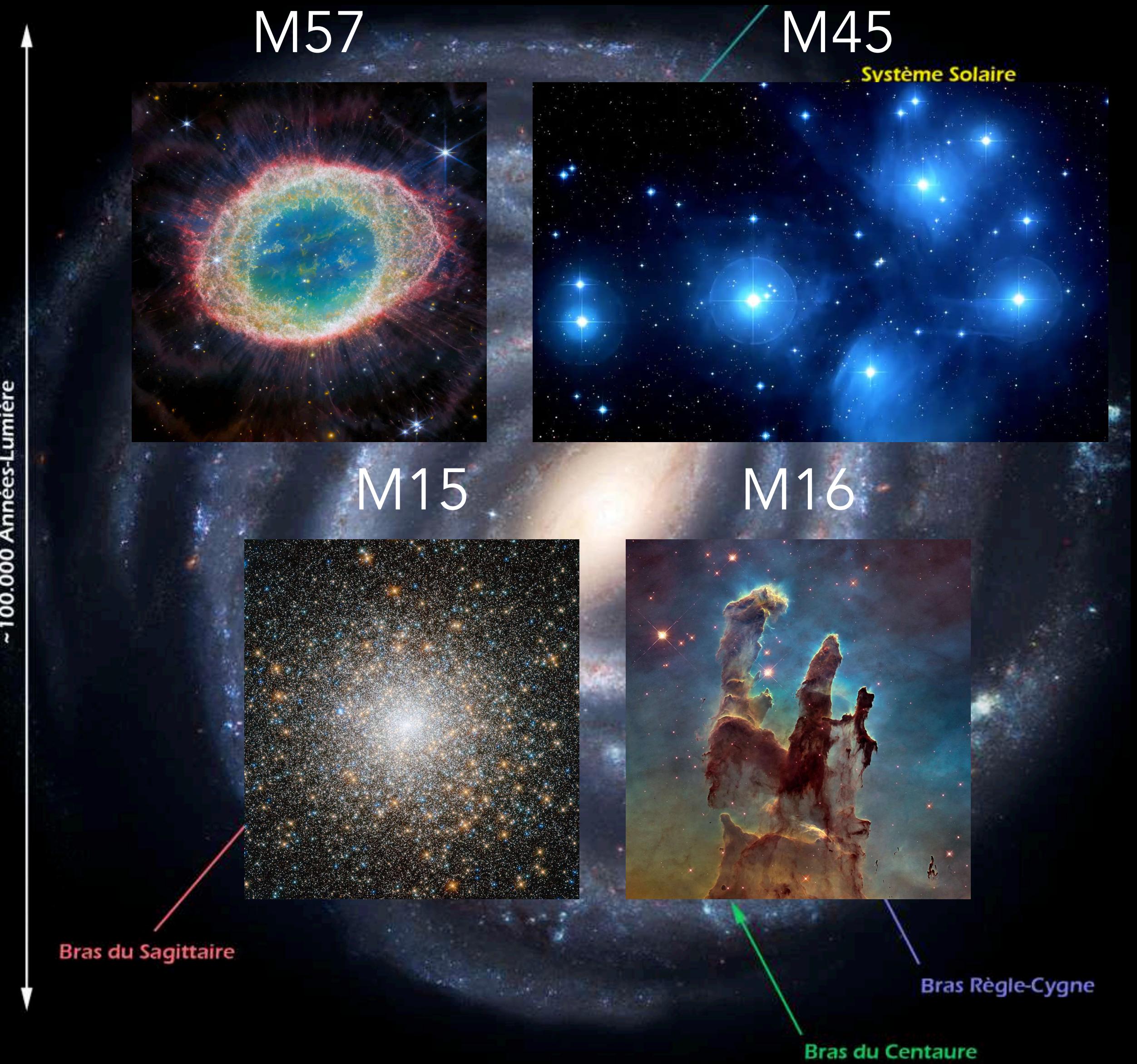
Ceci n'est pas une comète!

12:00 PM · Jul 3, 1781

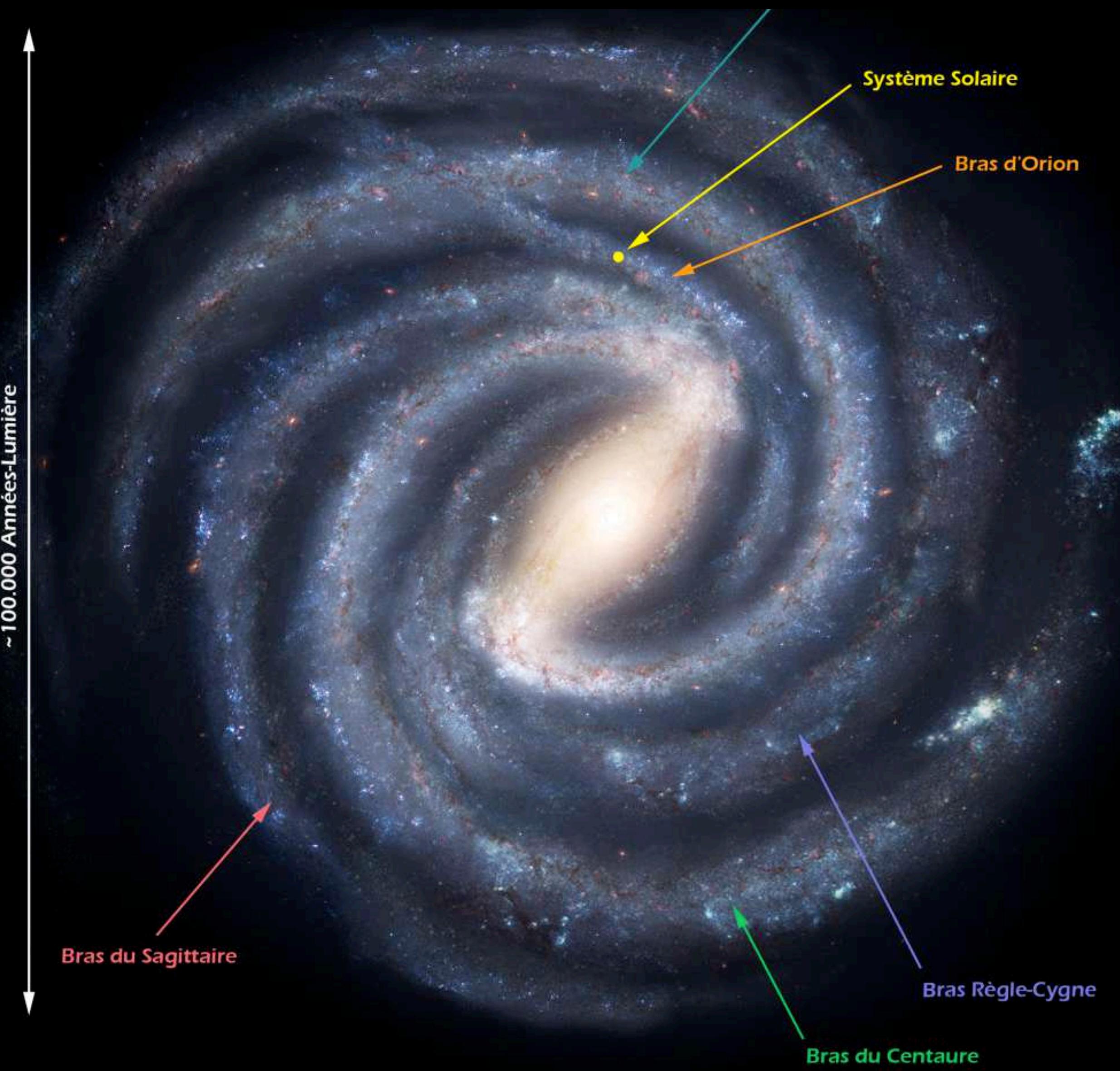
50 Retweets 12 Quote Tweets 8 Likes

Comment Reply Like Share

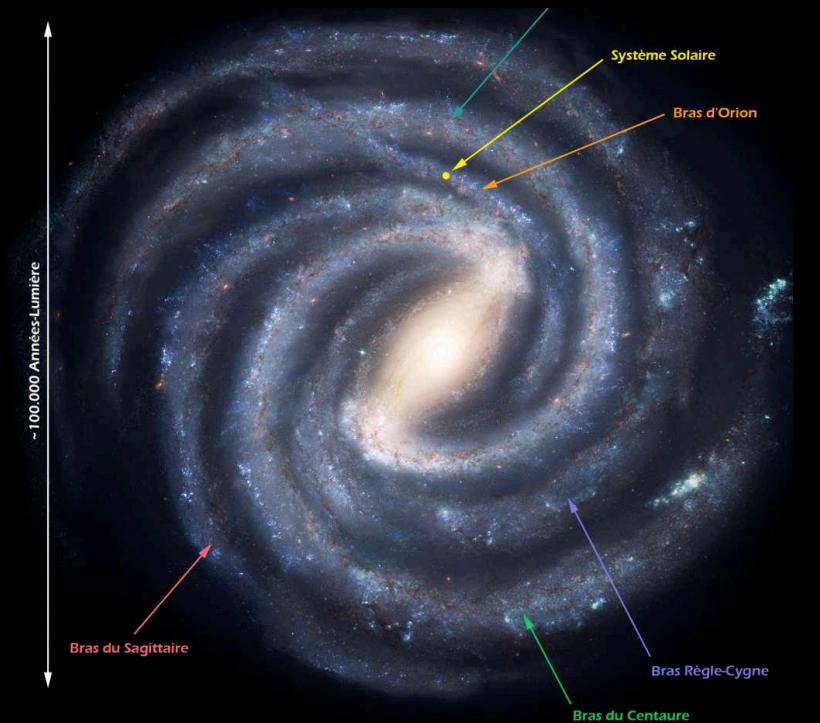
Qu'est-ce qu'il y a au-delà ?



Qu'est-ce qu'il y a au-delà ?



Qu'est-ce qu'il y a au-delà ?

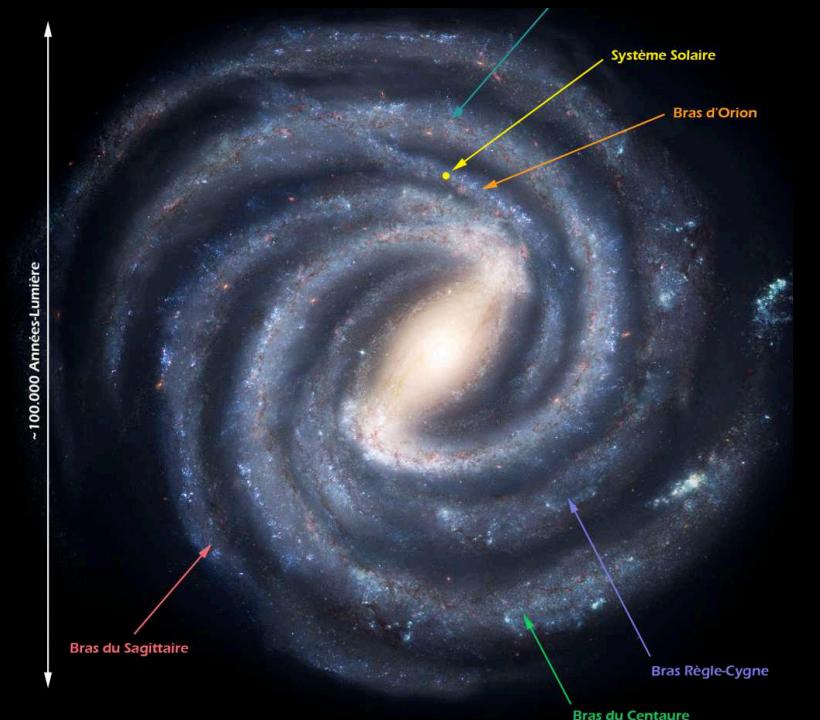


La Voie Lactée



Une autre galaxie comme la nôtre !

Qu'est-ce qu'il y a au-delà ?



La Voie Lactée

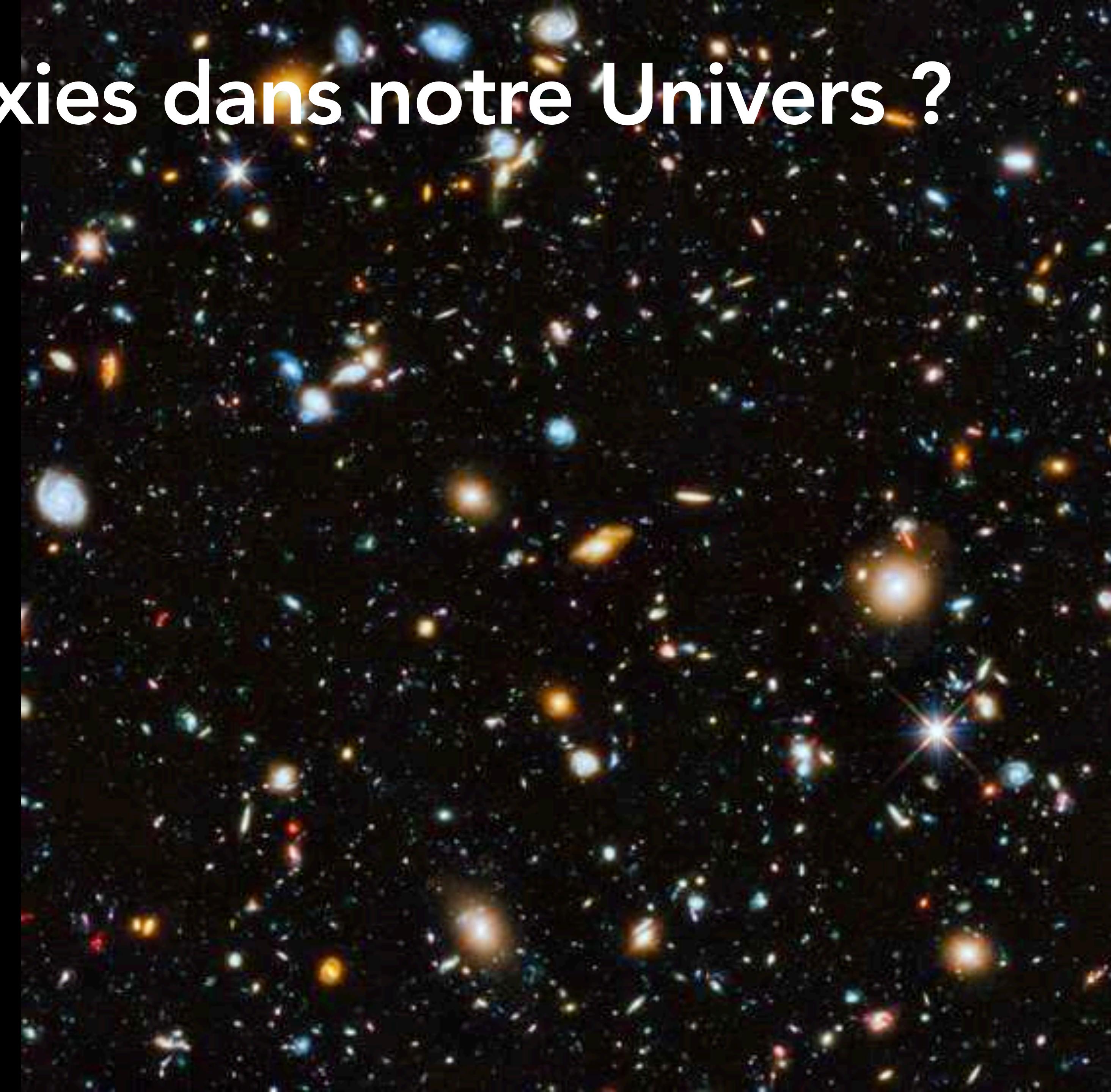


M31 - Galaxie d'Andromède

Une autre galaxie comme la nôtre !

Combien de galaxies dans notre Univers ?

- 12
- 1000
- 1 000 000 (million)
- 1 000 000 000 (milliard)
- 500 000 000 000
- 1 000 000 000 000 (billion)
- 1 000 000 000 000 (billiard)



Combien de galaxies dans notre Univers ?

12

1000

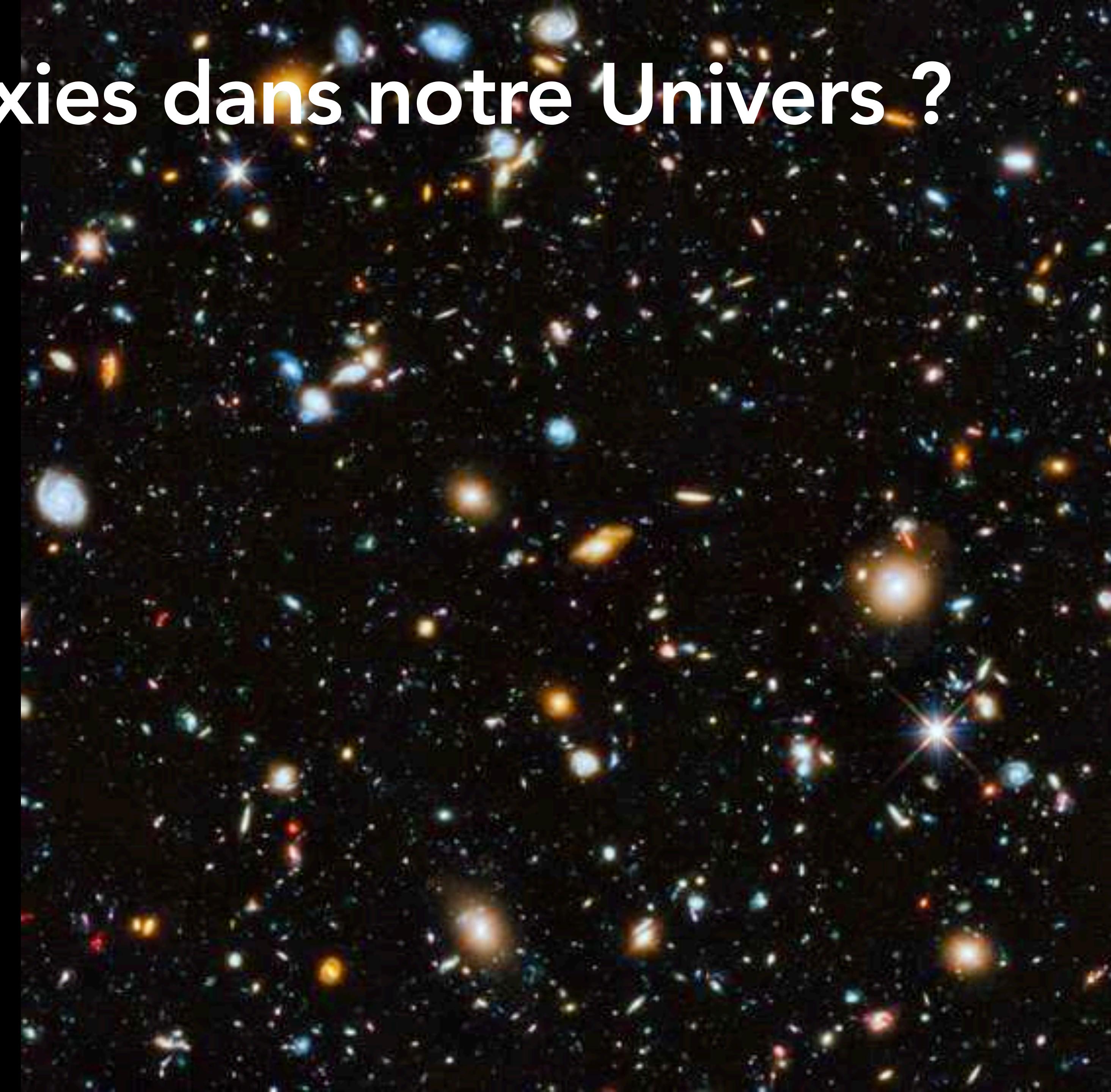
1 000 000 (million)

1 000 000 000 (milliard)

500 000 000 000

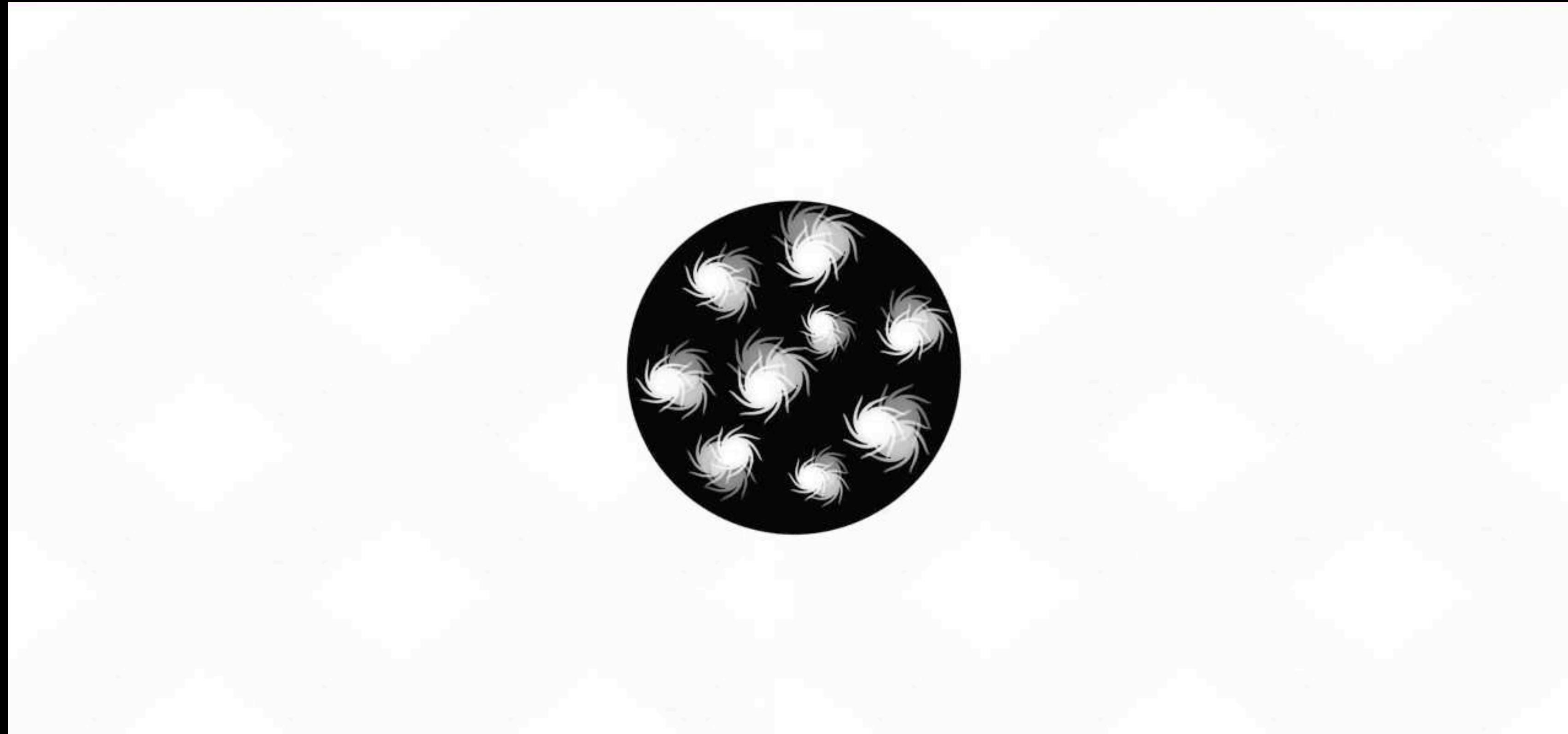
1 000 000 000 000 (billion)

1 000 000 000 000 000 (billiard)



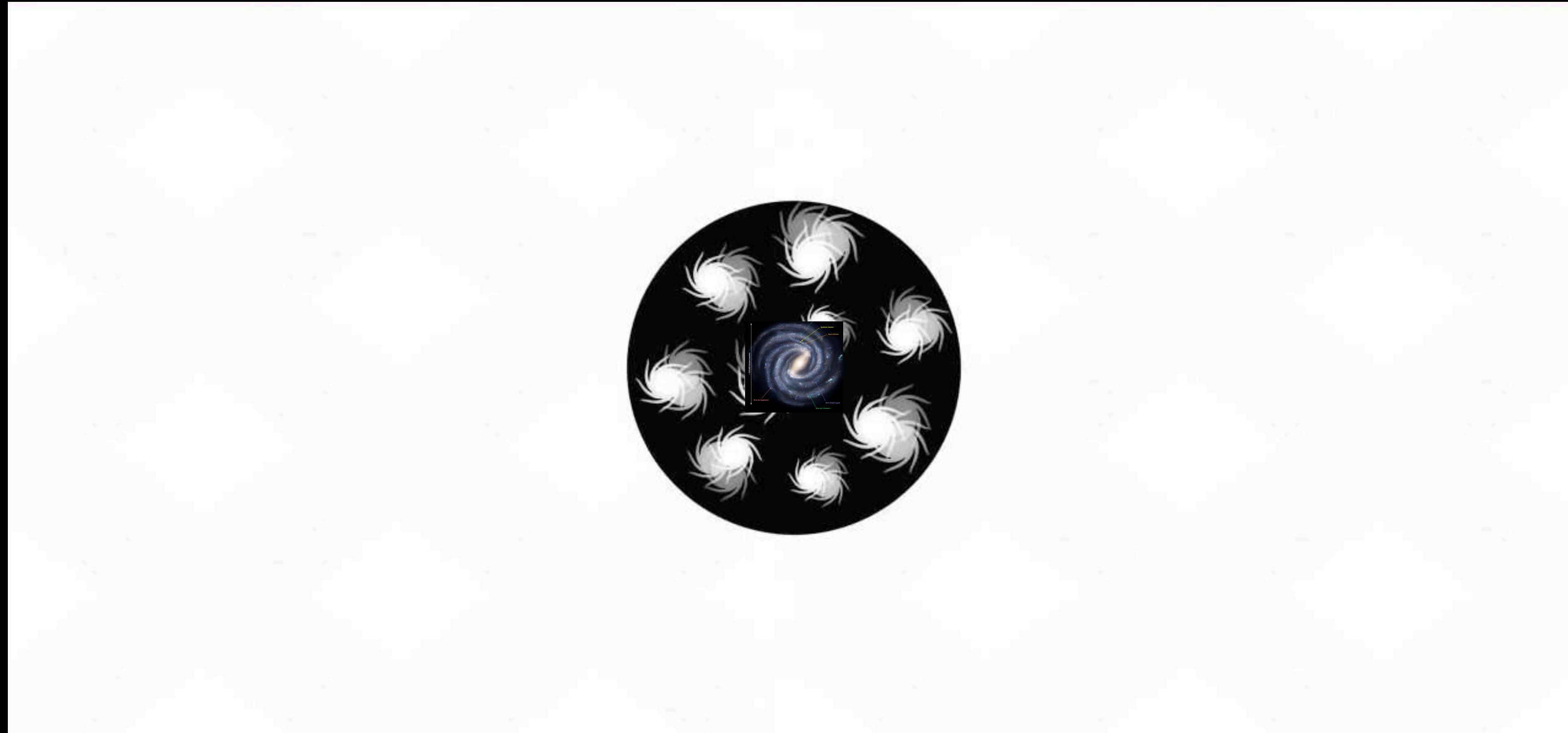
L'expansion de l'Univers

L'expansion de l'Univers



Distance entre galaxies augmente...

L'expansion de l'Univers



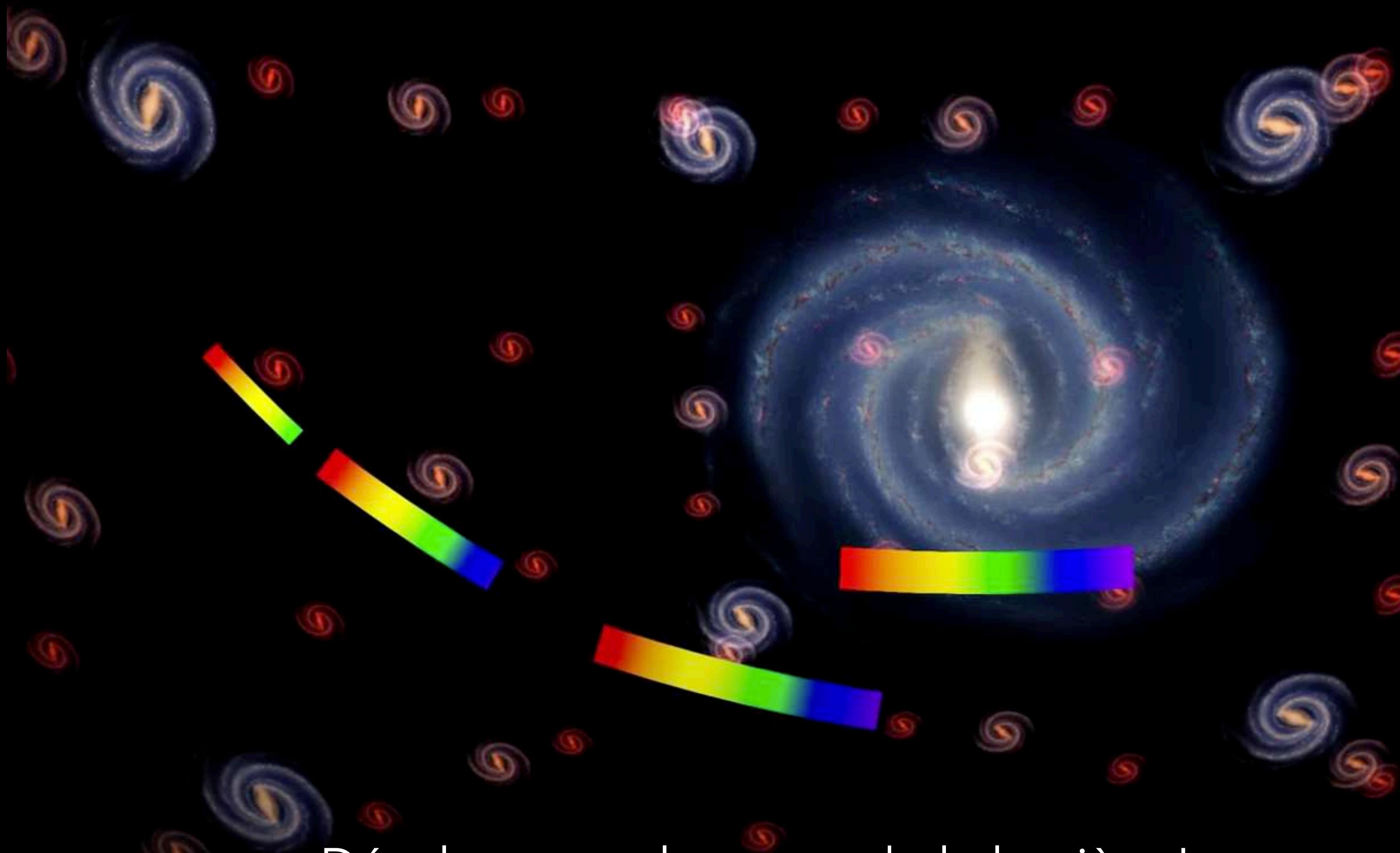
Distance entre galaxies augmente...

L'expansion de l'Univers



Distance entre galaxies augmente...
... et les plus lointaines vont plus vite !

L'expansion de l'Univers



Décalage vers le rouge de la lumière !

L'expansion de l'Univers

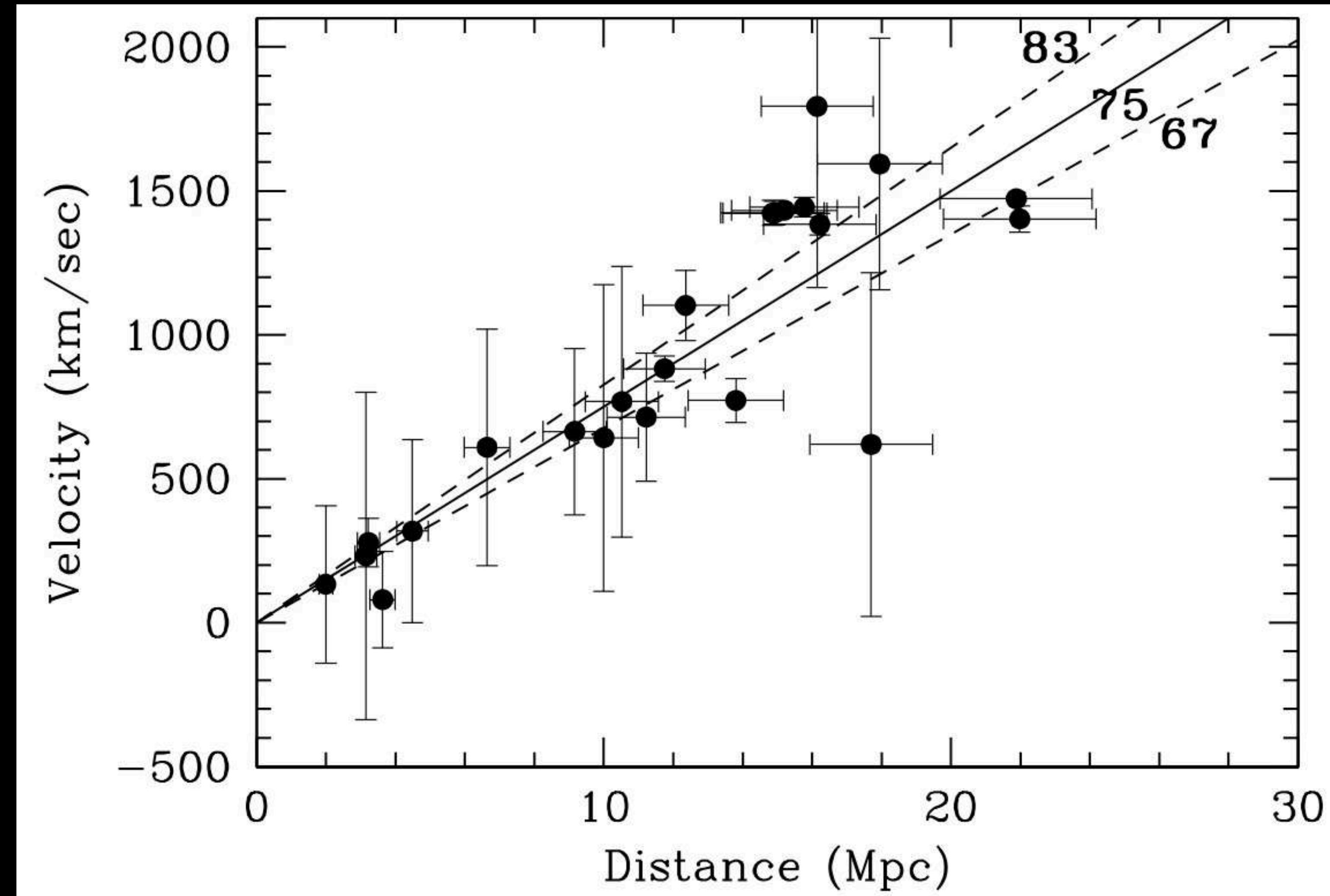


Effet Doppler du son et de la lumière

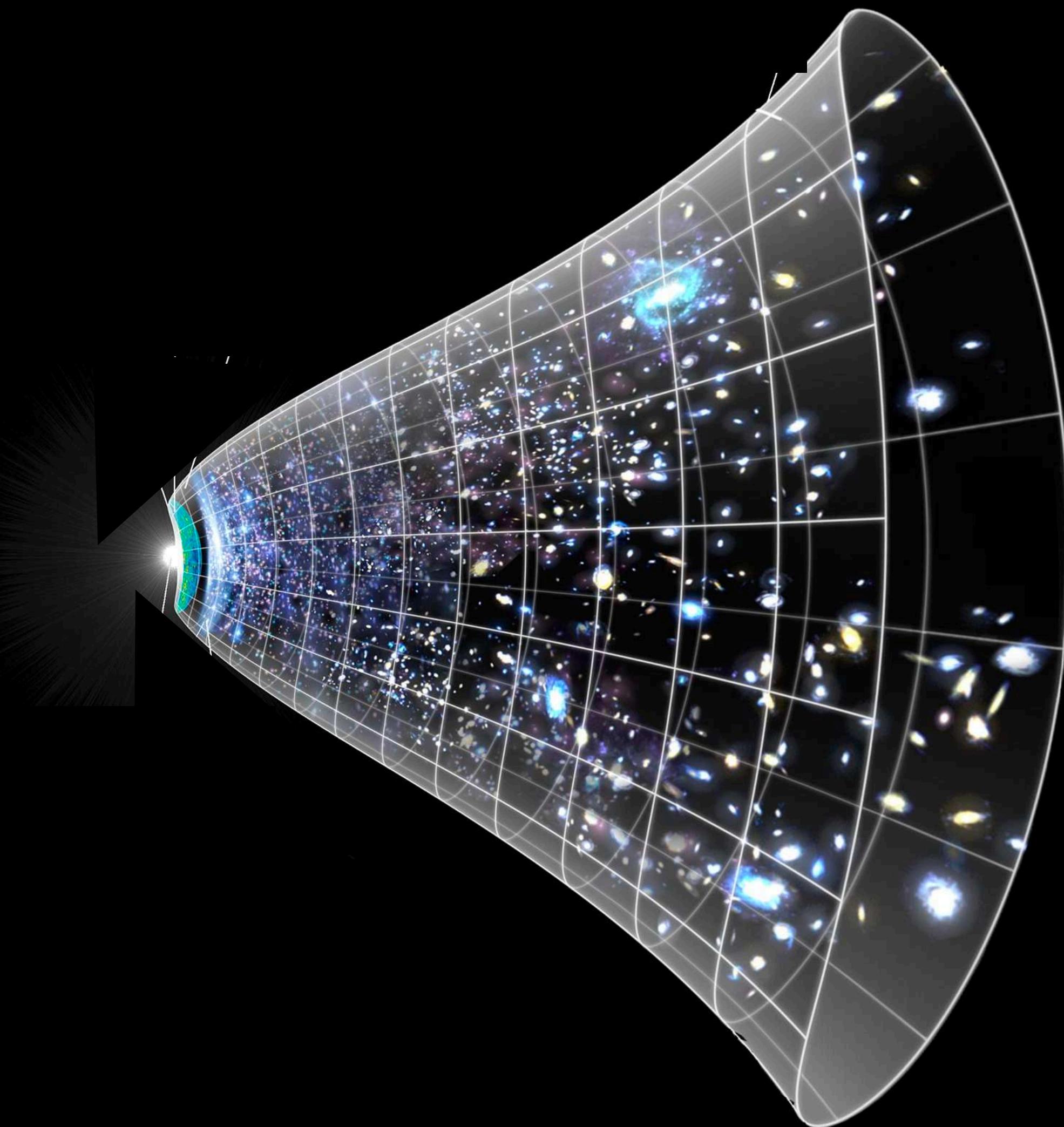
Extrait de ScienceClic

L'expansion de l'Univers

Vitesse en km/s
(décalage vers le rouge)



1 Mpc = 3 millions d'années lumière



Observations



Théorie

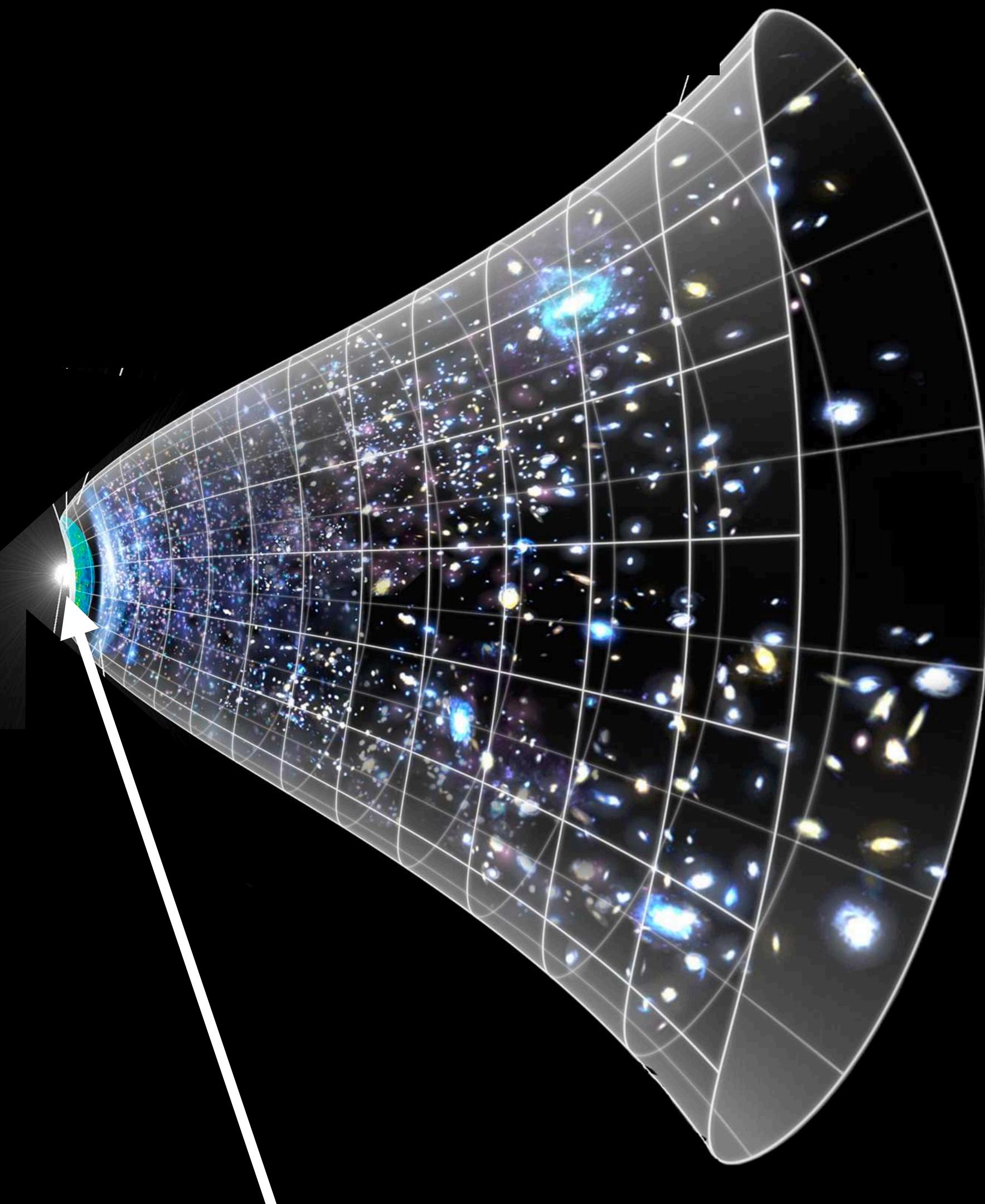


Georges Gamow
@GG

Mais du coup si l'univers grandit, ça voudrait ti pas dire
que avant il était tout petit?

12:00 PM · Jul 3, 1946





Big Bang ?

Observations



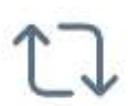
Théorie



Georges Gamow
@GG

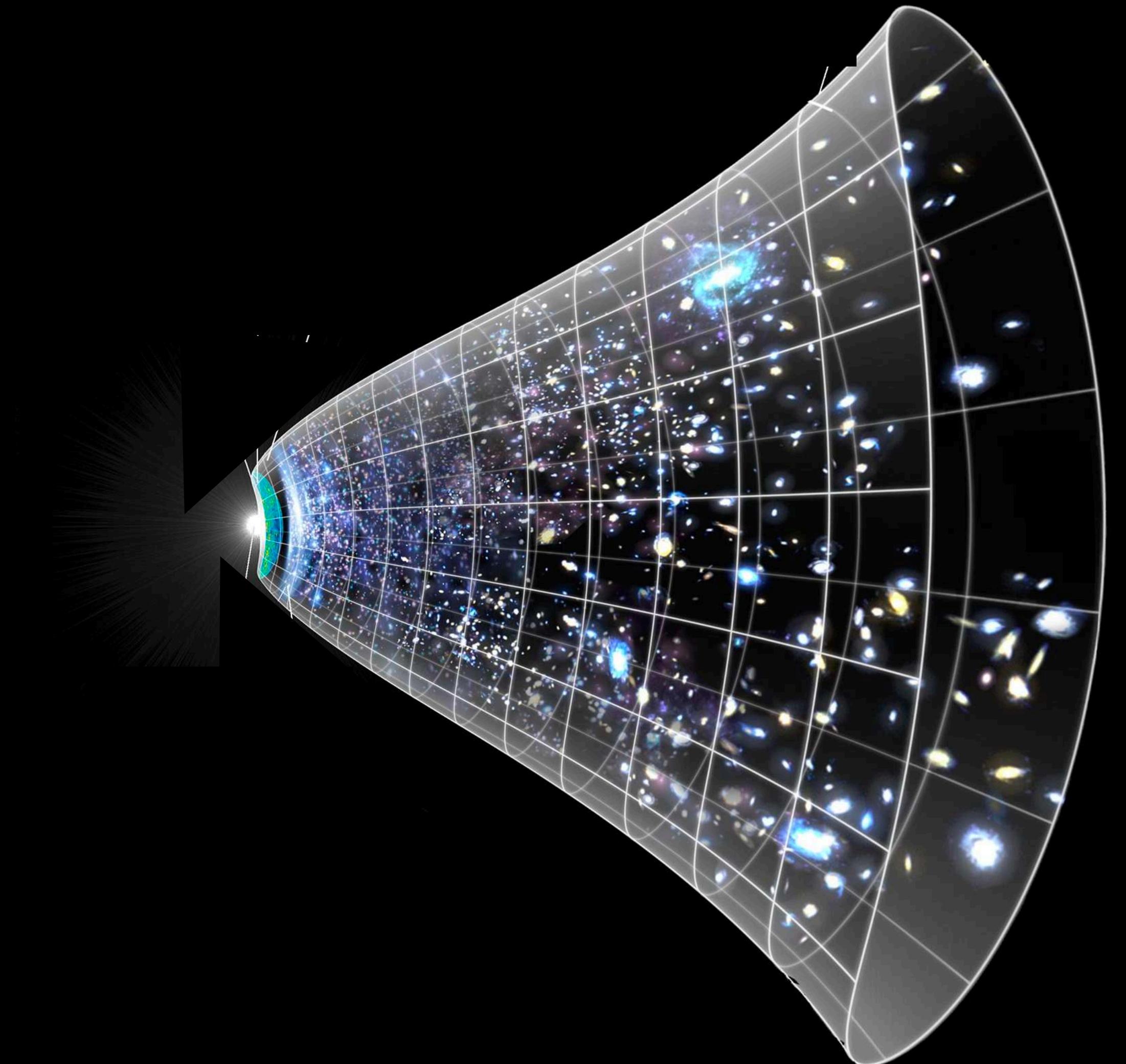
Mais du coup si l'univers grandit, ça voudrait ti pas dire
que avant il était tout petit?

12:00 PM · Jul 3, 1946



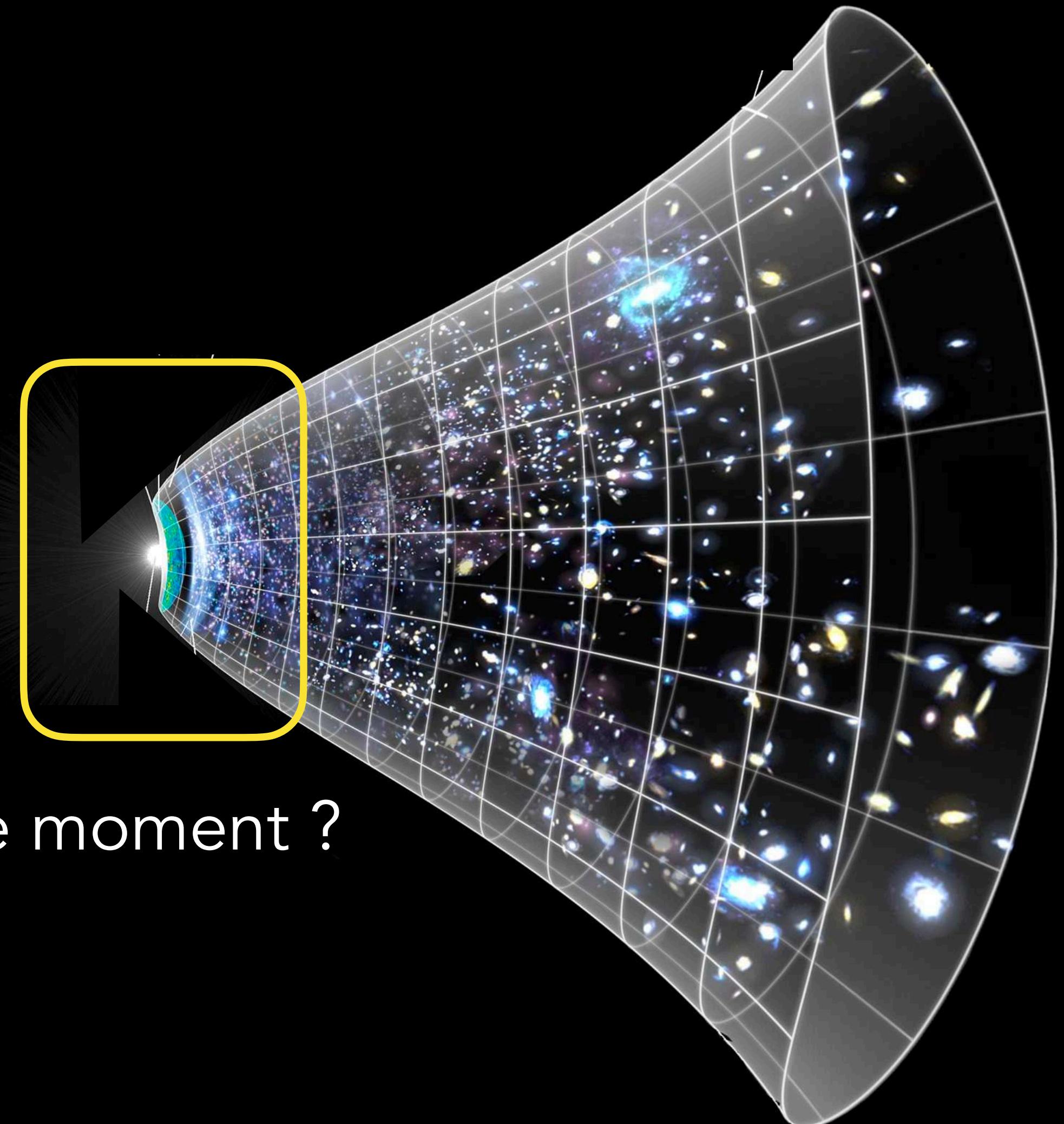
Et pour le Big Bang ?

Observations → Théorie → Test → Observations



Et pour le Big Bang ?

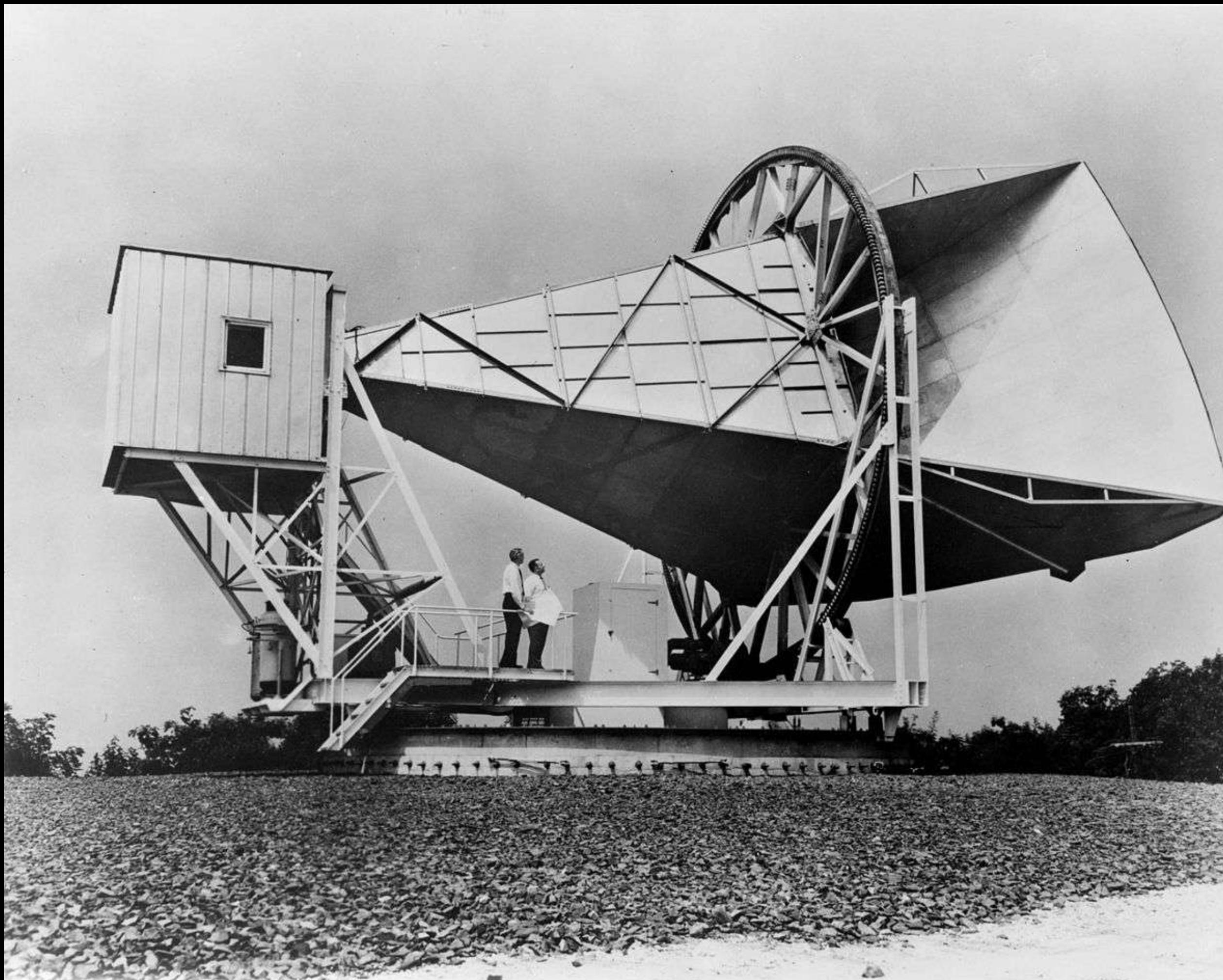
Observations → Théorie → Test → Observations



Peut-on observer ce moment ?

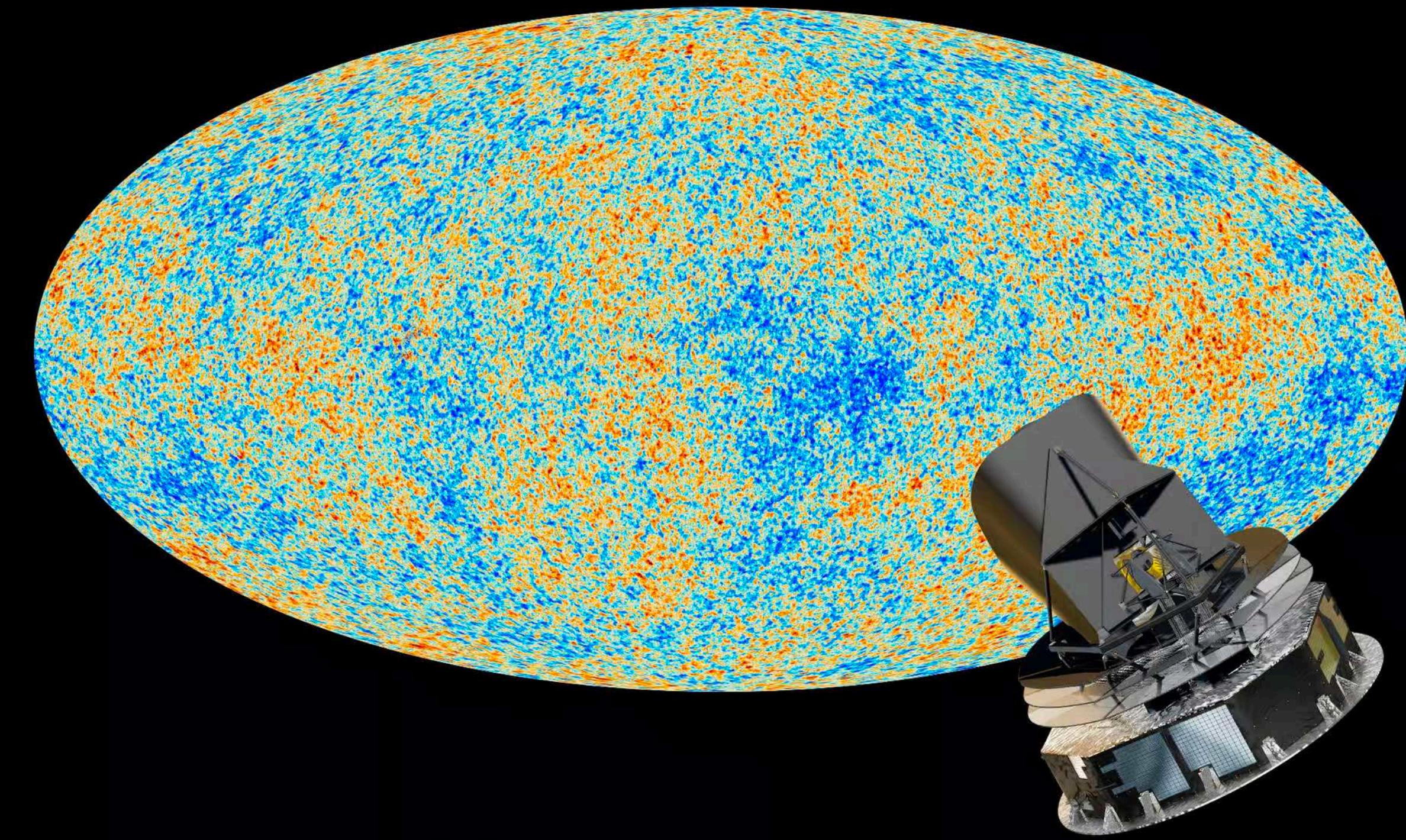
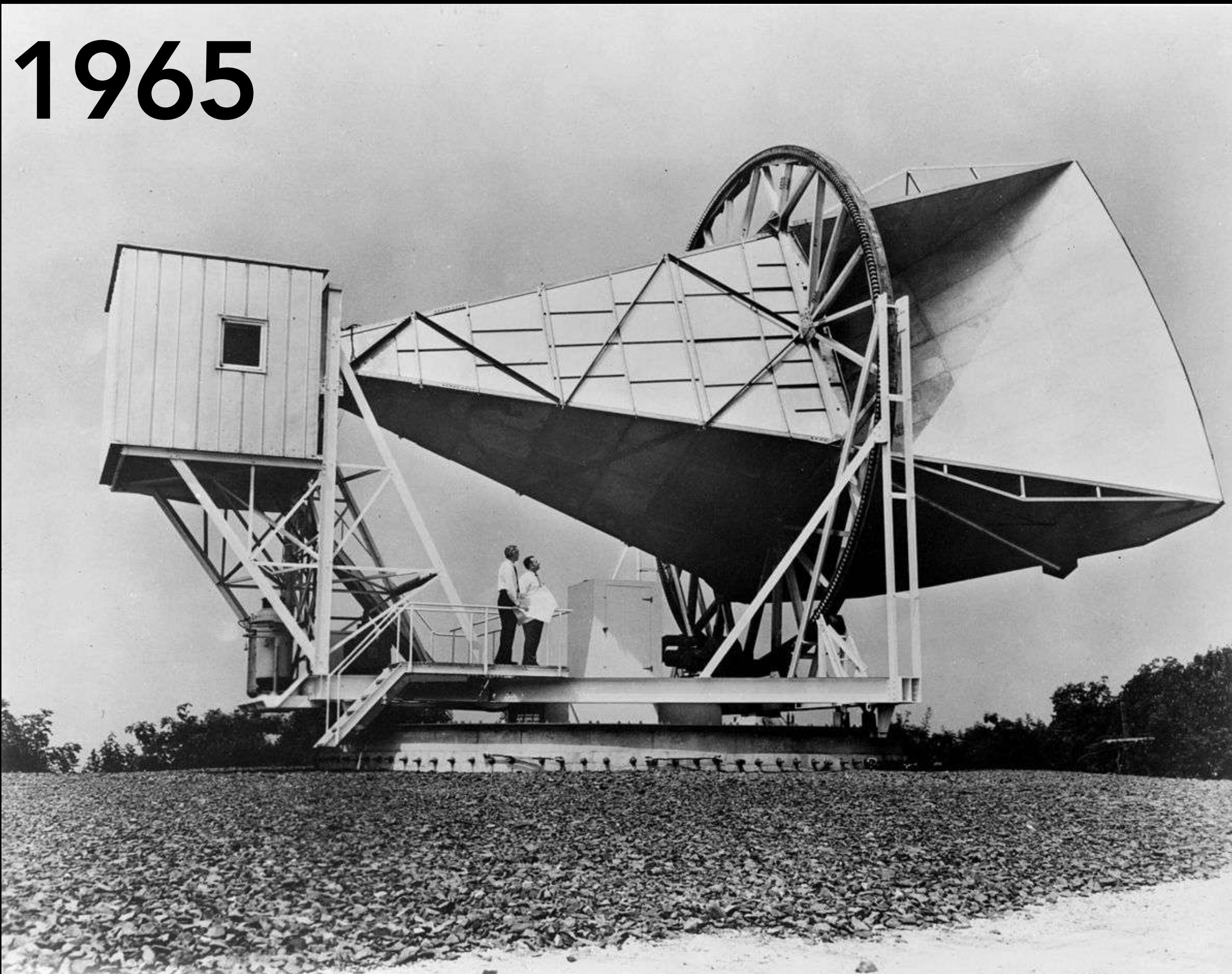
Et pour le Big Bang ?

Observations ————— Théorie ————— Test ————— Observations



Et pour le Big Bang ?

Observations ————— Théorie ————— Test ————— Observations



Fond diffus cosmologique
par le satellite Planck

Les mystères de l'Univers

Quelle est la nature de la Matière Noire?

Les mystères de l'Univers

Quelle est la nature de la Matière Noire?

Qu'est l'énergie Noire?

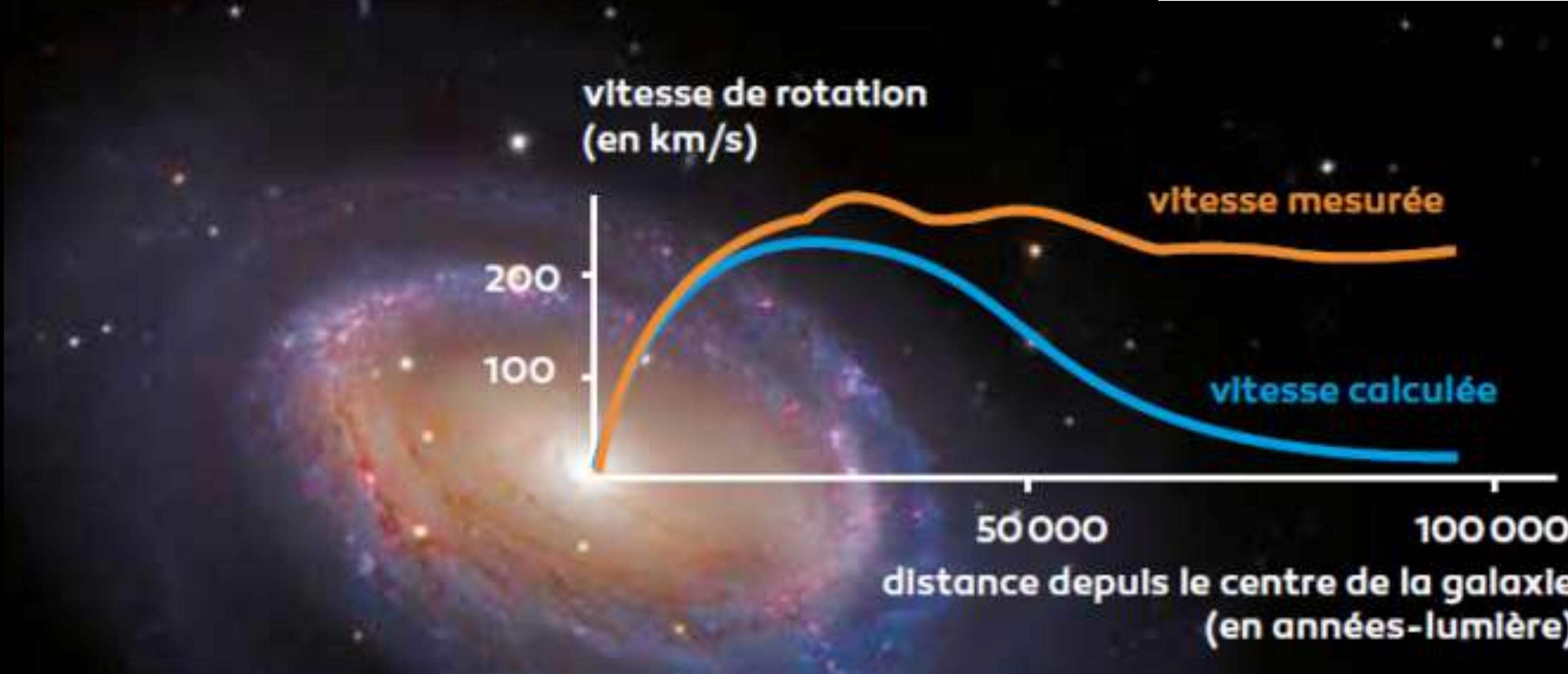
Les mystères de l'Univers

Quelle est la nature de la Matière Noire?

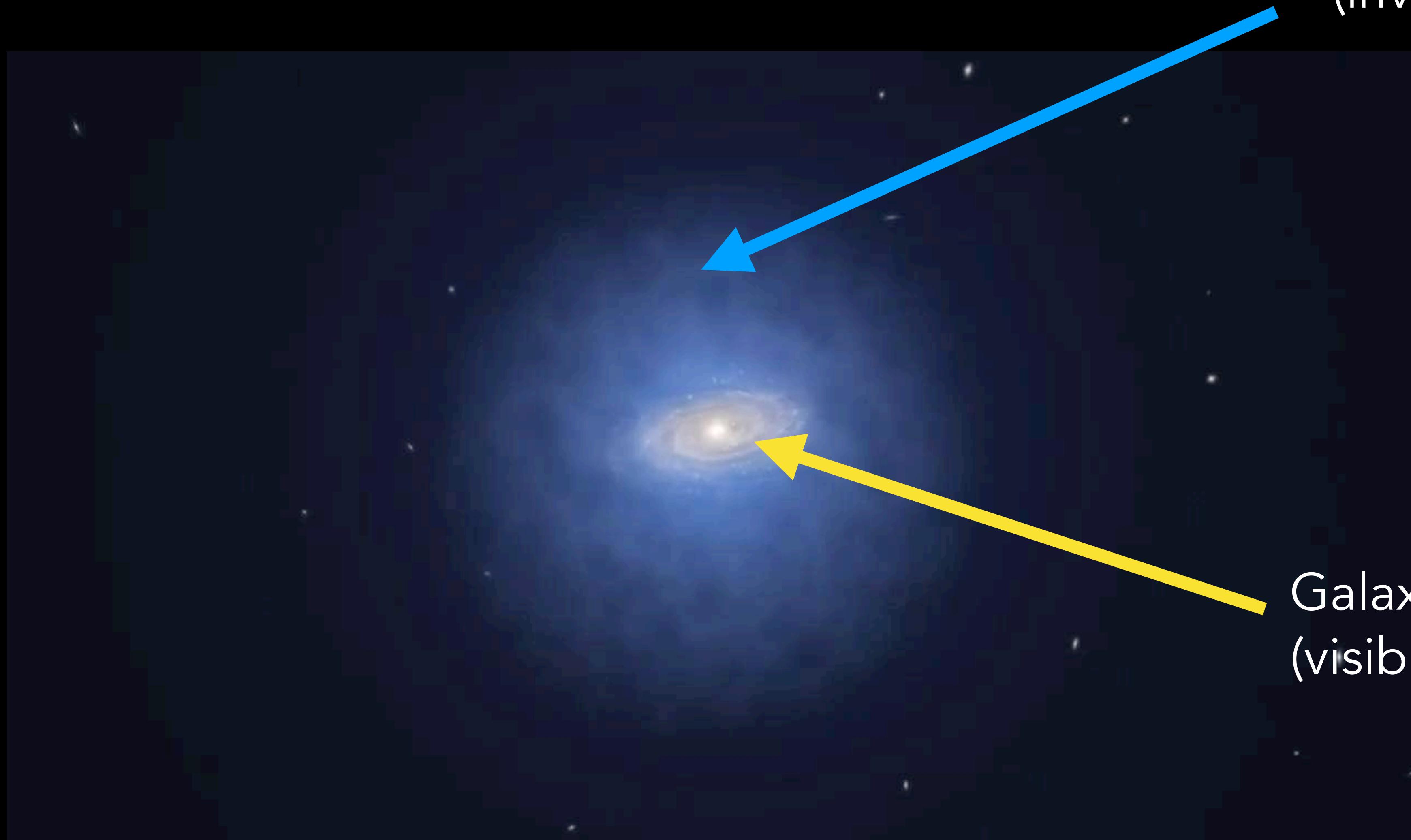
Qu'est l'énergie Noire?

Et les trous noirs dans tout ça?

La matière noire



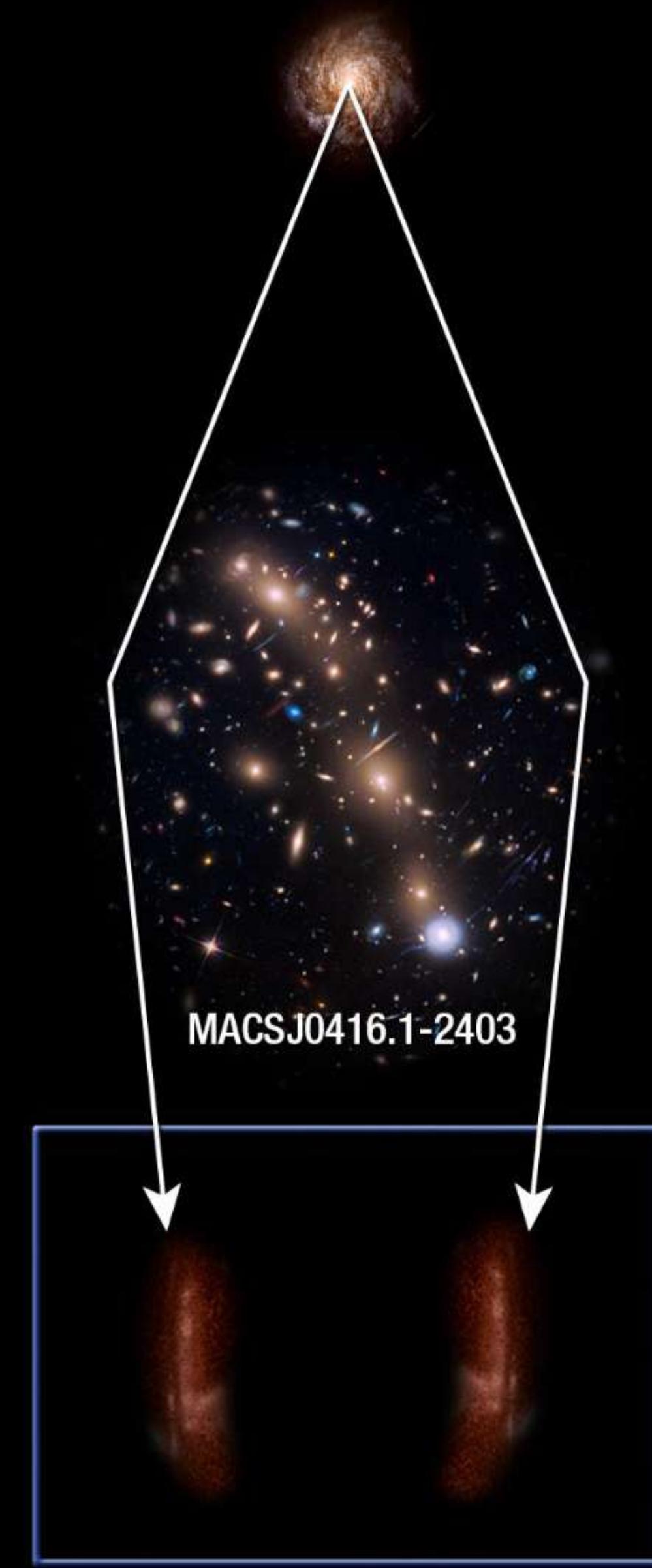
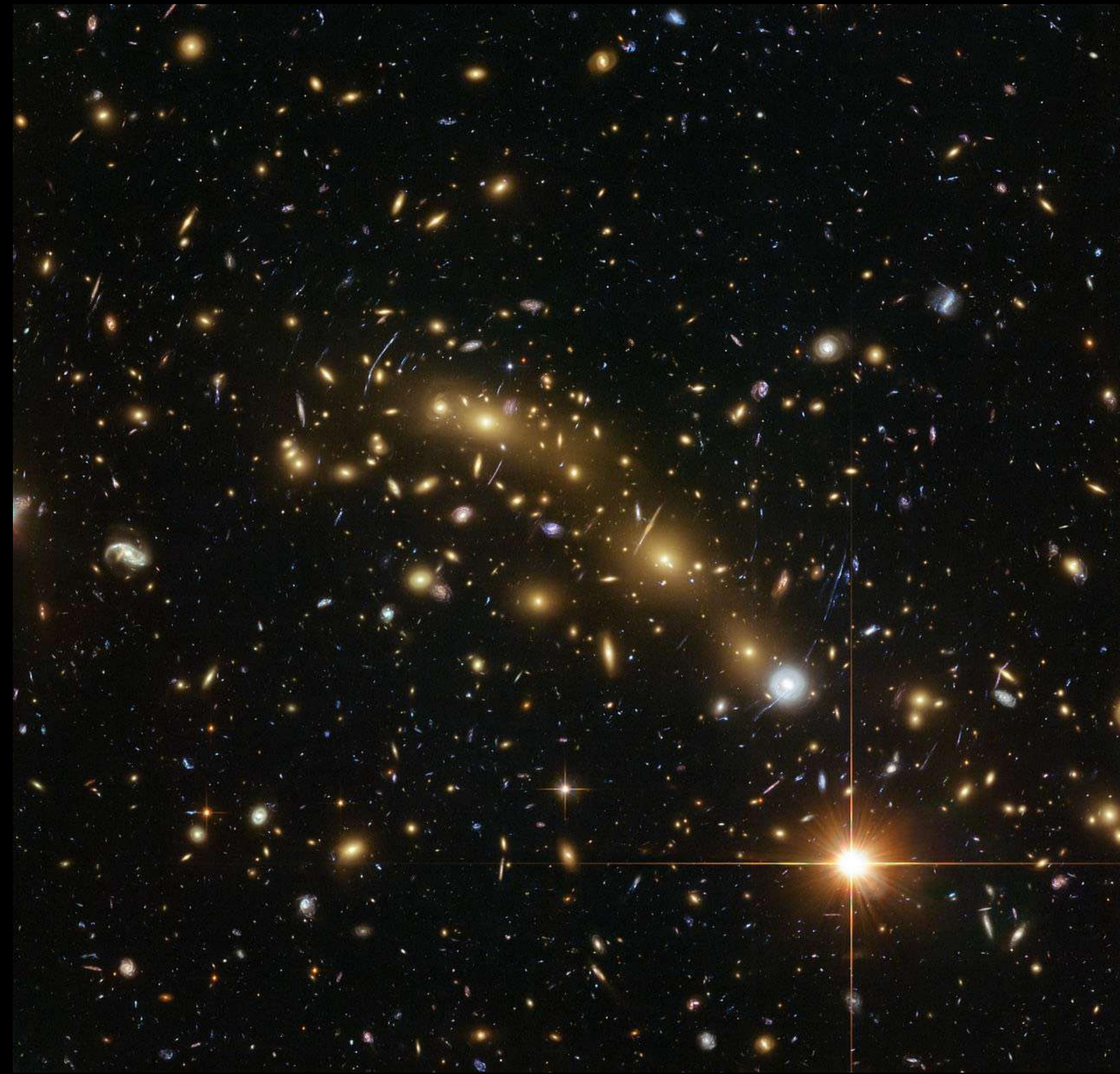
La matière noire



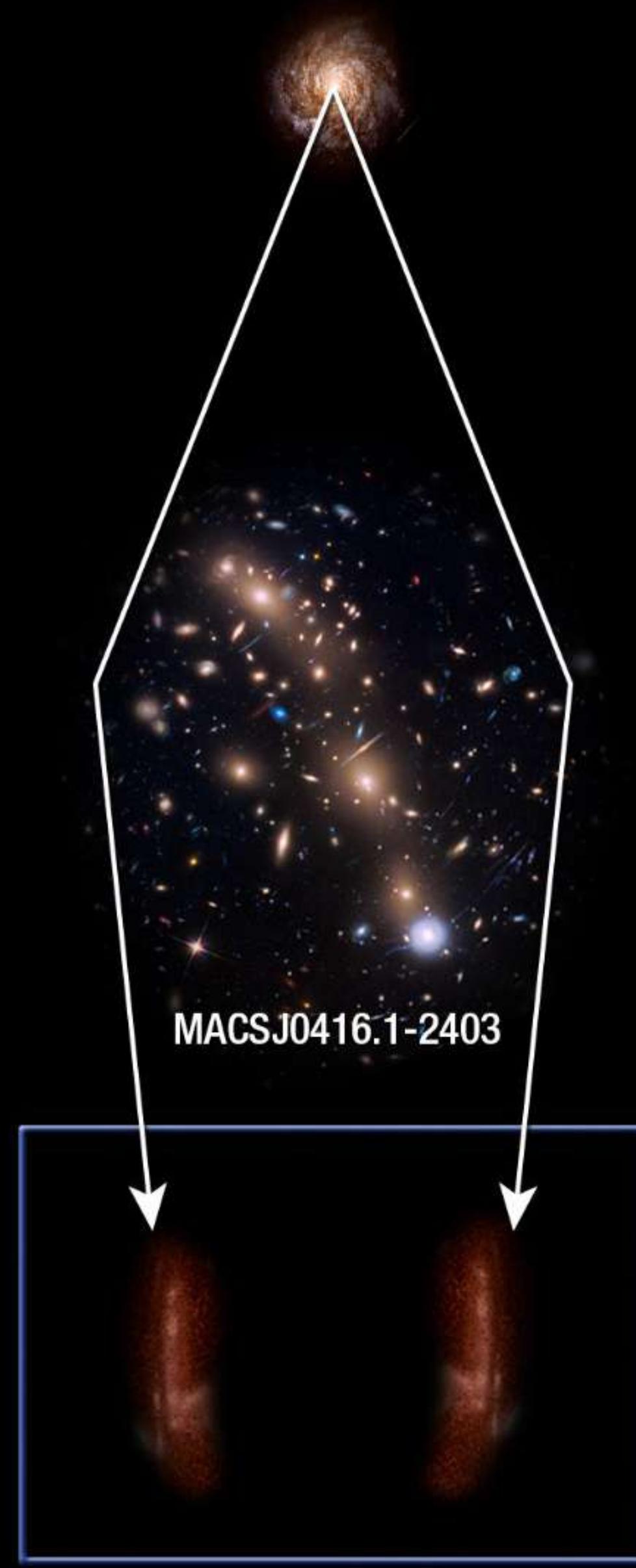
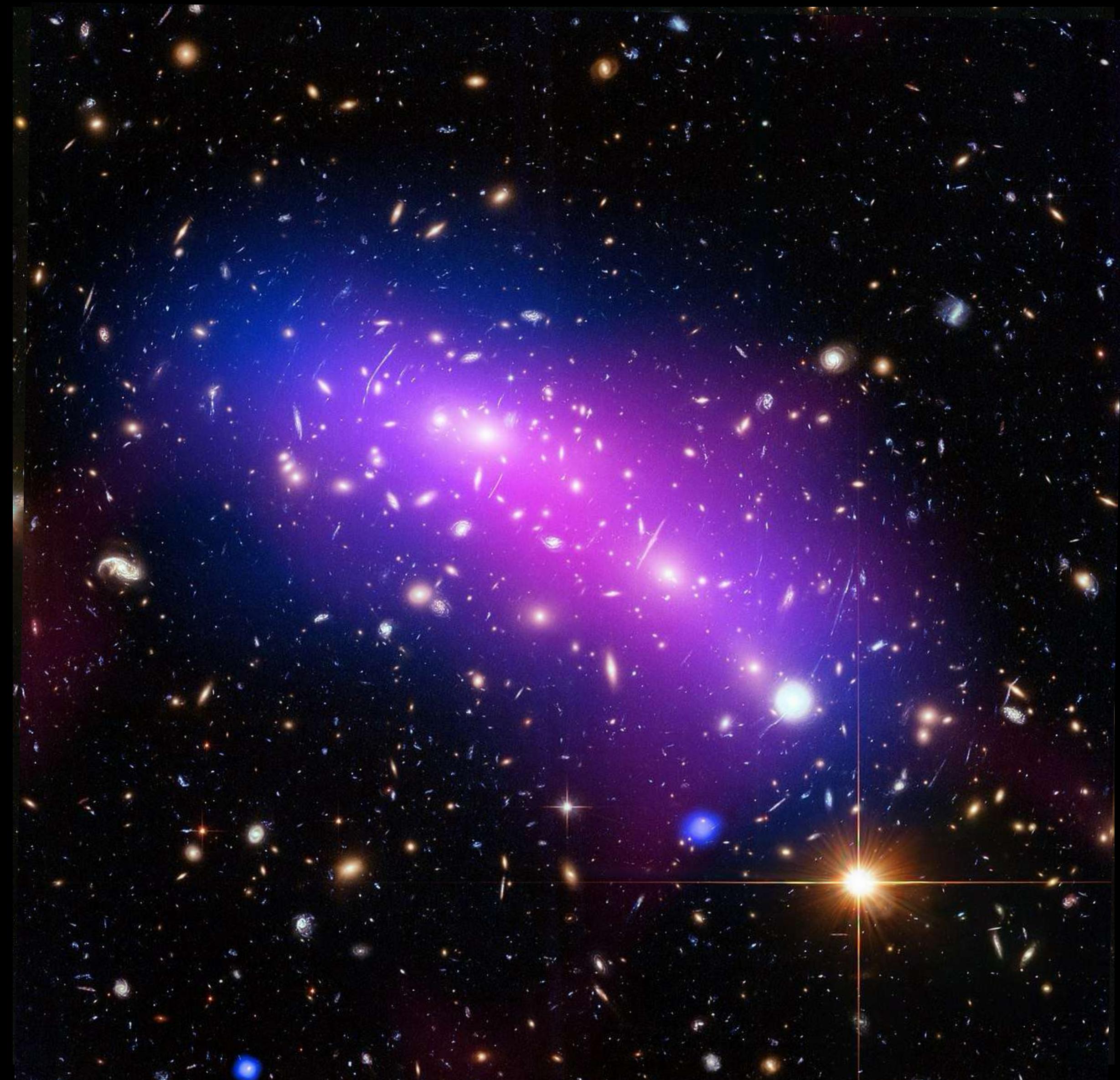
Halo de matière noire
(invisible)

Galaxie
(visible)

La matière noire



La matière noire



Les mystères de l'Univers

Quelle est la nature de la Matière Noire?

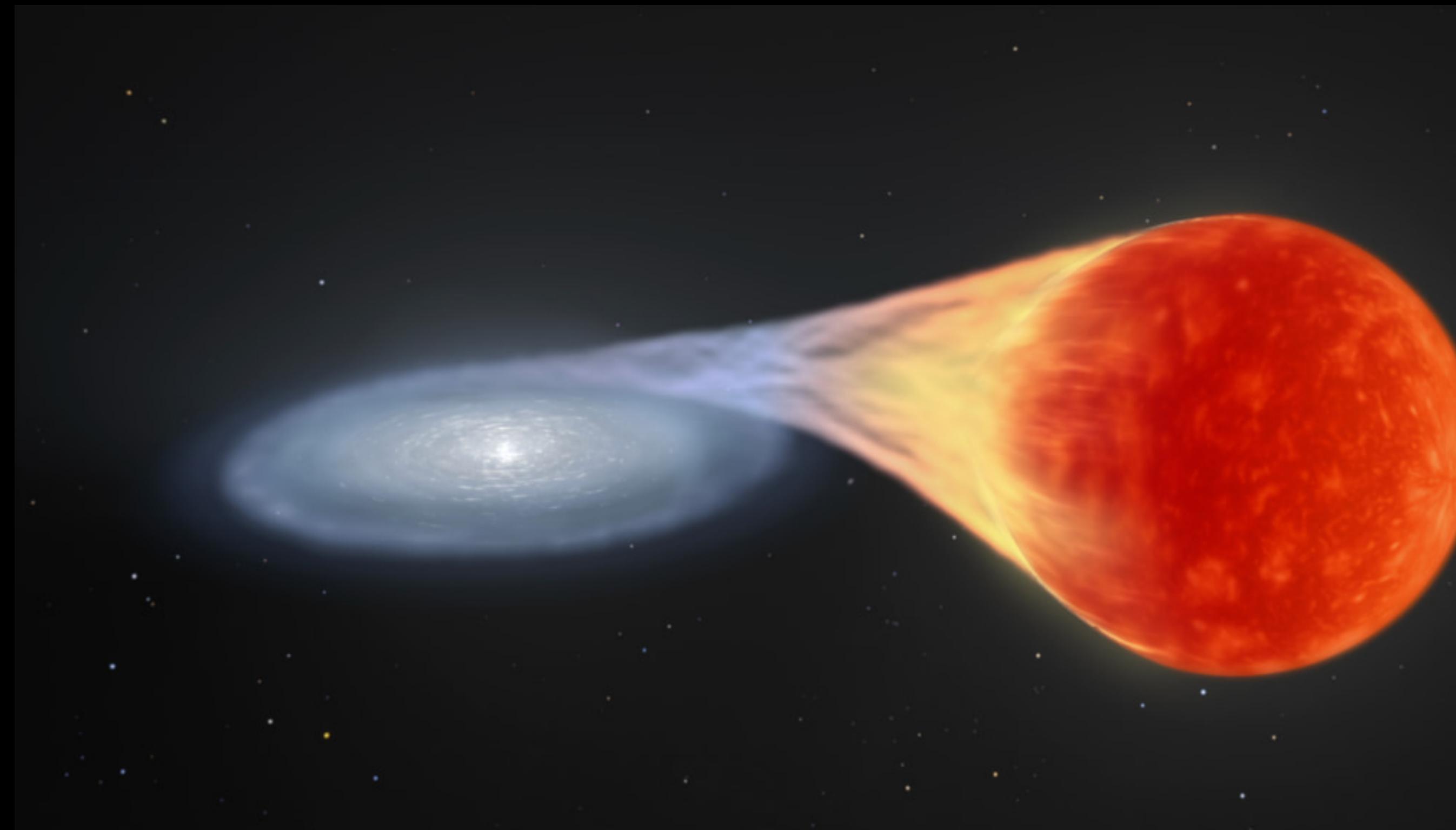
Qu'est l'énergie Noire?

Et les trous noirs dans tout ça?

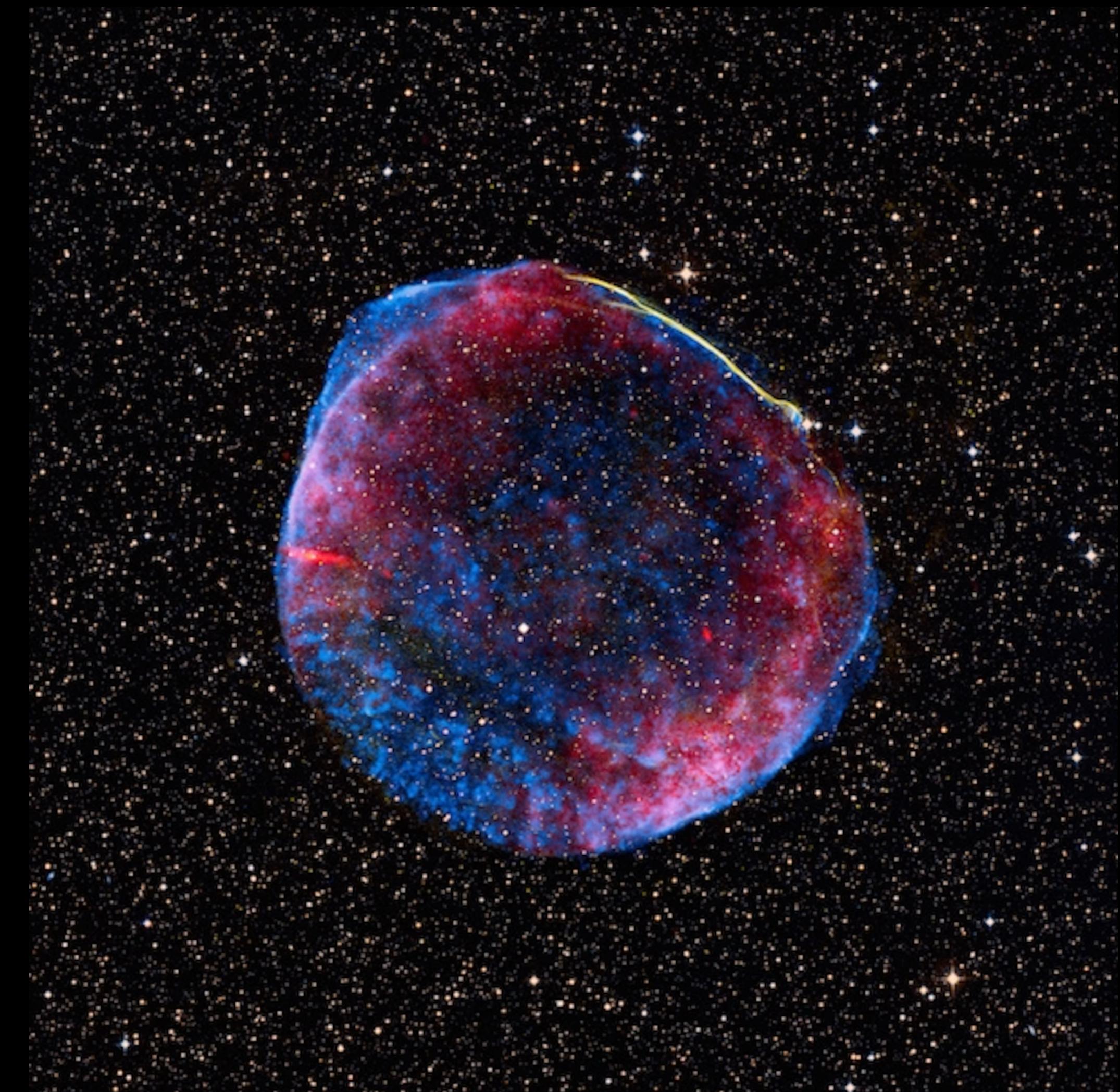
La chandelle standard



Supernova



Supernova

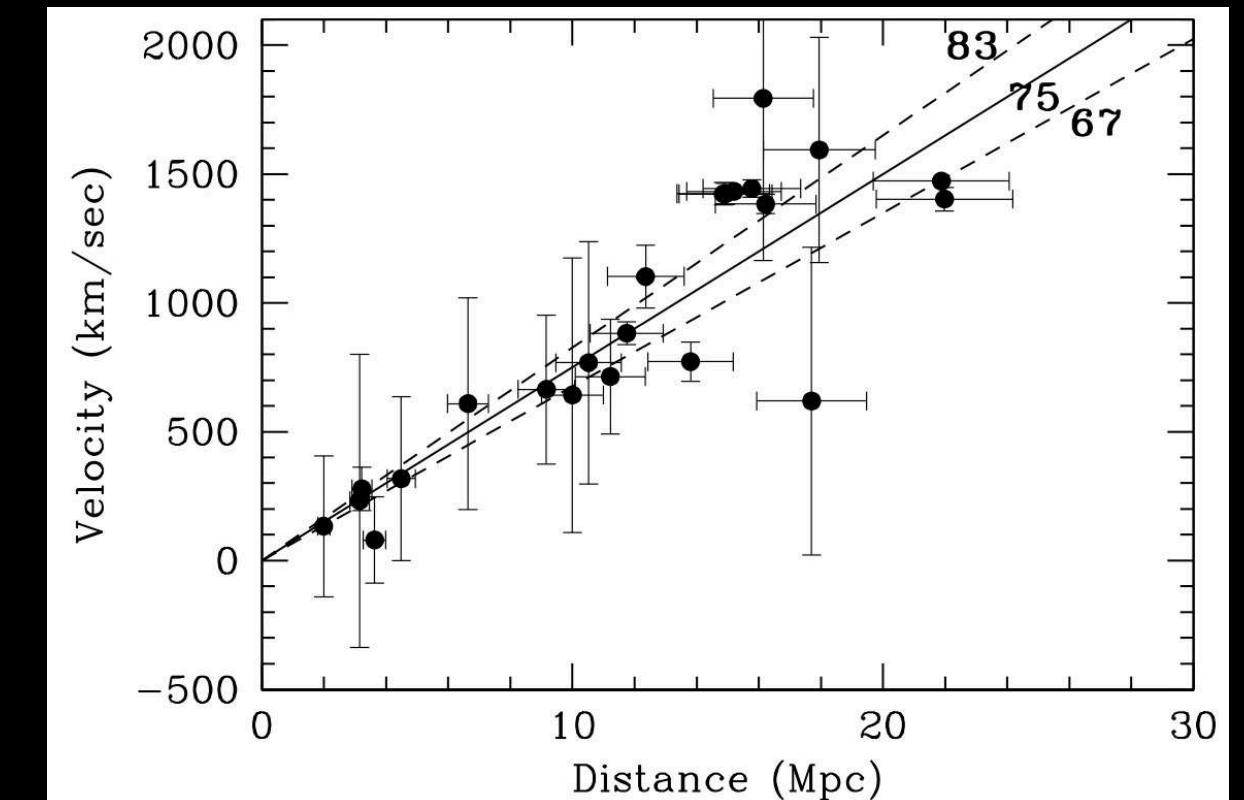


La chandelle standard



L'expansion accélérée de l'Univers

1929

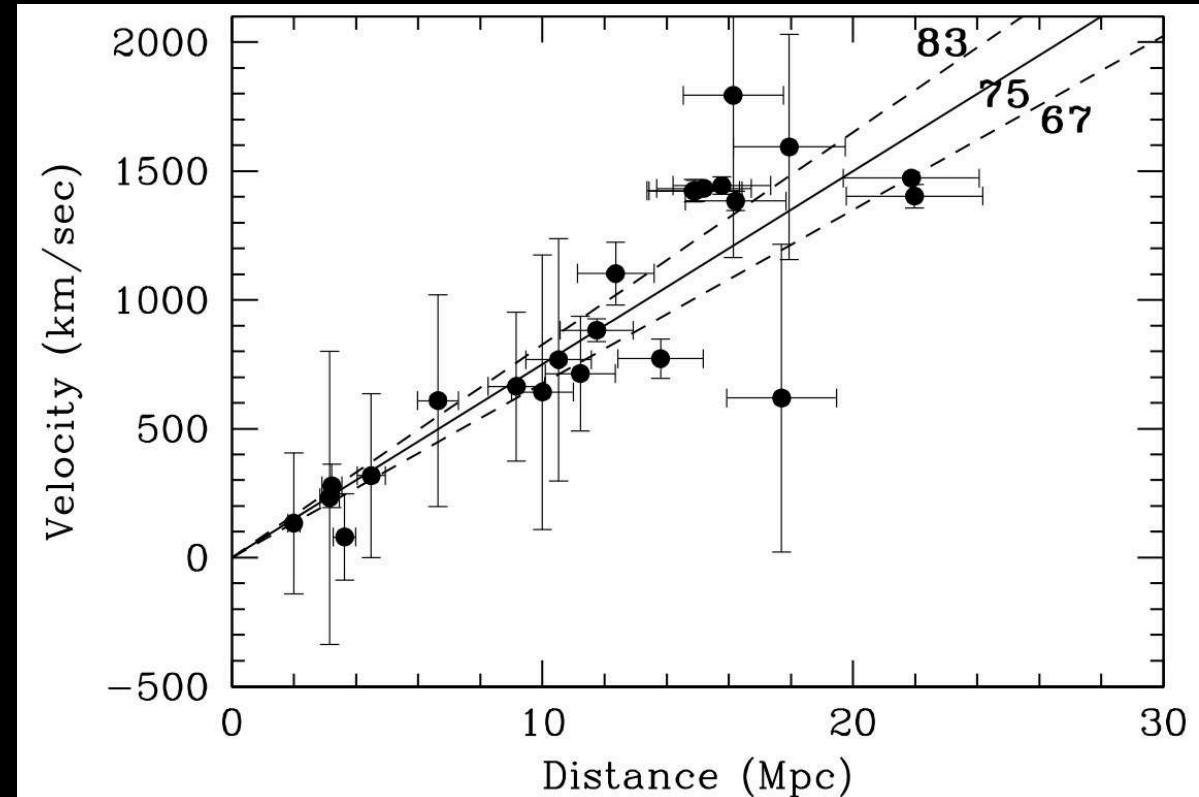


Distance (Mpc)

L'expansion accélérée de l'Univers

1929

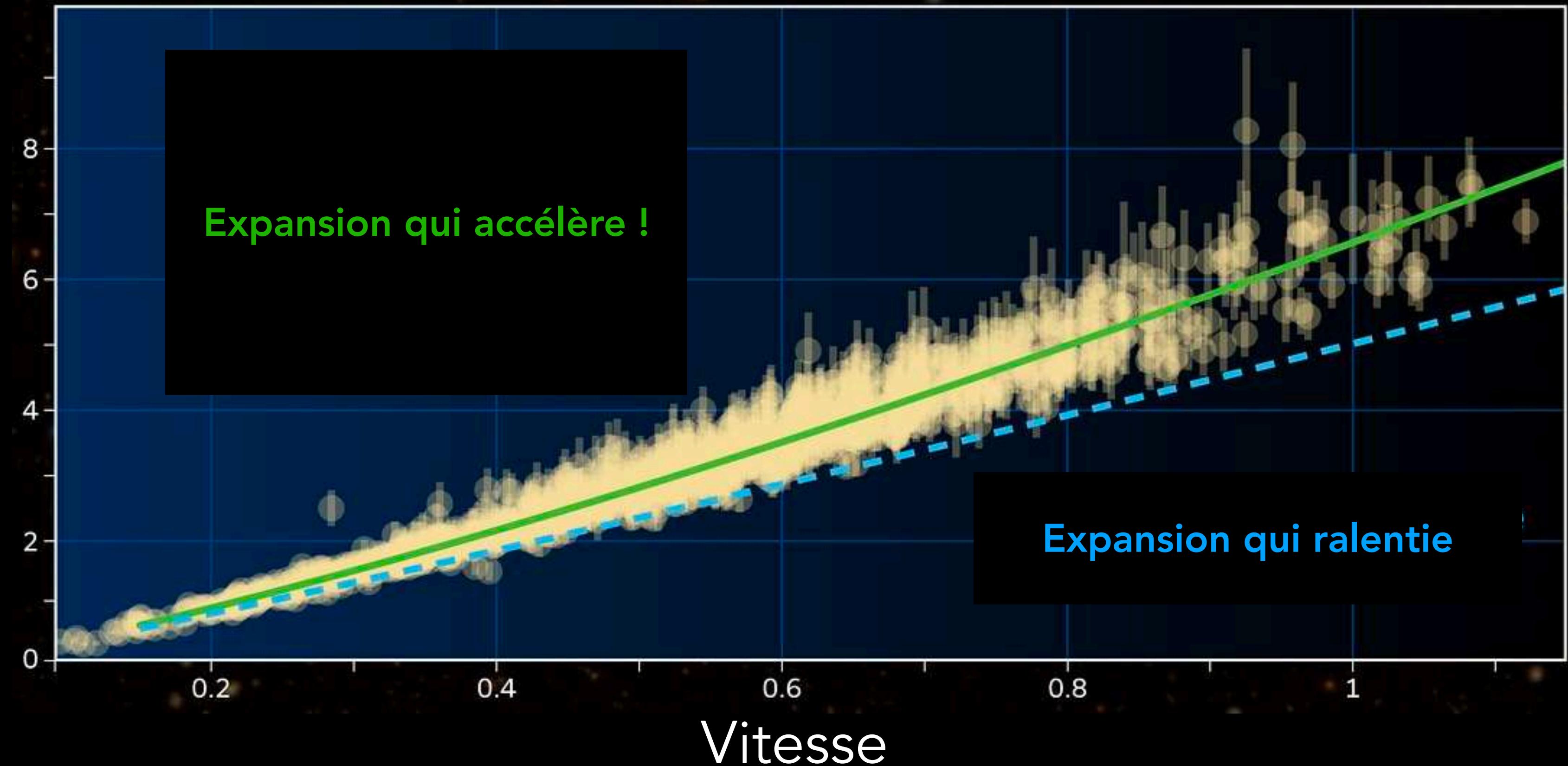
Vitesse



Distance (Mpc)

2023

Distance (Gpc)



Qu'est-ce l'énergie noire ?

Qu'est-ce l'énergie noire ?

Constante cosmologique ?

Λ



Albert Einstein @albertito · Jun 1, 1997

Alors, c'est qui qui avait raison?

Bernard Pivote @Username · Jun 1, 1997

On dit 'Qui est-ce qui'

Qu'est-ce l'énergie noire ?

Energie du vide ? Non...

Constante cosmologique ?

$$\Lambda$$

Albert Einstein @albertito · Jun 1, 1997

Alors, c'est qui qui avait raison?

...

Bernard Pivot @Username · Jun 1, 1997

On dit 'Qui est-ce qui'

...

Qu'est-ce l'énergie noire ?

Energie du vide ? Non...

Constante cosmologique ?

Λ



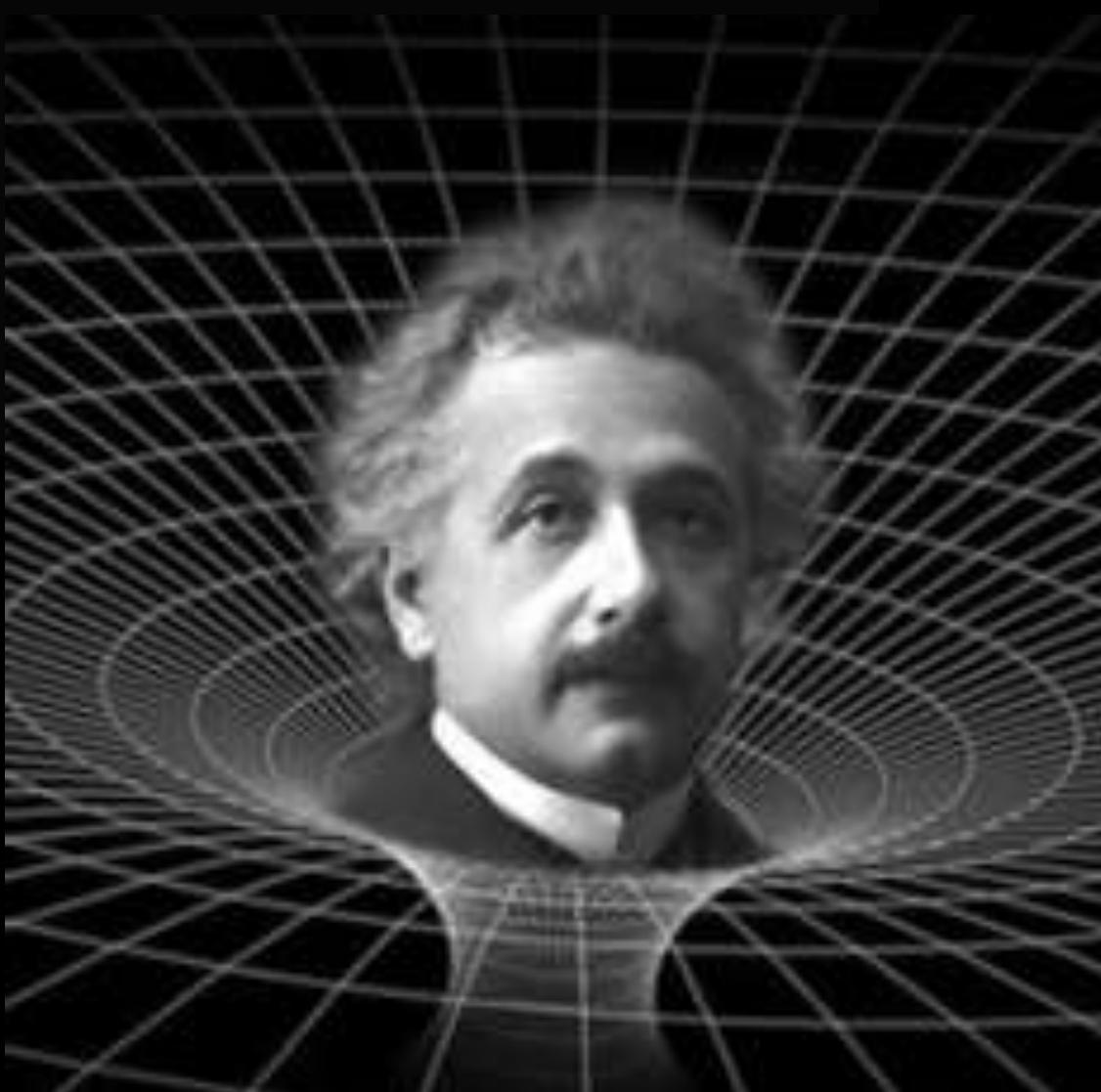
Albert Einstein @albertito · Jun 1, 1997

Alors, c'est qui qui avait raison?

Bernard Pivot @Username · Jun 1, 1997

On dit 'Qui est-ce qui'

Meilleure théorie de la gravité ?



Qu'est-ce l'énergie noire ?

Energie du vide ? Non...

Constante cosmologique ?

Λ



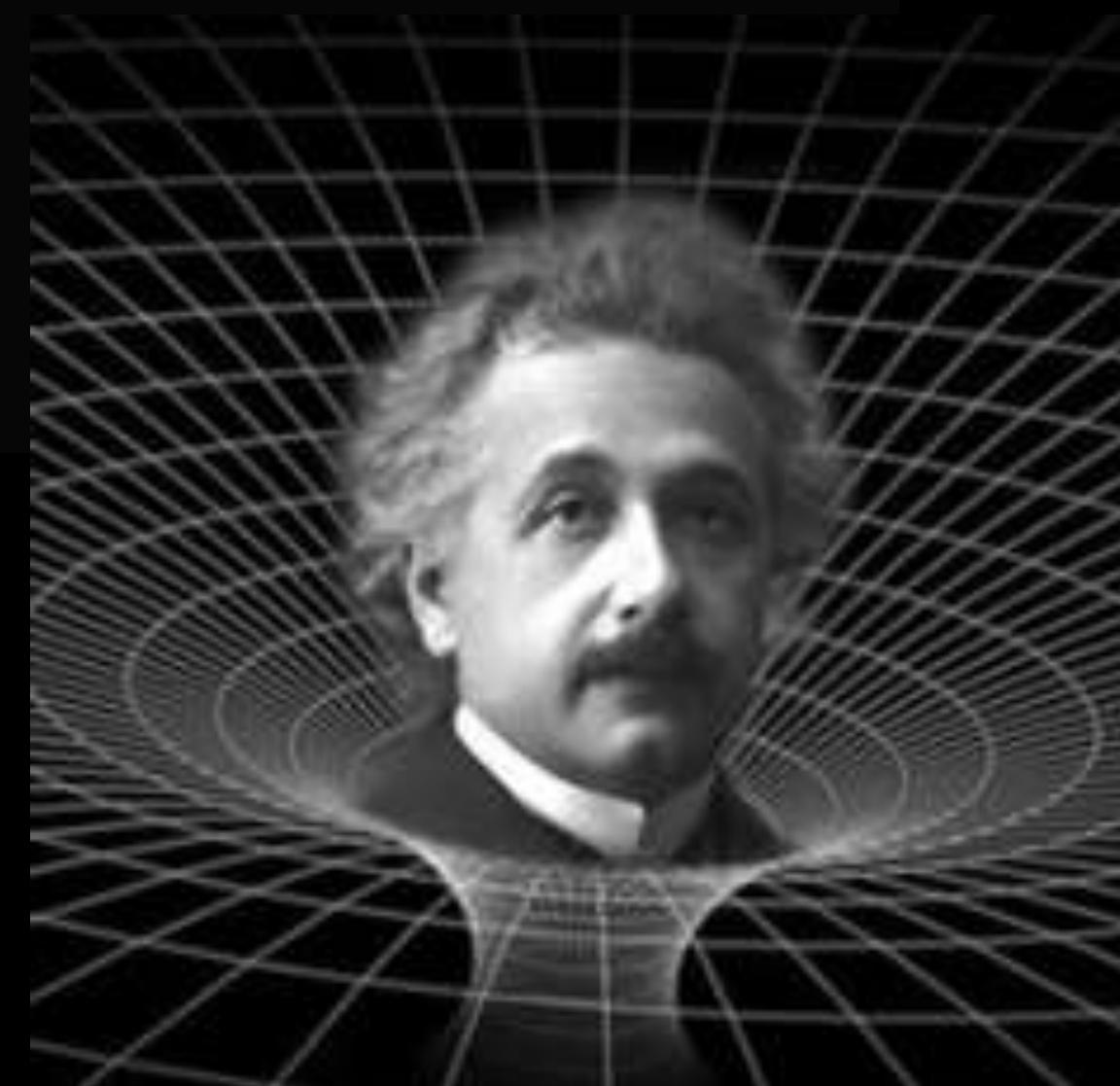
Albert Einstein @albertito · Jun 1, 1997

Alors, c'est qui qui avait raison?

Bernard Pivot @Username · Jun 1, 1997

On dit 'Qui est-ce qui'

Meilleure théorie de la gravité ?



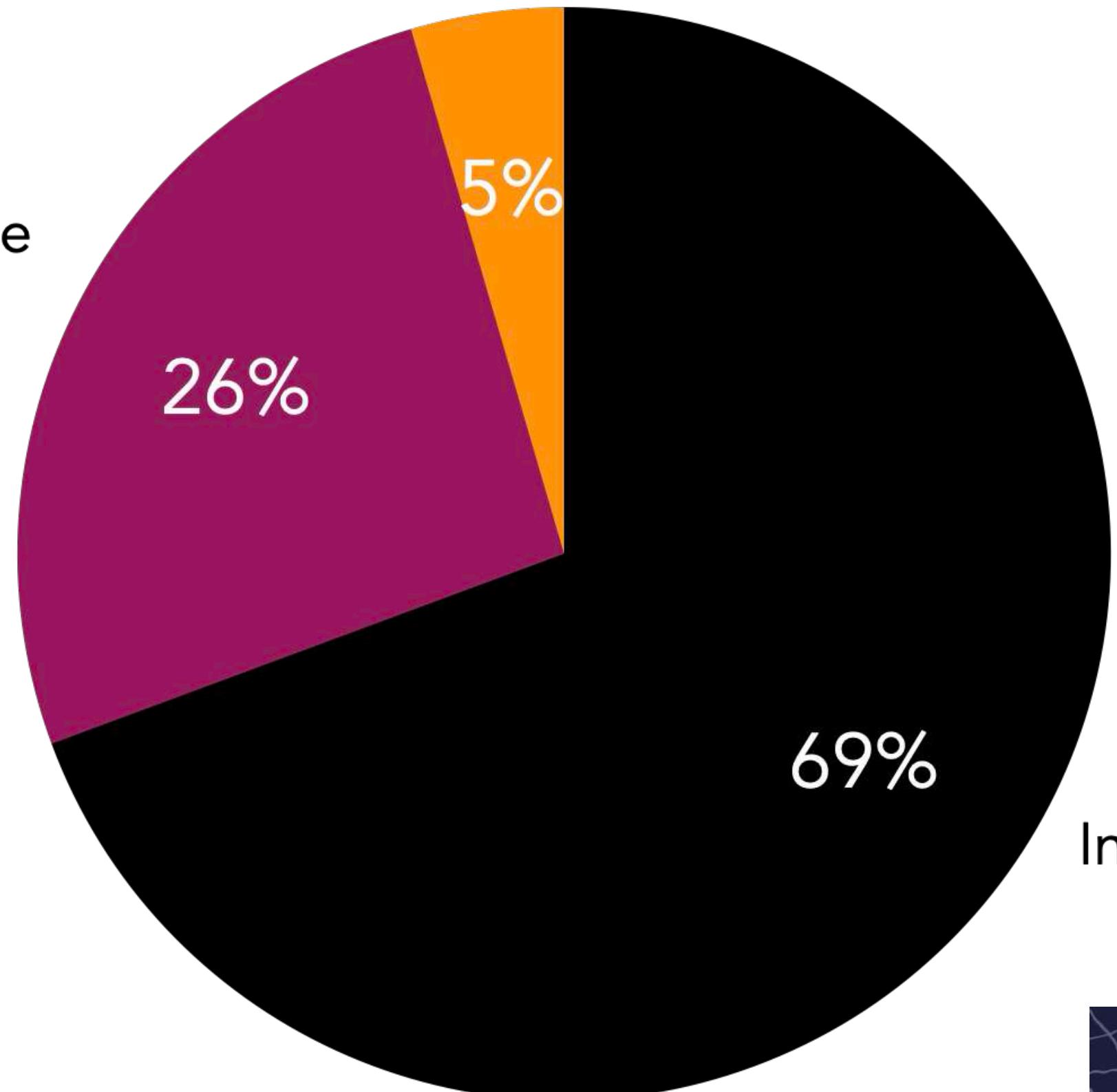
Nous n'avons pas encore de réponse !

Le côté obscur de l'Univers

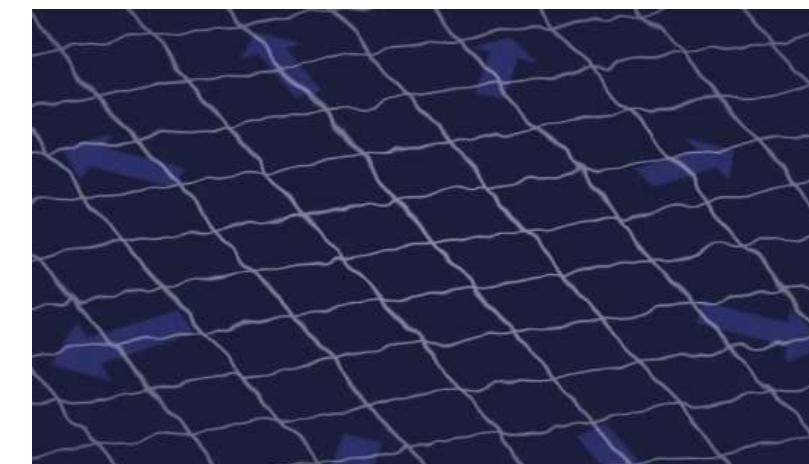
Matière "normale" ou visible

Nous, les planètes, les étoiles, les galaxies

Matière noire
Invisible mais attractive
gravitationnellement



Énergie noire
Invisible et repulsive !
Anti-gravité ?!



Les grands télescopes

Les grands télescopes

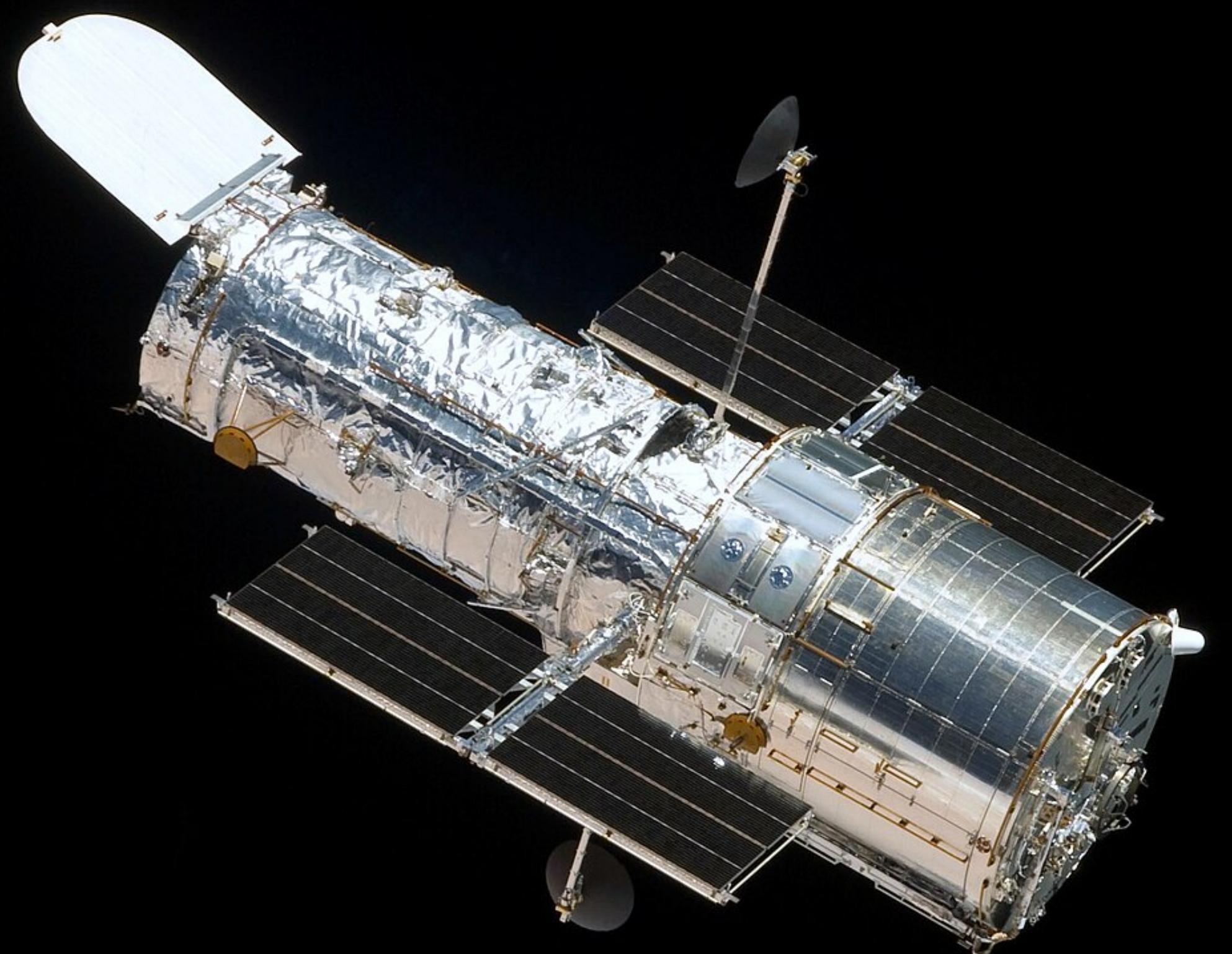
Spatial

Les grands télescopes

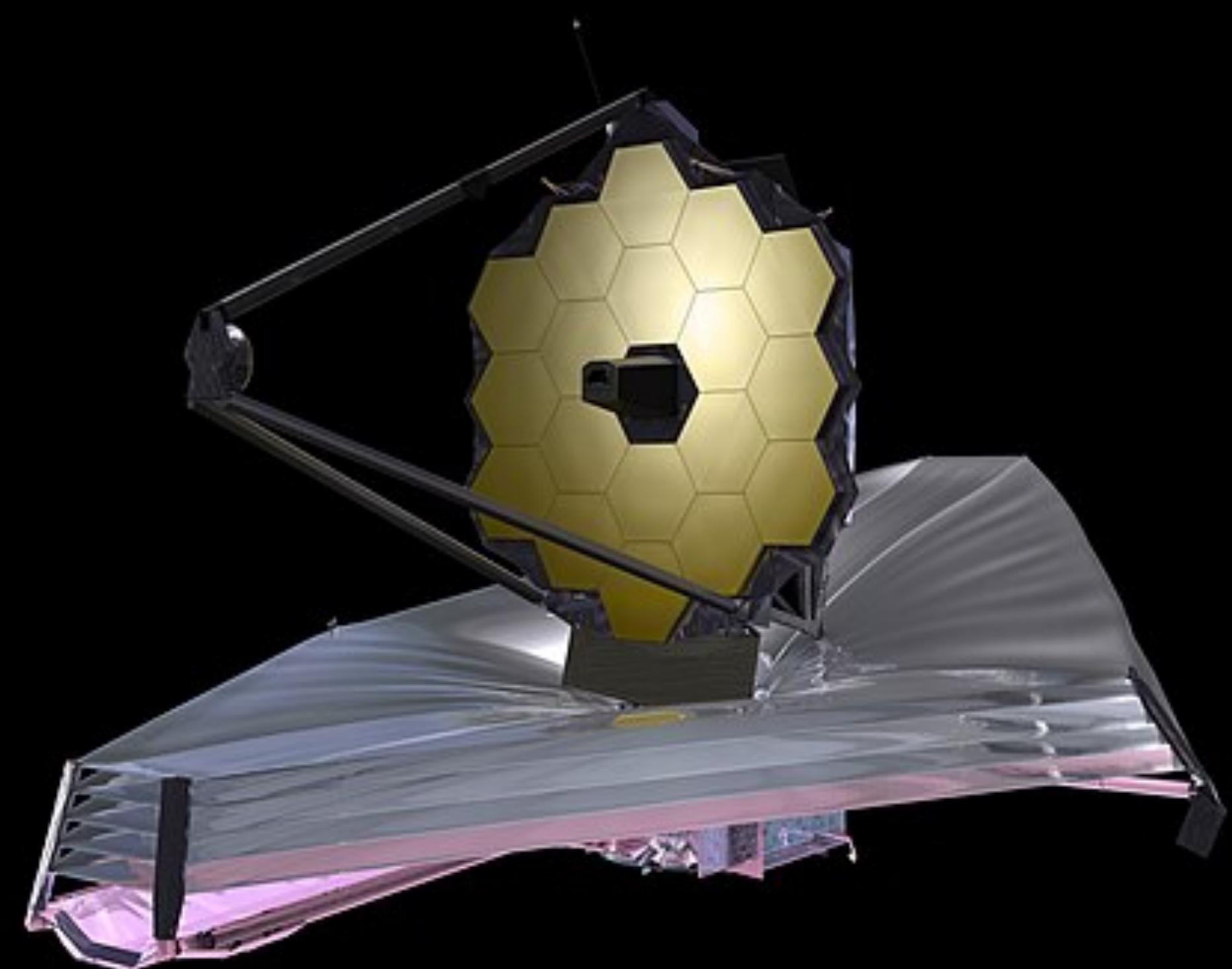
Spatial

Terrestre

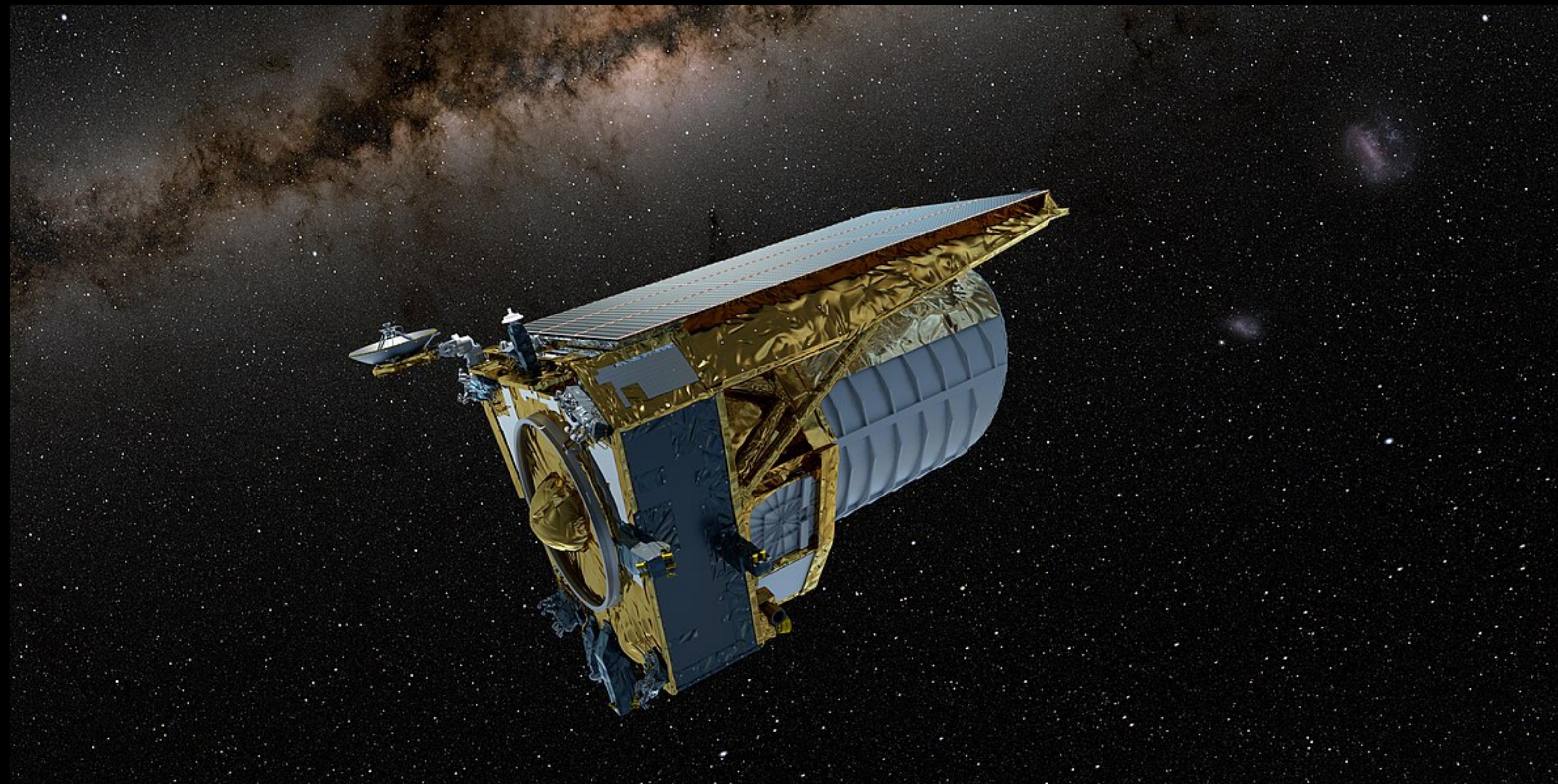
Hubble



James Webb



Euclid



DESI

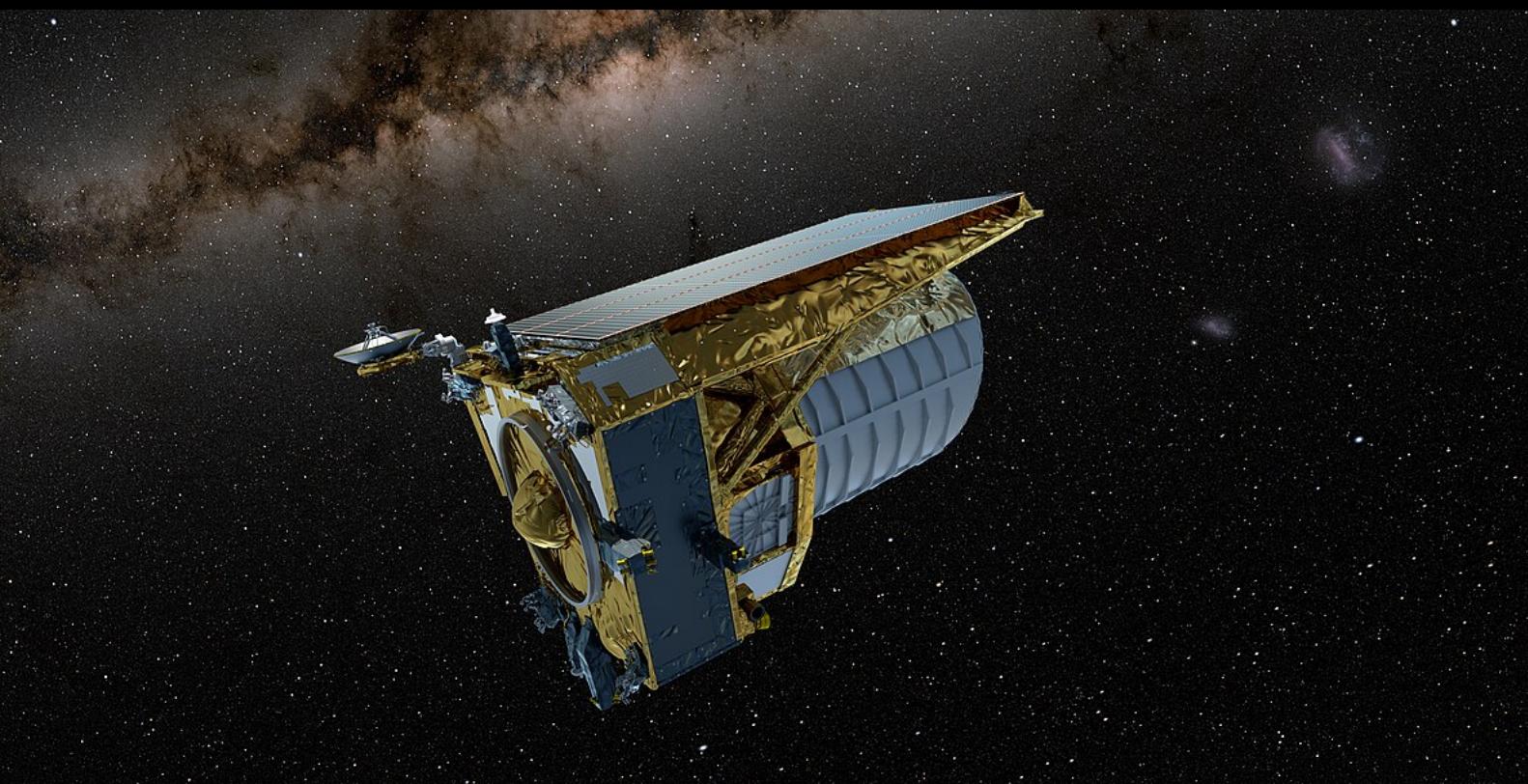


LSST



La cosmologie au CPPM

Euclid



30 million de galaxies

LSST



Plus grande caméra du monde
20 milliards de galaxies
300 000 supernovae

DESI



40 million de spectres

Et d'autres télescopes...

La cosmologie au CPPM

Supernovas

Fond diffus

Vides cosmiques

La cosmologie au CPPM

Supernovas

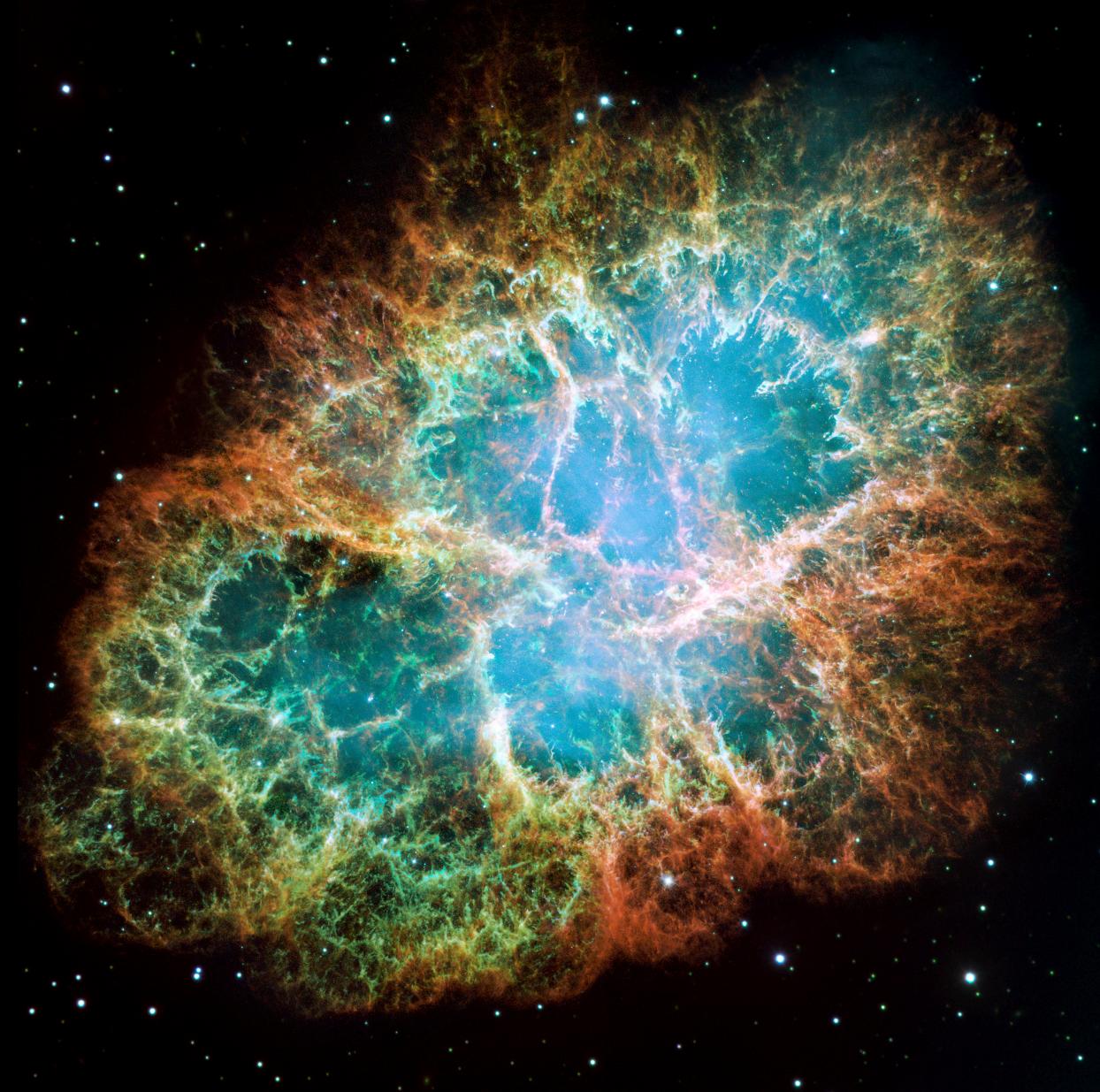


Fond diffus

Vides cosmiques

La cosmologie au CPPM

Supernovas

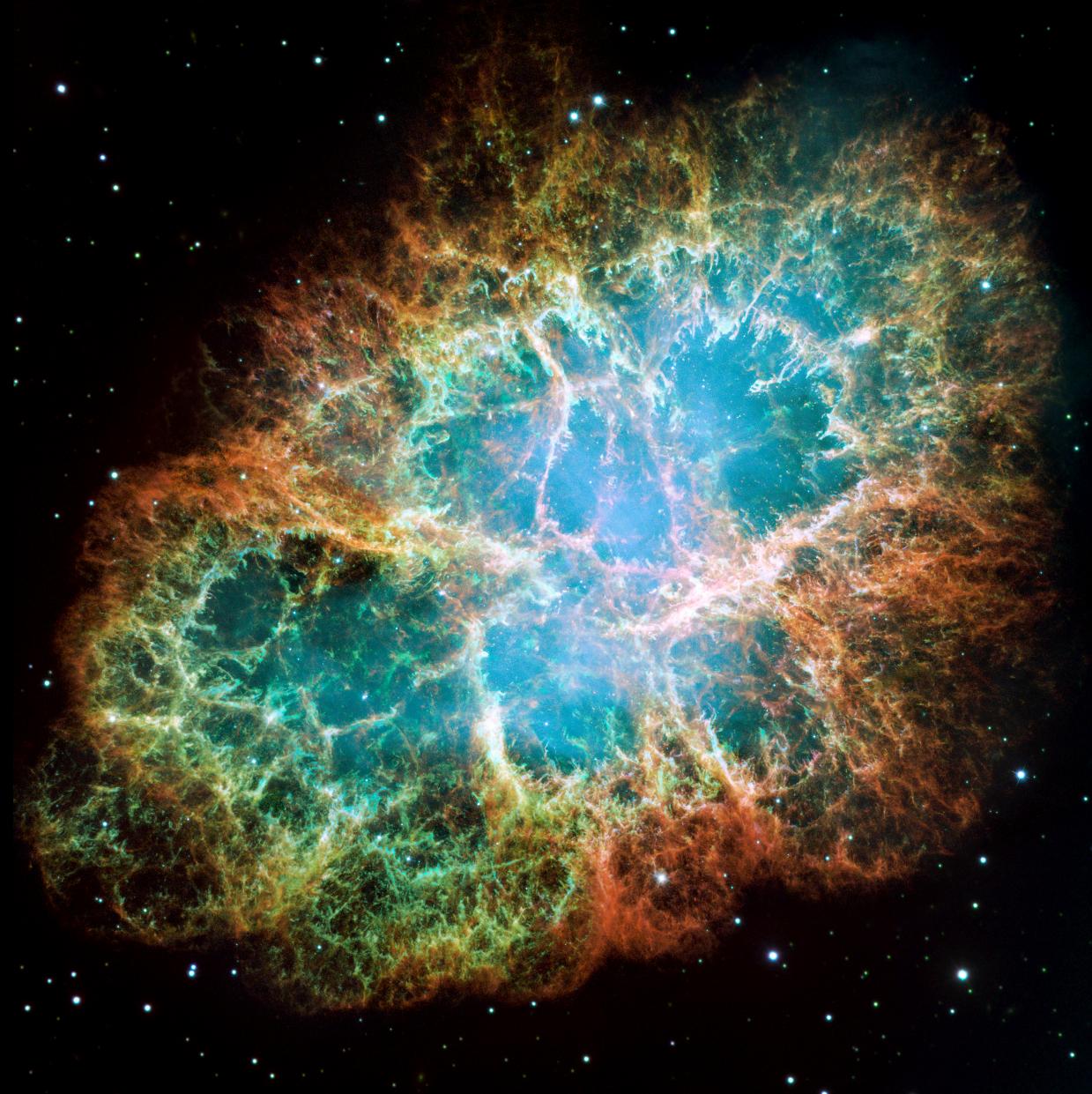


Fond diffus

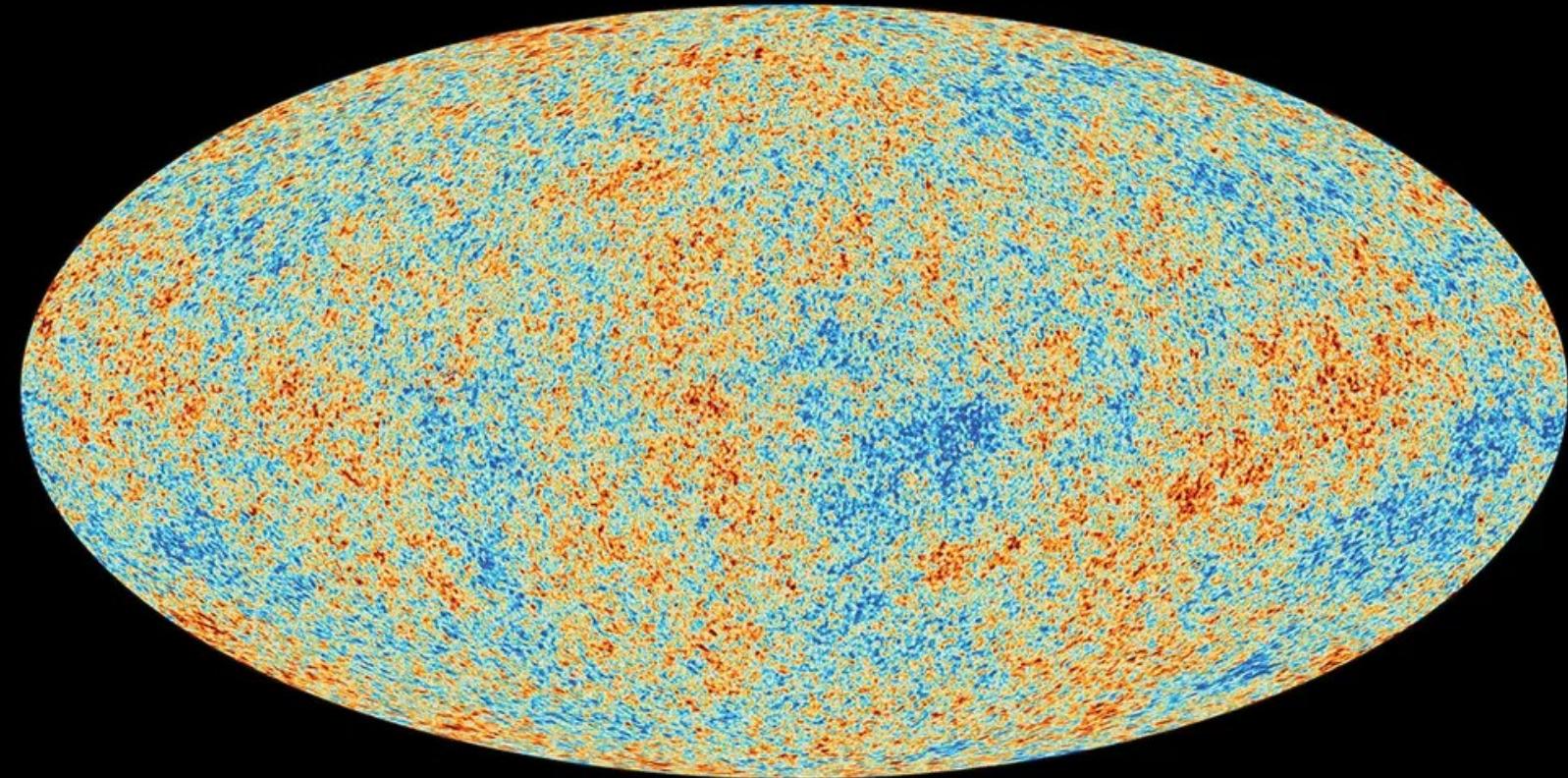
Vides cosmiques

La cosmologie au CPPM

Supernovas



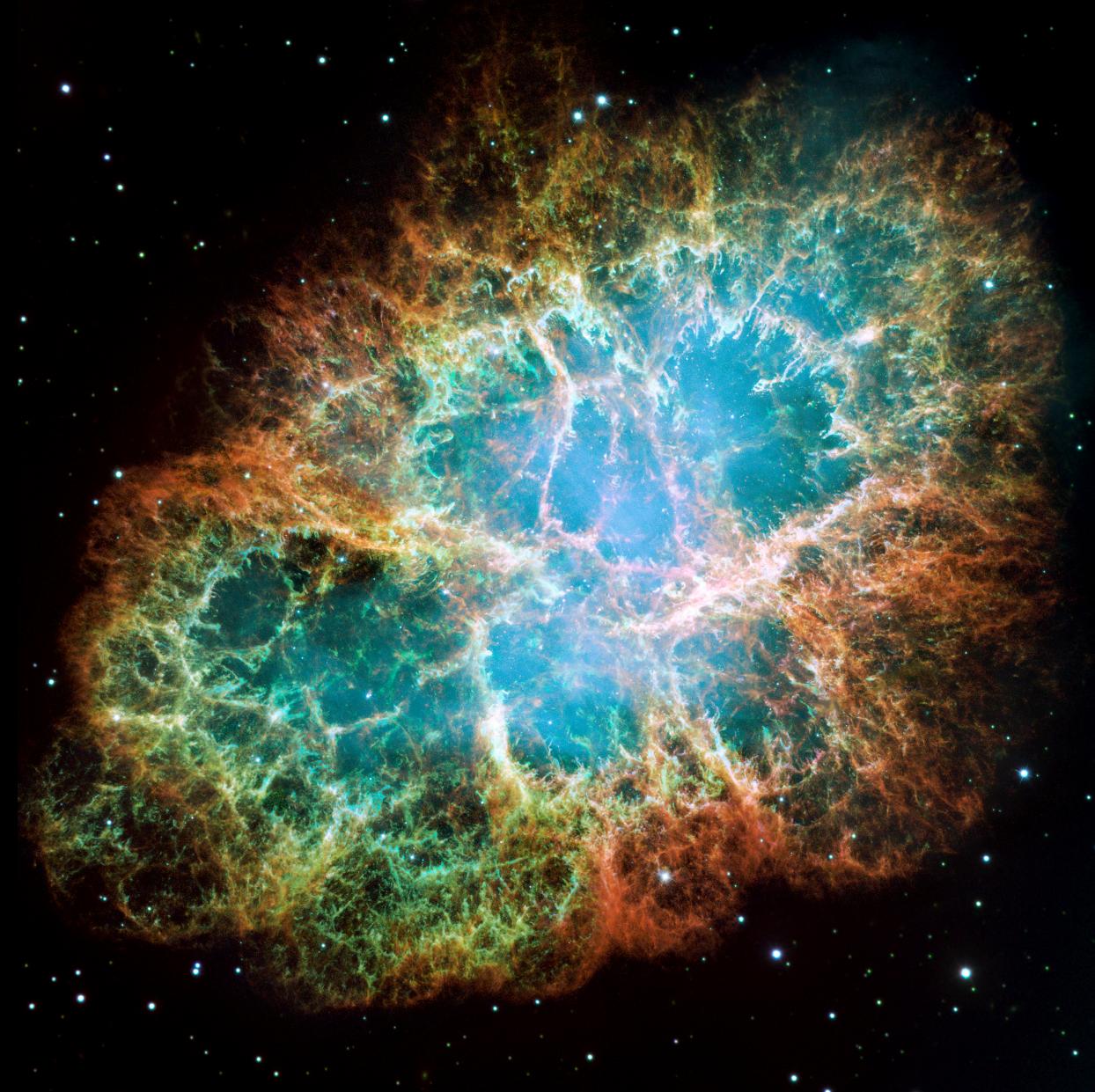
Fond diffus



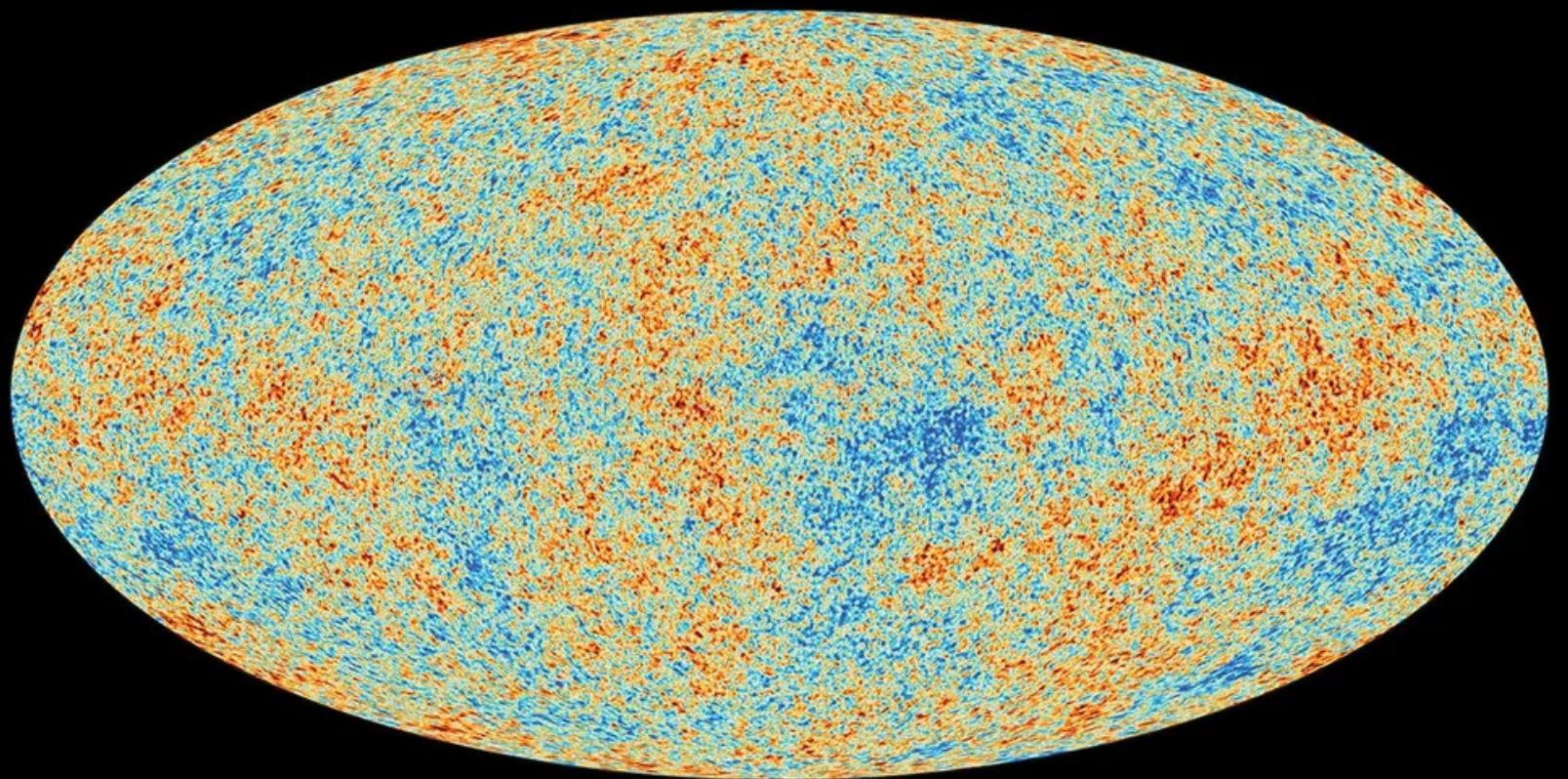
Vides cosmiques

La cosmologie au CPPM

Supernovas



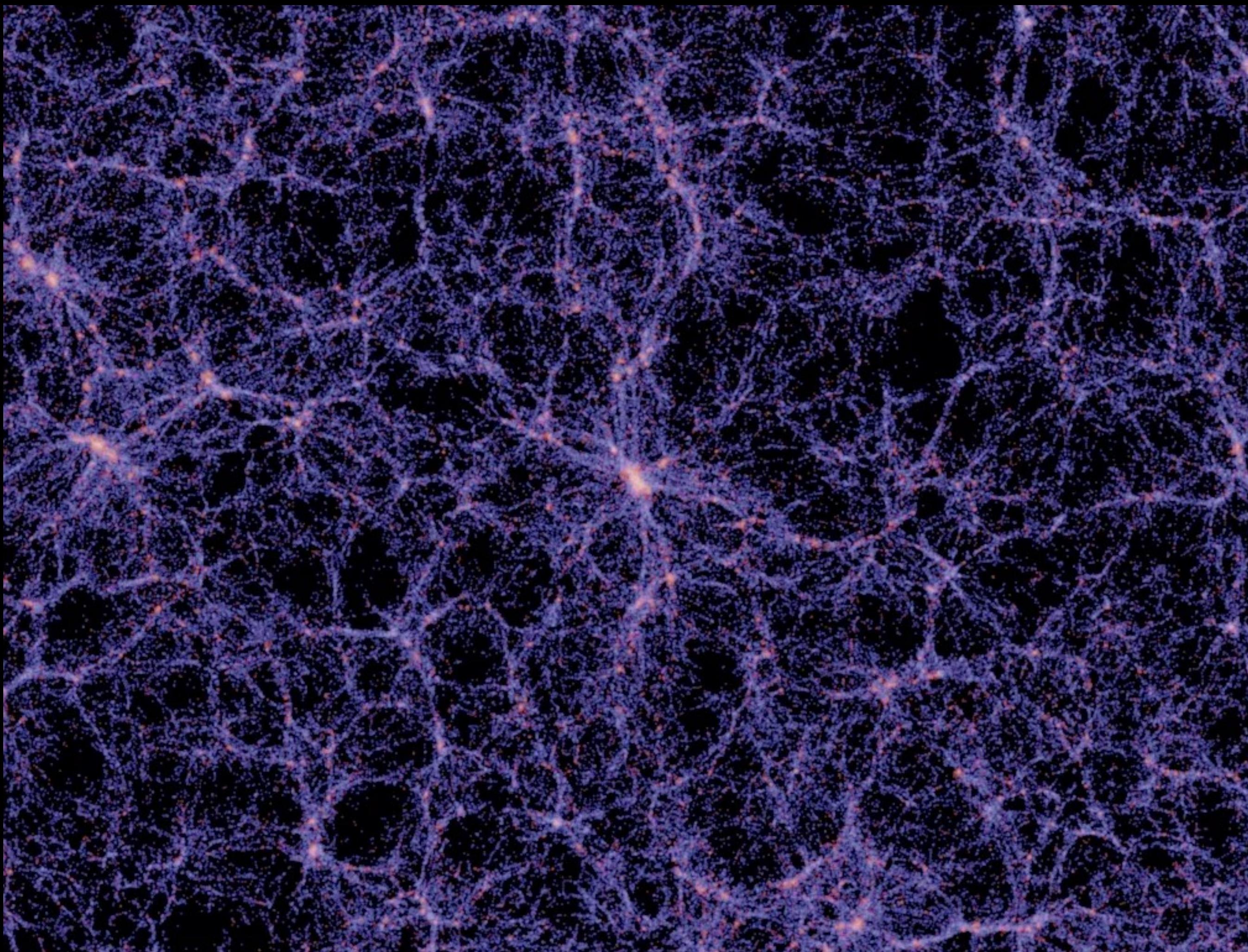
Fond diffus



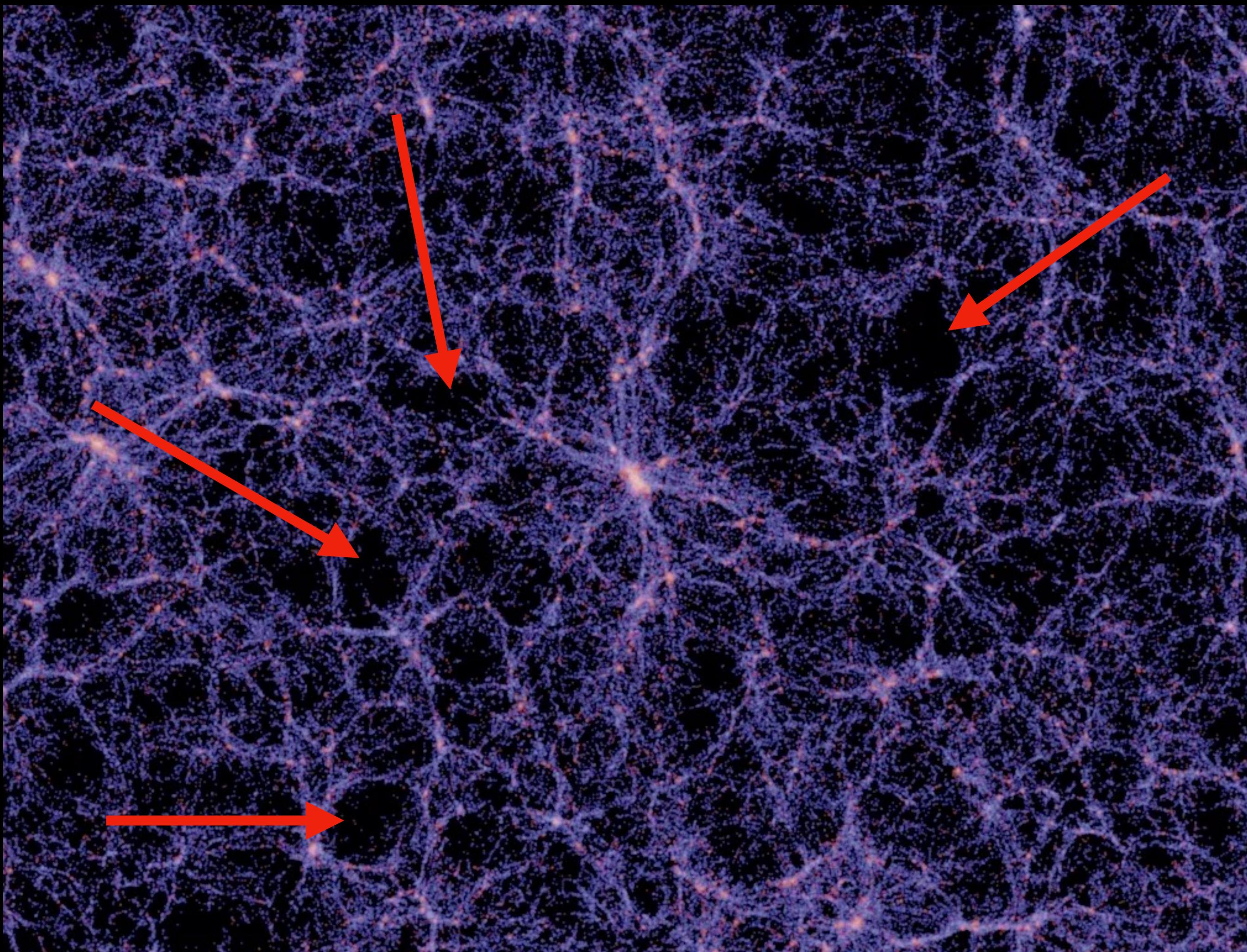
Vides cosmiques



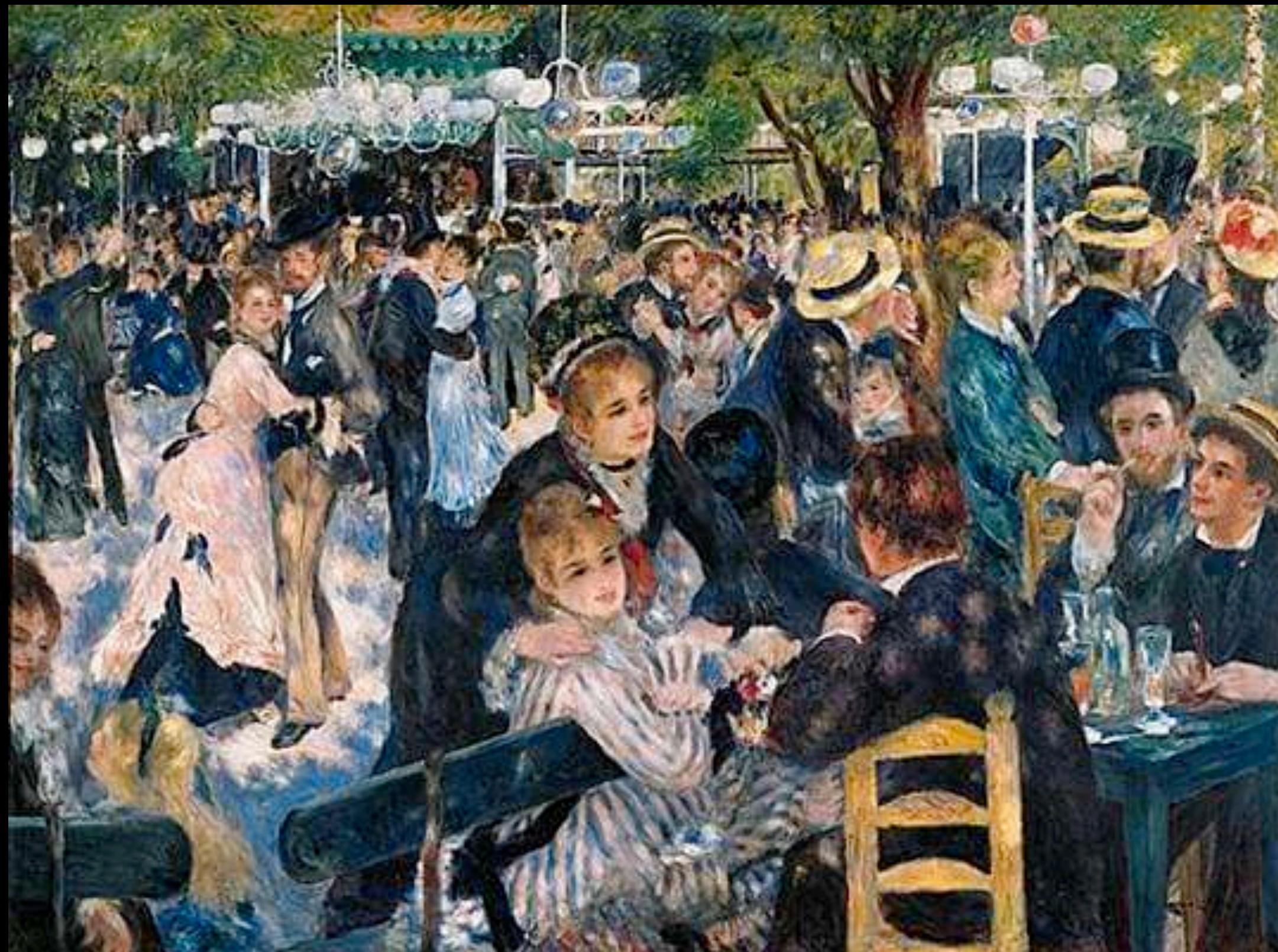
Les vides cosmiques



Les vides cosmiques



Merci !



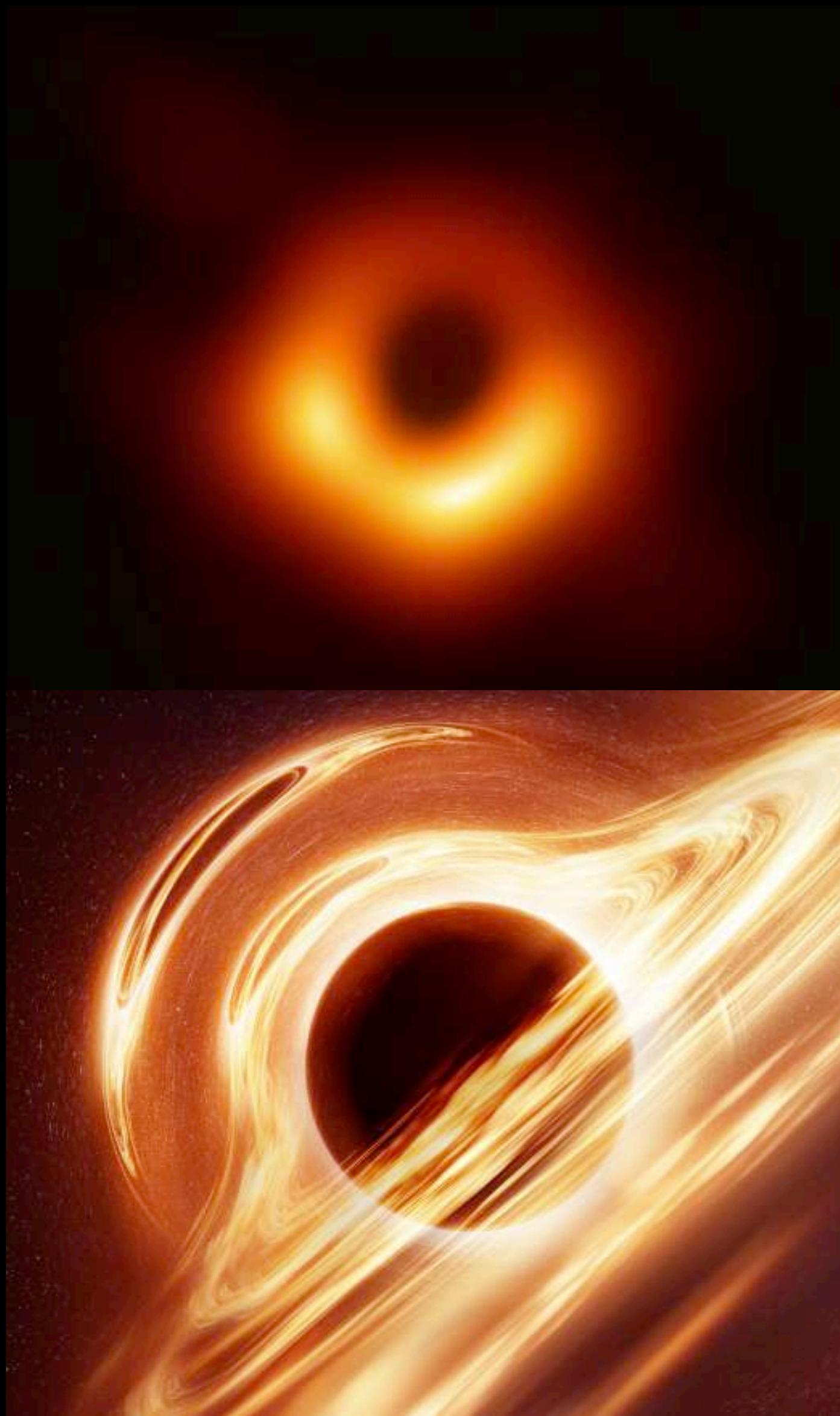
Les mystères de l'Univers

Quelle est la nature de la Matière Noire?

Qu'est-ce l'Énergie Noire?

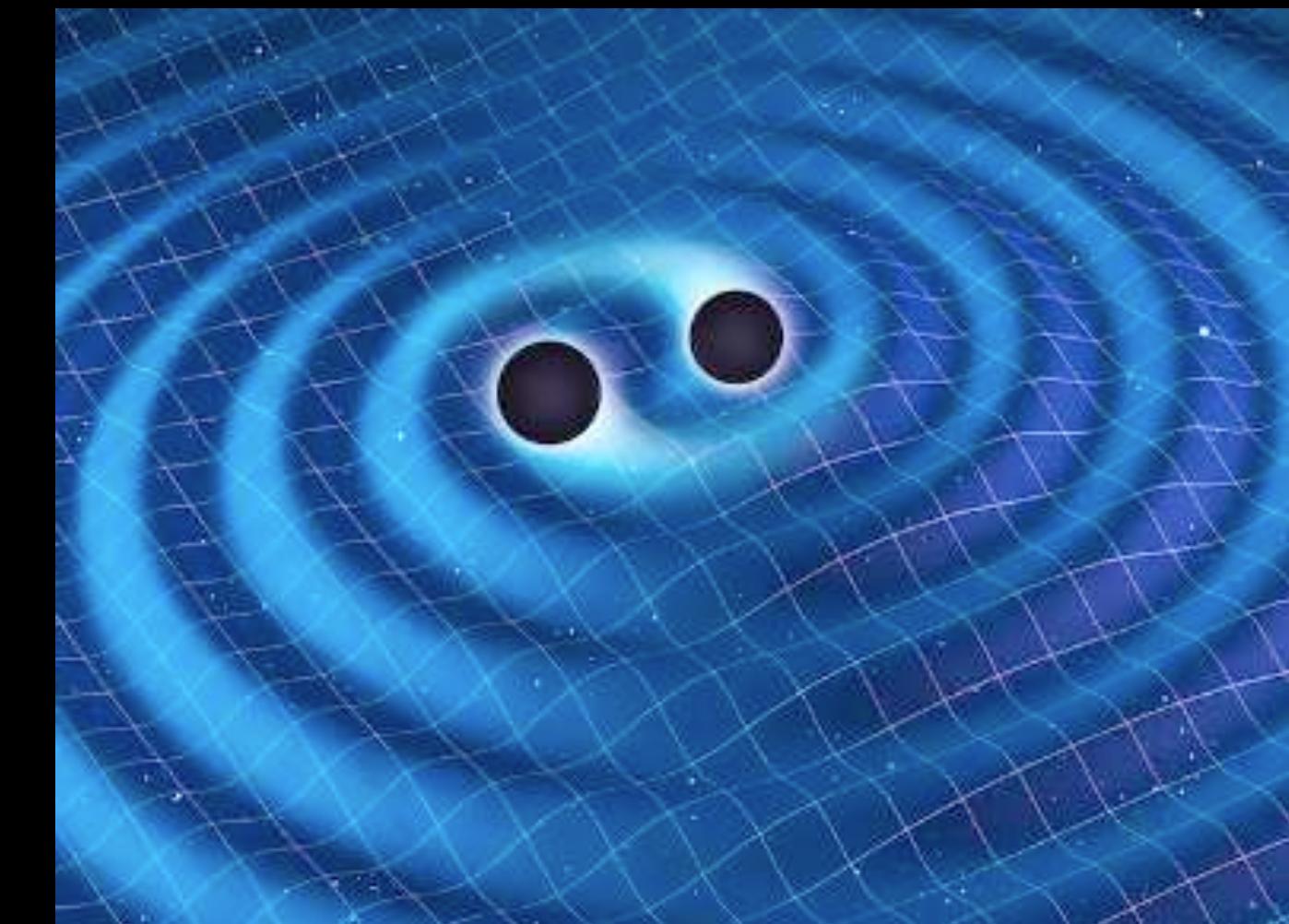
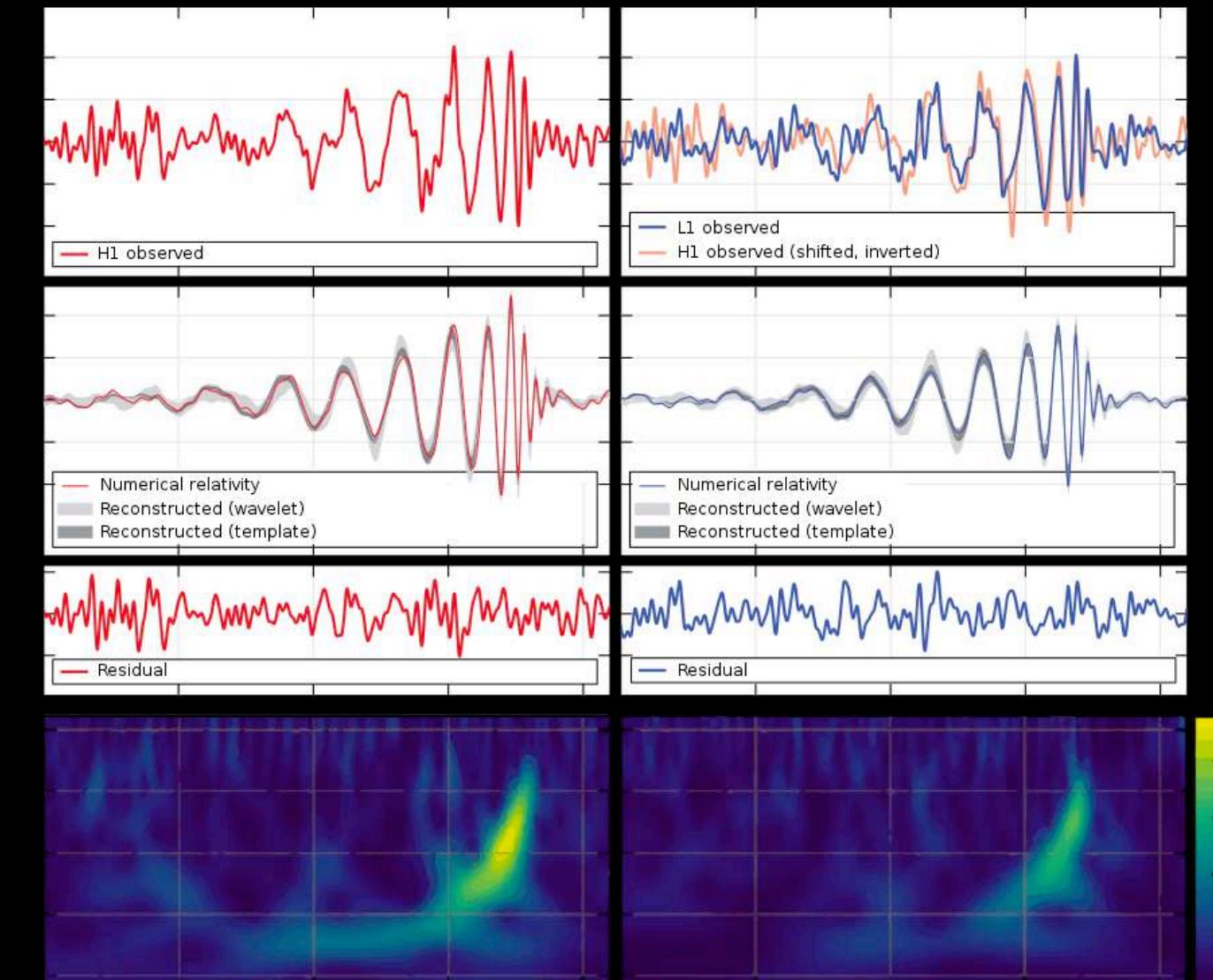
Et les trous noirs dans tout ça?

Observation



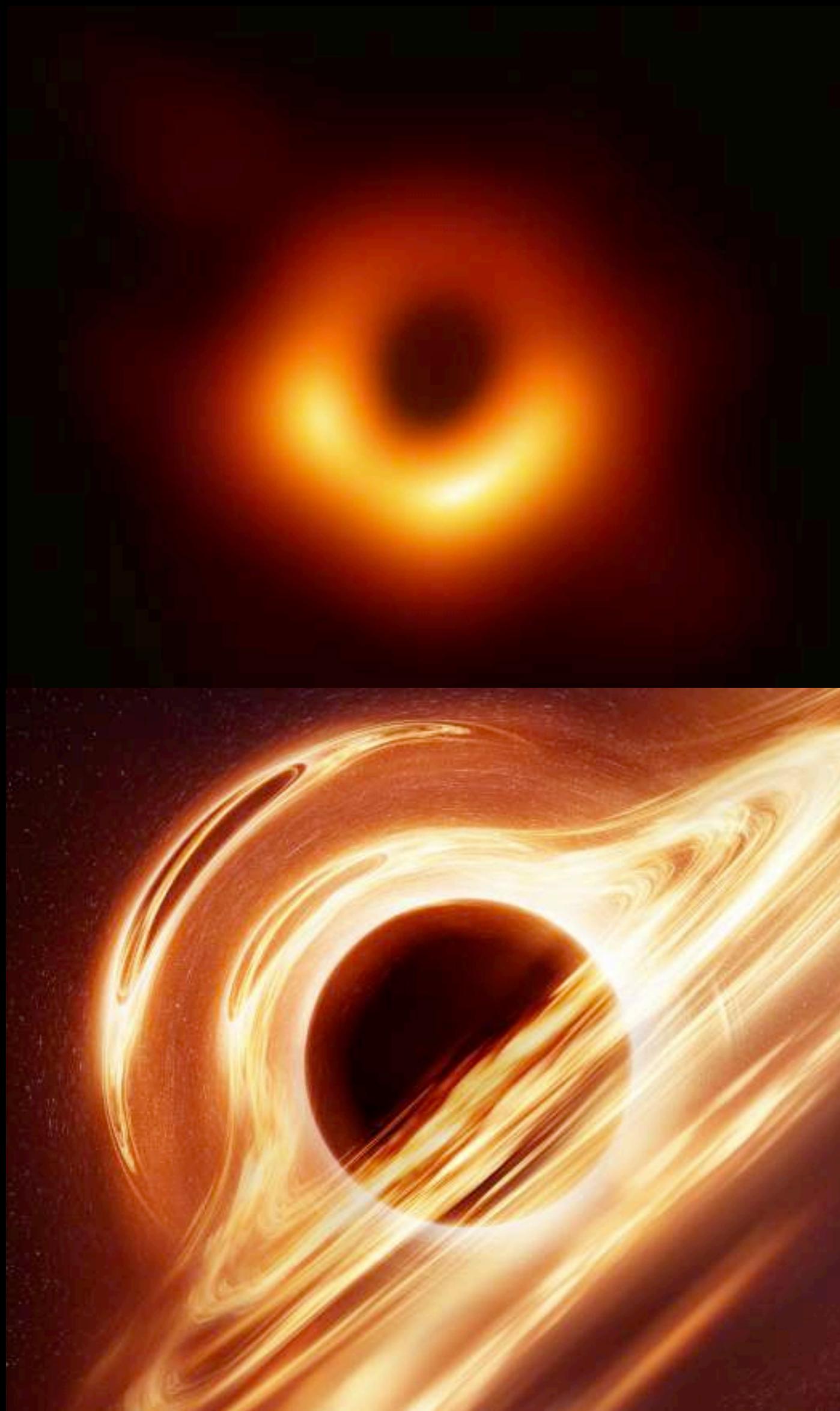
Théorie

Observation



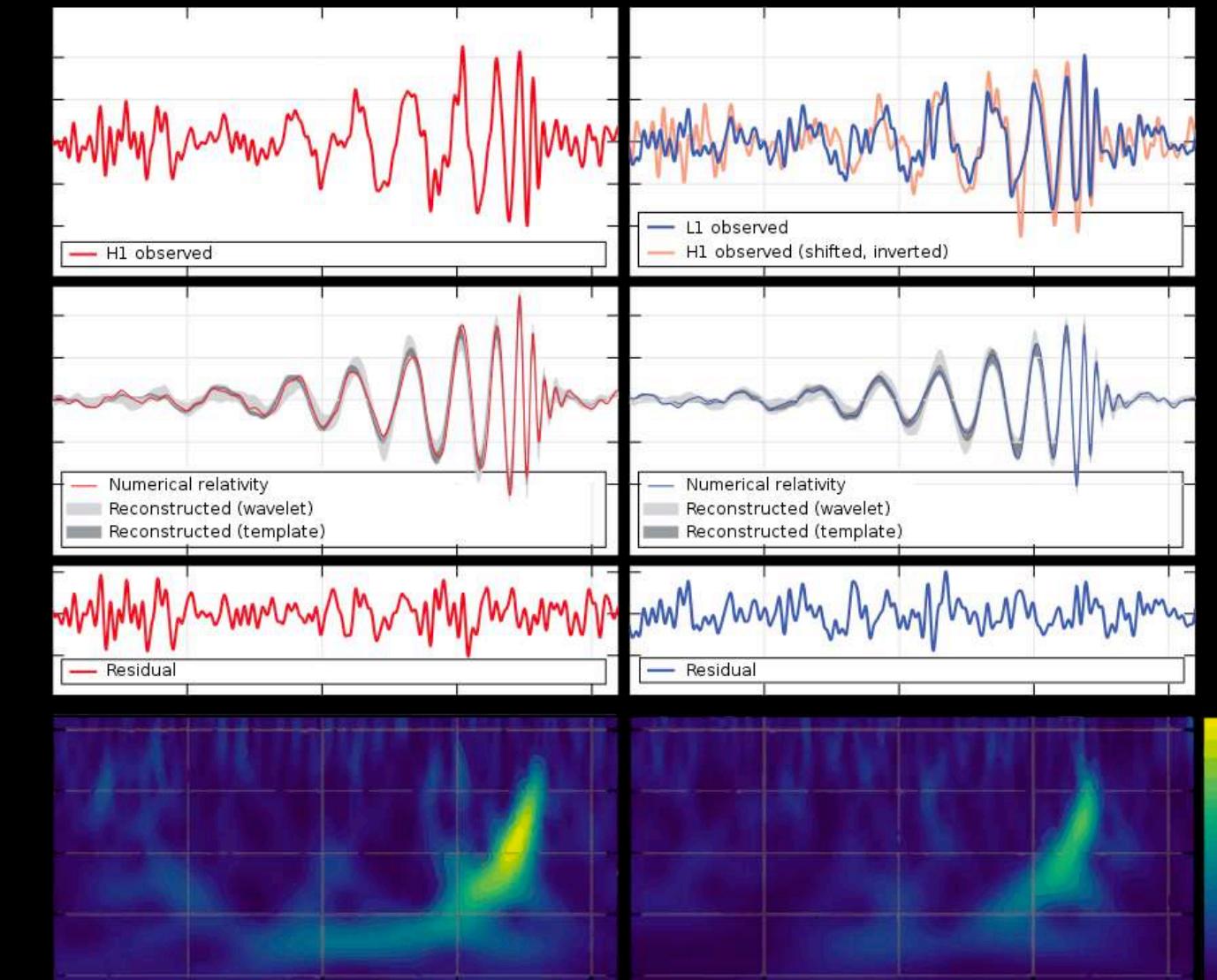
Théorie

Observation



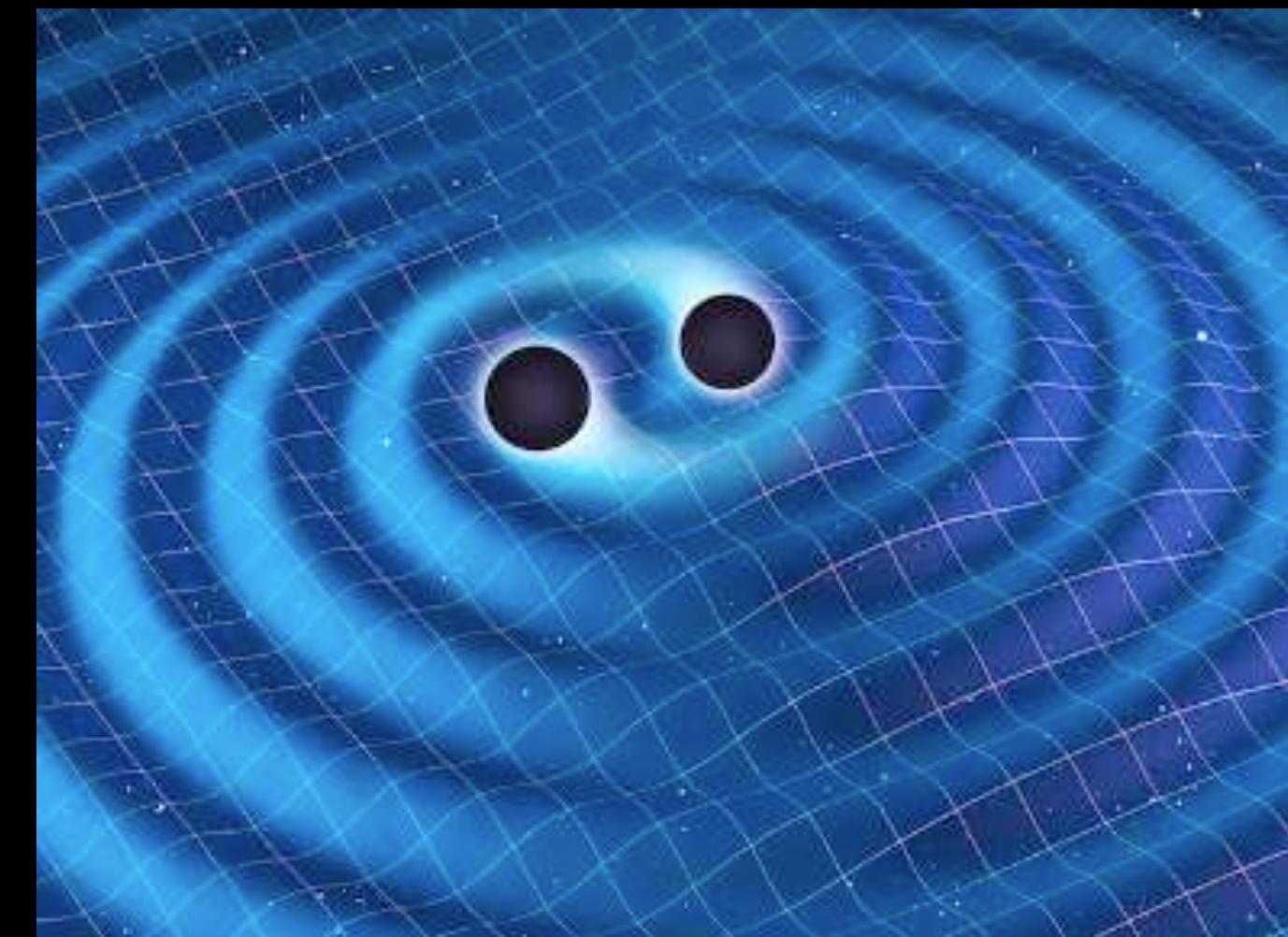
Théorie

Observation



Et les trous noirs dans tout ça?

Une prochaine fois...



Théorie