

La cosmologie

Le côté obscur de l'Univers

Julián Bautista

Où sommes nous dans l'Univers ?

Les échelles cosmiques



Soleil

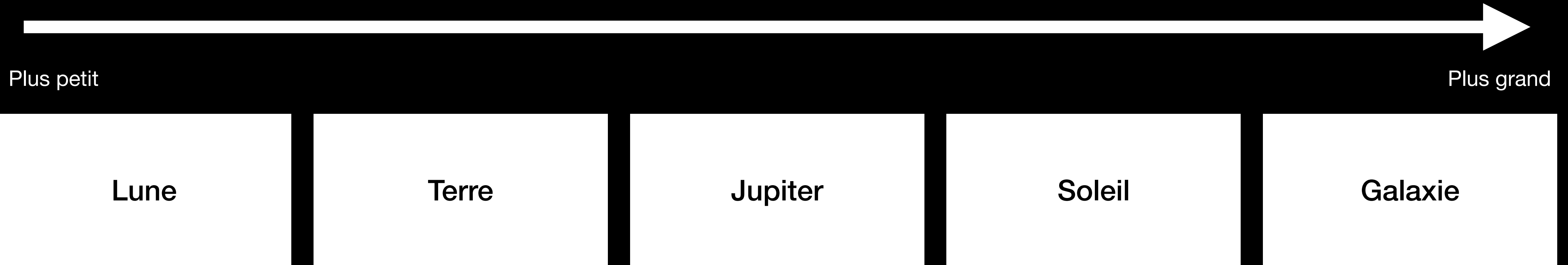
Jupiter

Terre

Lune

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

C'est quoi ?



La Voie Lactée



C'est quoi ?

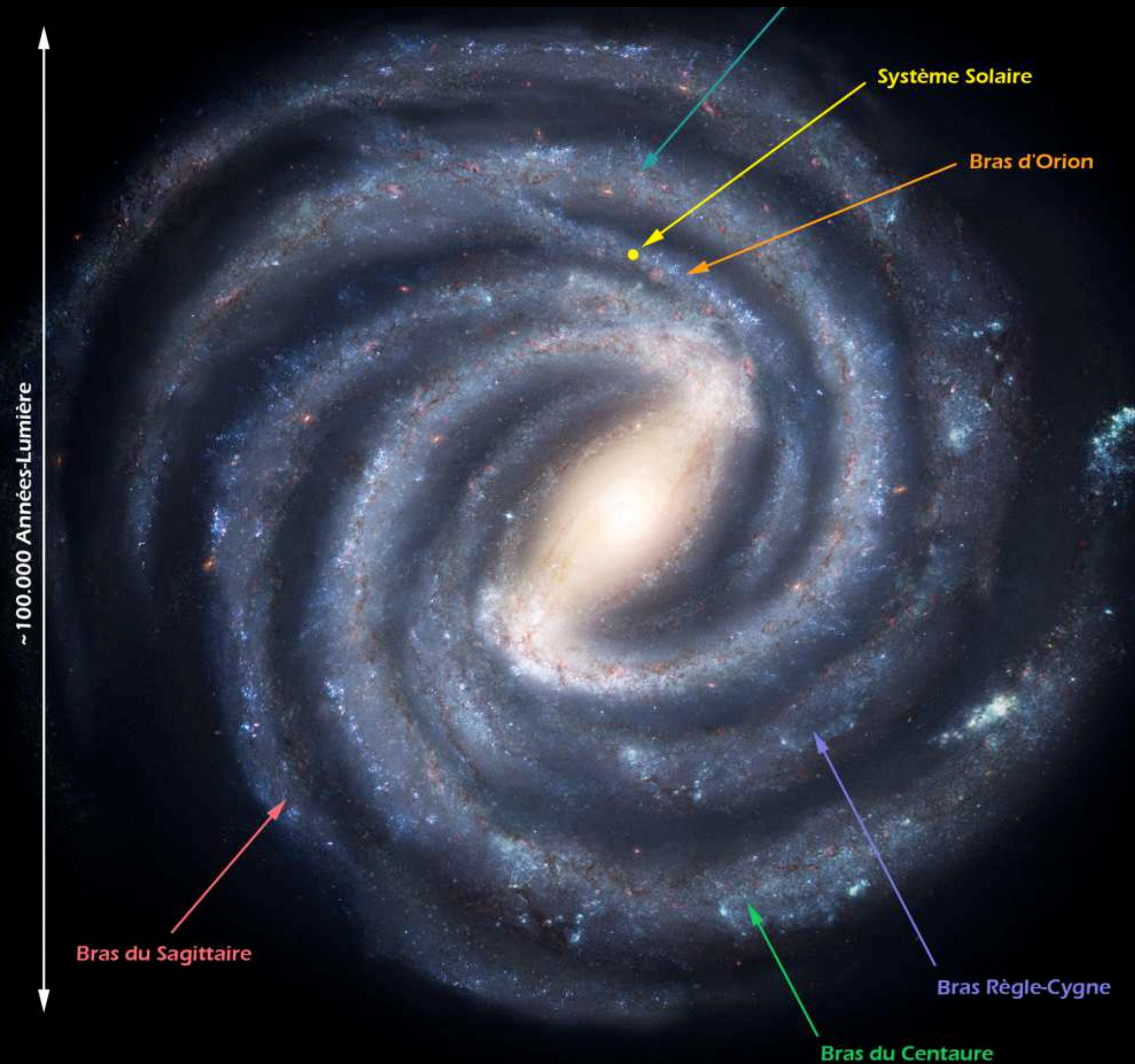
La Voie Lactée

C'est quoi ?

La Voie Lactée

clide

Combien d'étoiles dans notre Galaxie ?



La Voie Lactée

Environ :

12

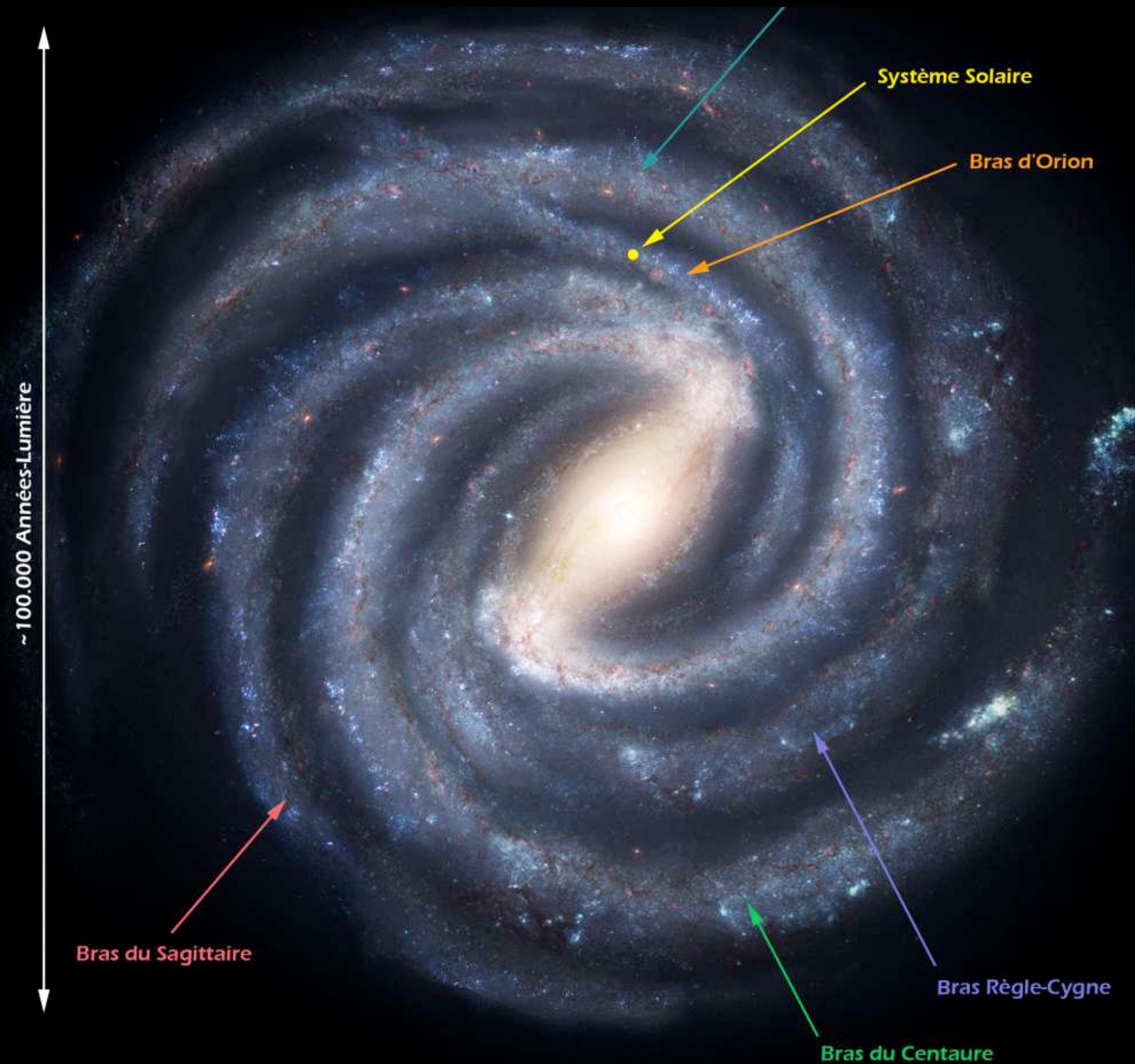
1000

1 000 000

1 000 000 000

100 000 000 000

Combien d'étoiles dans notre Galaxie ?



La Voie Lactée

Environ :

12

1000

1 000 000

1 000 000 000

100 000 000 000

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



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



Charles Messier

@Username

Ceci n'est pas une comète!

12:00 PM · Jul 3, 1781

50 Retweets

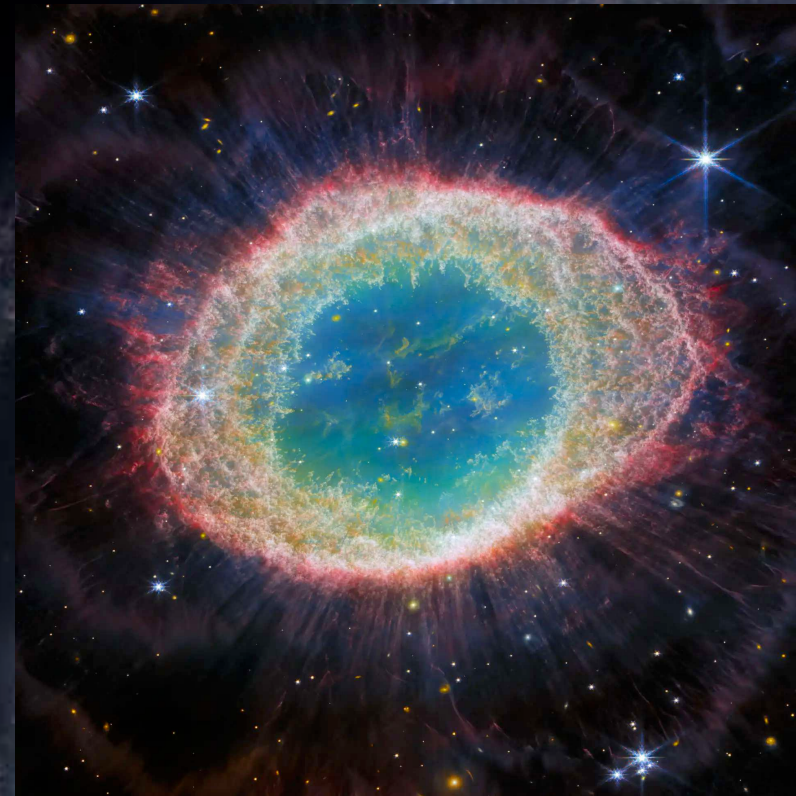
12 Quote Tweets

8 Likes



Qu'est-ce qu'il y a au-delà ?

M57



M45



Système Solaire

M15



M16



Bras du Sagittaire

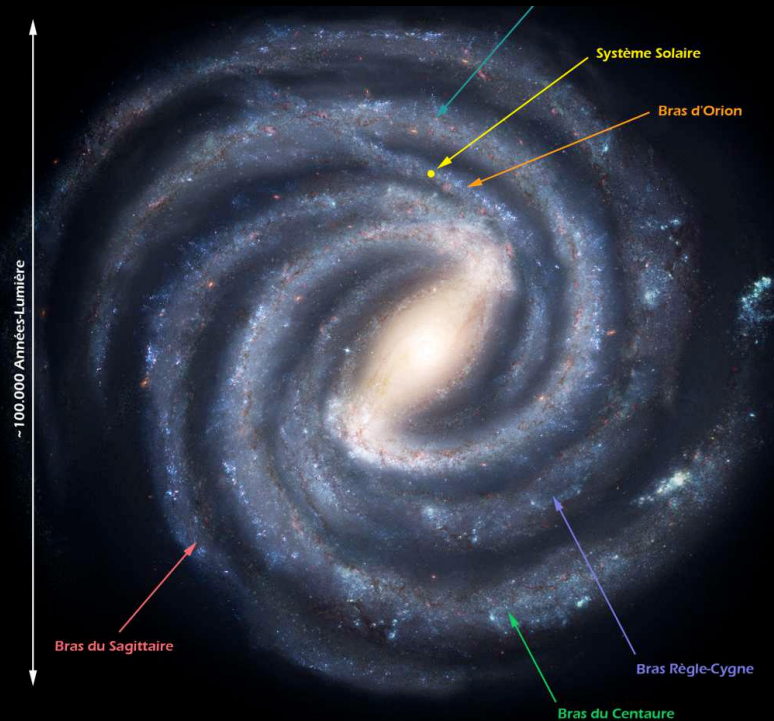
Bras Règle-Cygne

Bras du Centaure

~ 100.000 Années-Lumière

Qu'est-ce qu'il y a au-delà ?

M31 - Galaxie d'Andromède



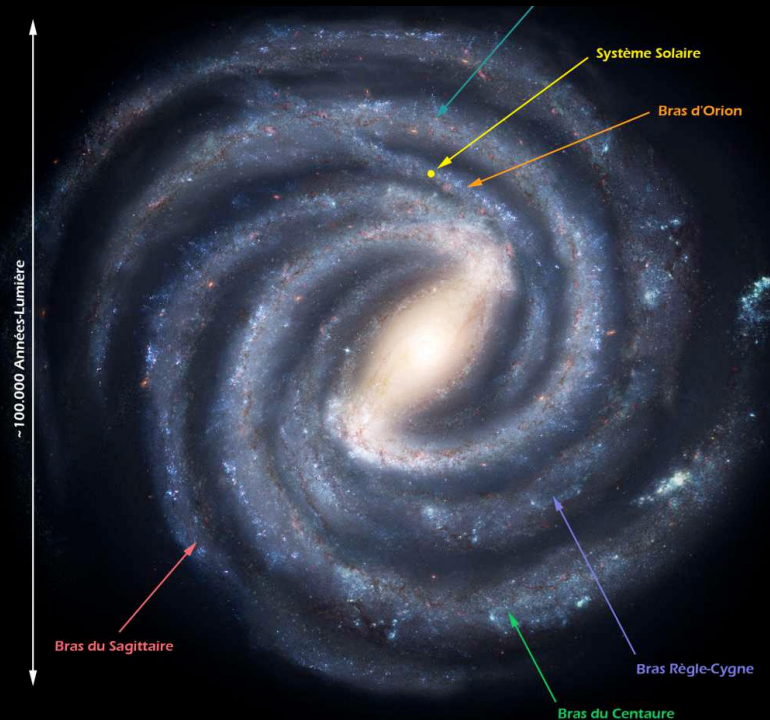
La Voie Lactée



Une autre galaxie comme la nôtre !

Qu'est-ce qu'il y a au-delà ?

M31 - Galaxie d'Andromède



Une autre galaxie comme la nôtre !



Edwin Hubble

@Username

Mais ces objets sont plus loins que ce qu'on imagine!

12:00 PM · Jun 1, 1923

200 Retweets **22** Quote Tweets **2** Likes



Qu'est-ce qu'il y a au-delà ?



Combien de galaxies dans notre Univers ?

Environ :

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)



Combien de galaxies dans notre Univers ?

Environ :

12

1000

1 000 000 (million)

1 000 000 000 (milliard)

500 000 000 000

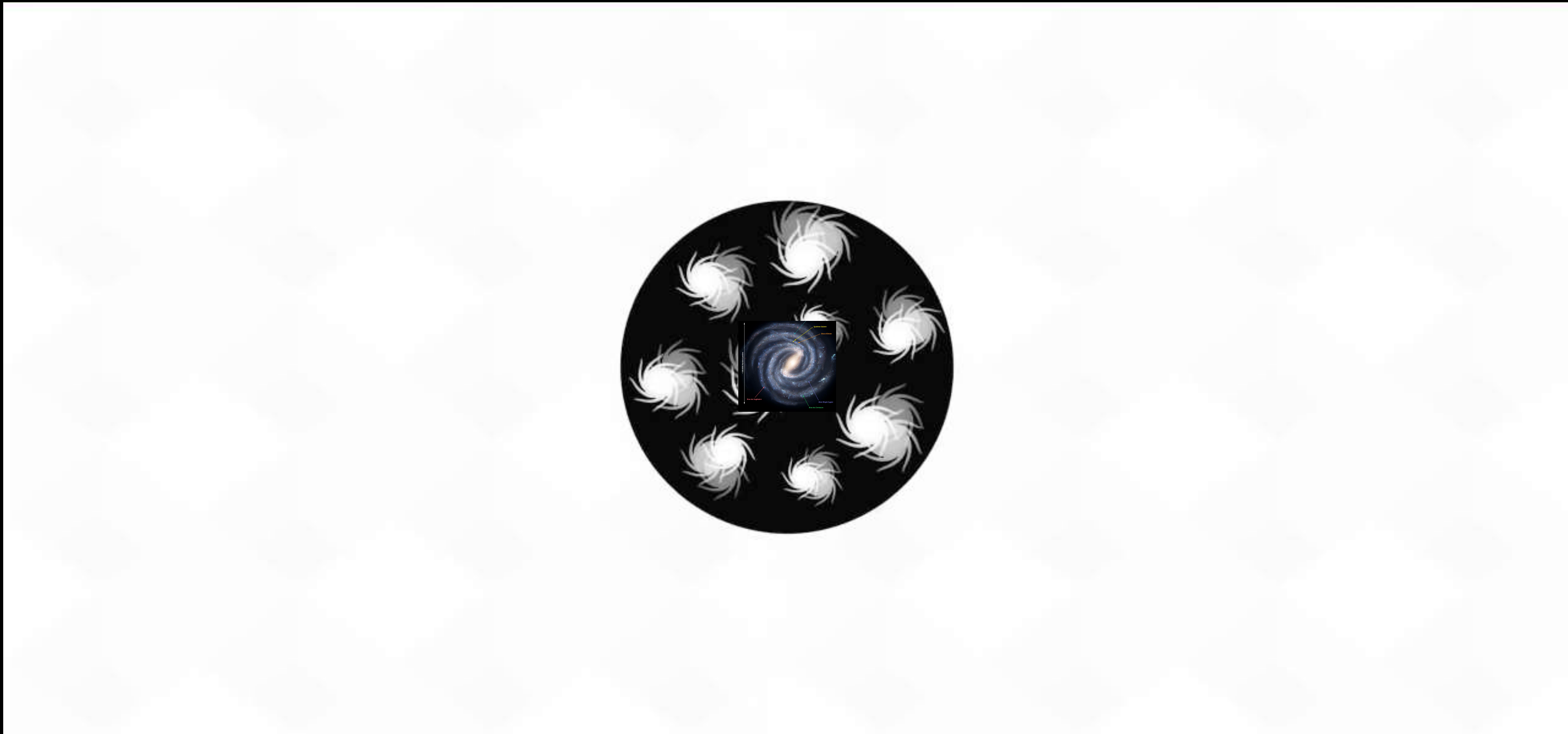
1 000 000 000 000 (billion)

1 000 000 000 000 000 (billiard)



L'expansion de l'Univers

L'expansion de l'Univers



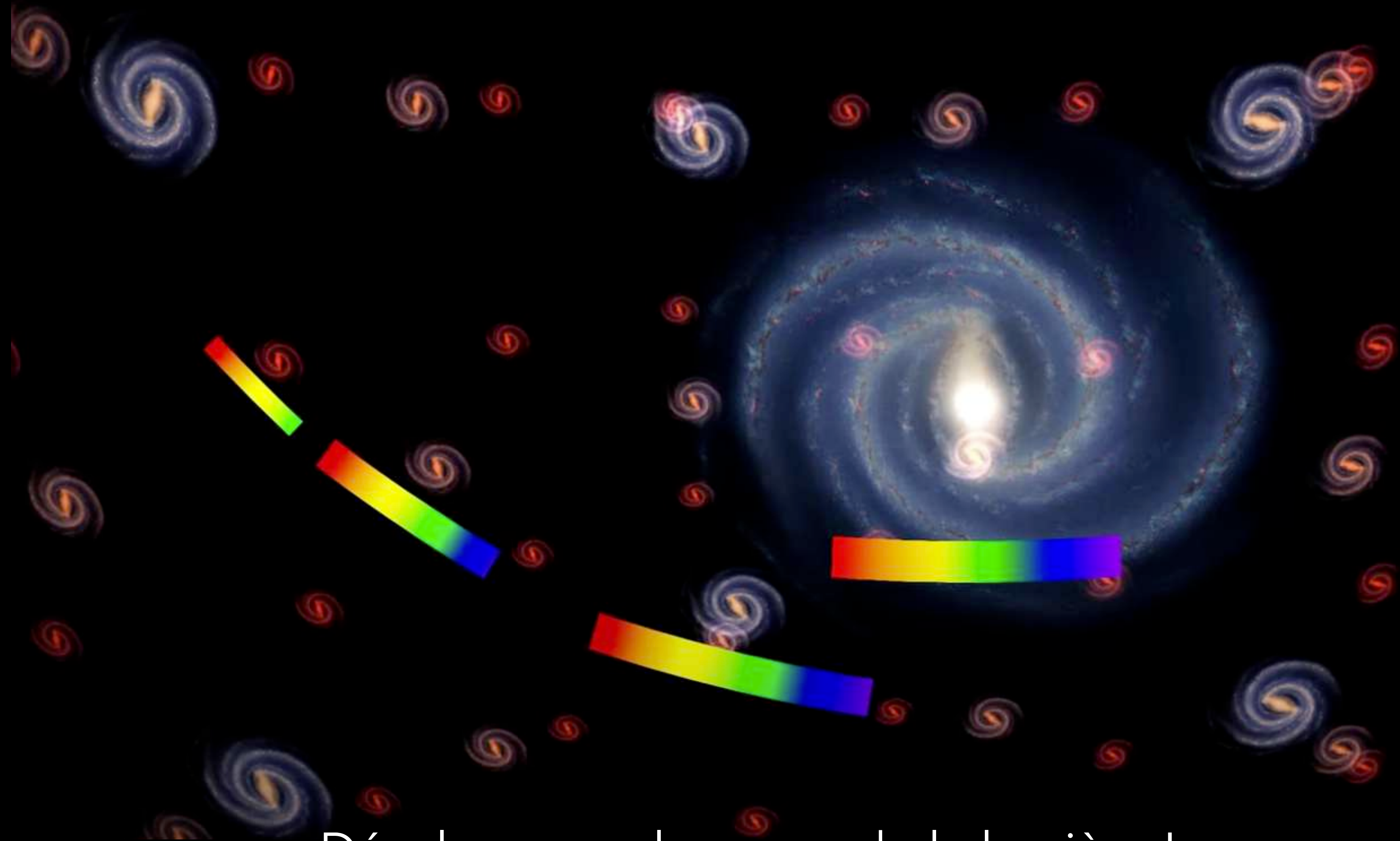
Distance entre galaxies augmente...

L'expansion de l'Univers



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

L'expansion de l'Univers



Décalage vers le rouge de la lumière !

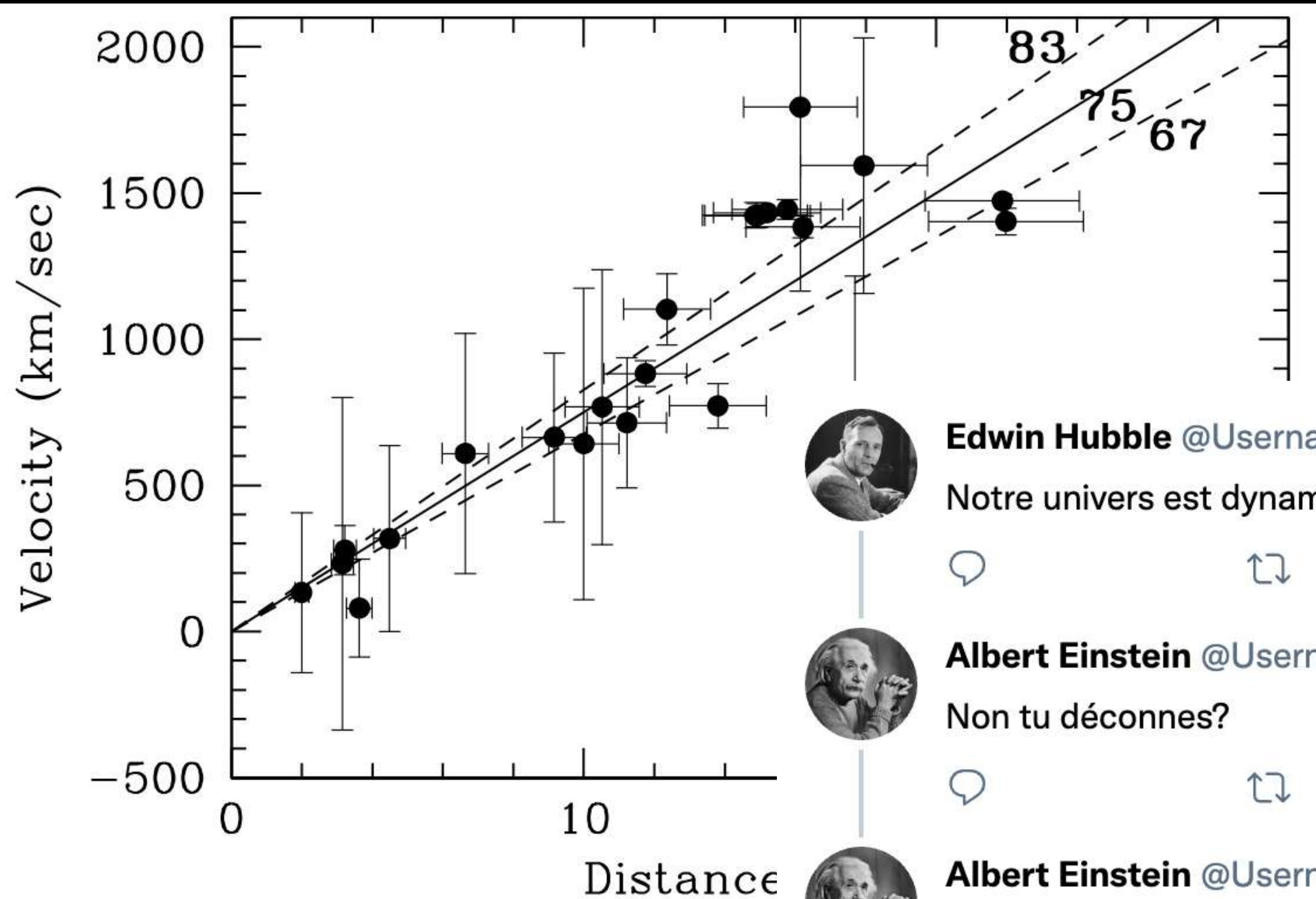
L'expansion de l'Univers



Effet Doppler du son et de la lumière

L'expansion de l'Univers

Vitesse en km/s
(décalage vers le rouge)



1 Mpc = 3 millions d'années-lumière



Edwin Hubble @Username · Jun 1, 1929

Notre univers est dynamique les gars!



Albert Einstein @Username · Jun 1, 1929

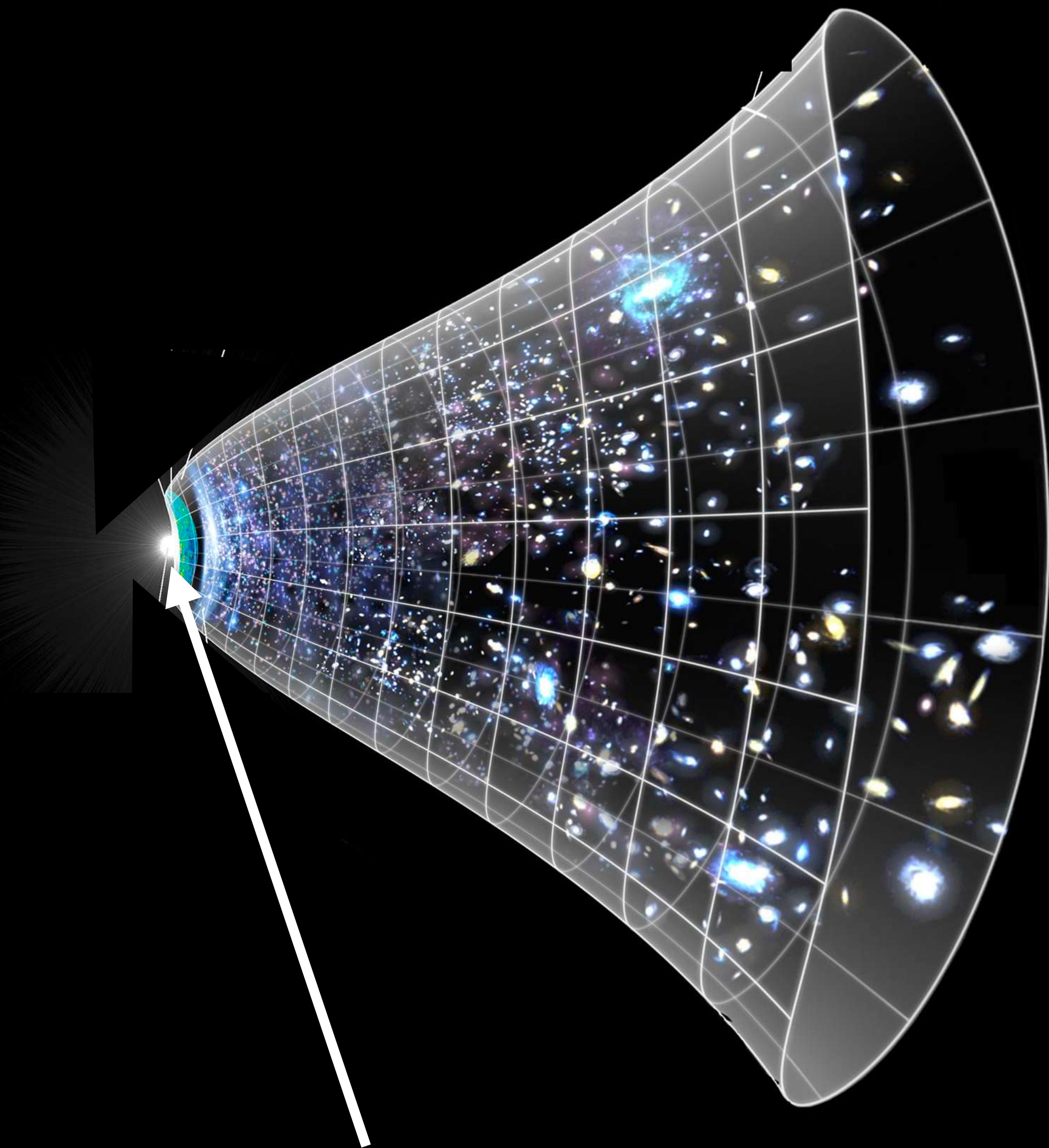
Non tu déconnes?



Albert Einstein @Username · Jun 1, 1929

Mea culpa!





Big Bang ?

Observations



Théorie



Georges Gamow

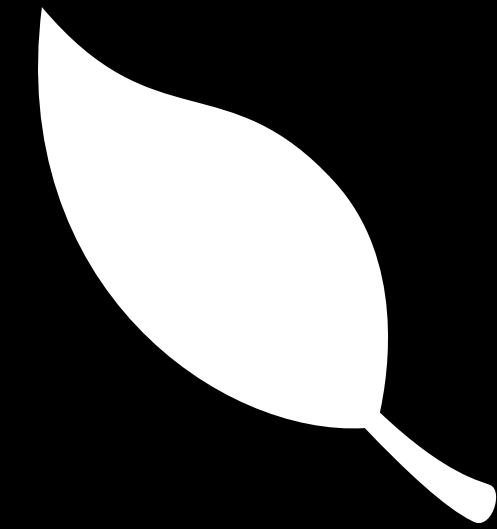
@GG

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

12:00 PM · Jul 3, 1946

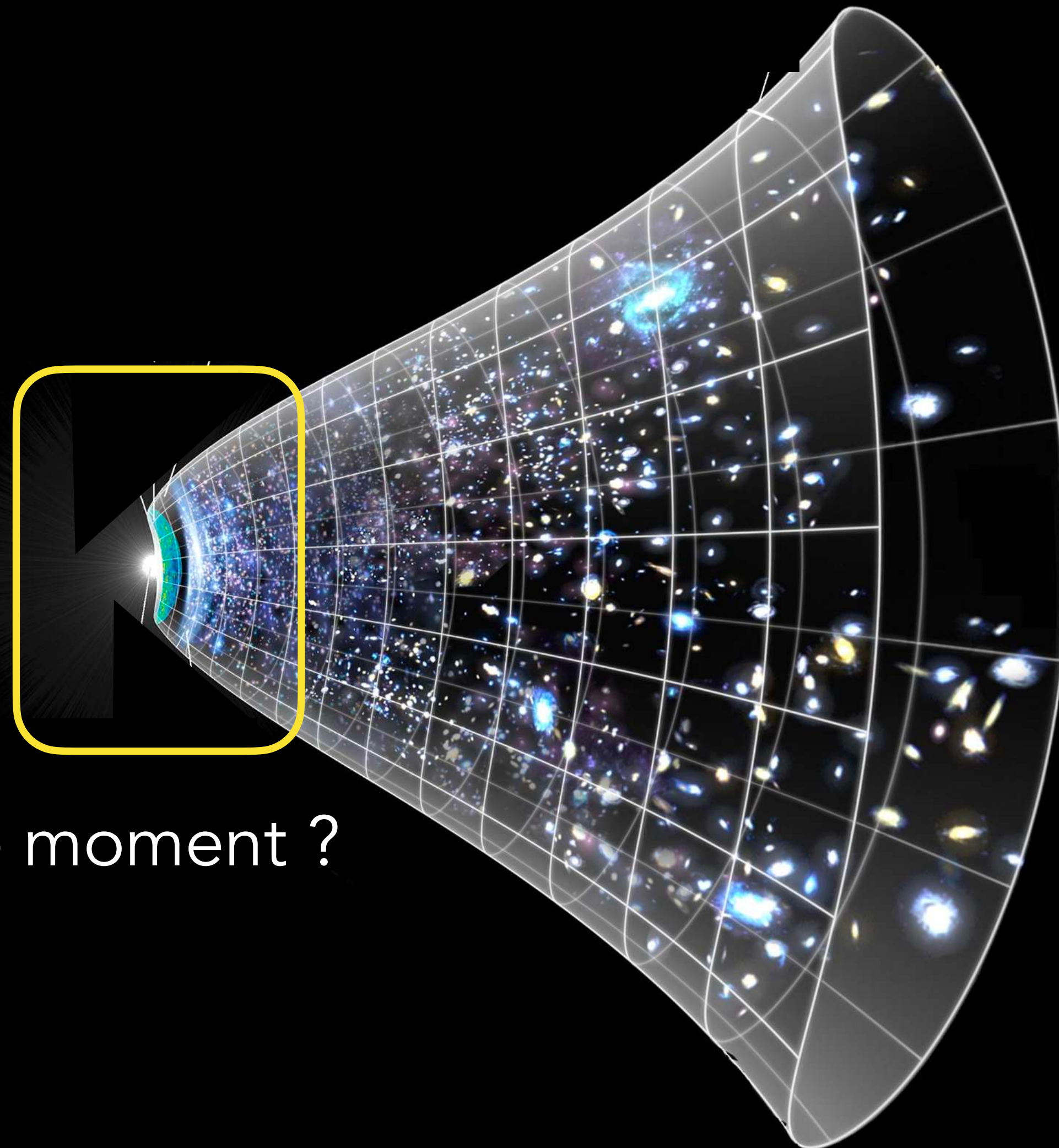


Observations → Théorie ^{Test} → Observations



Quel objet touche le sol en premier ?

Et pour le Big Bang ?



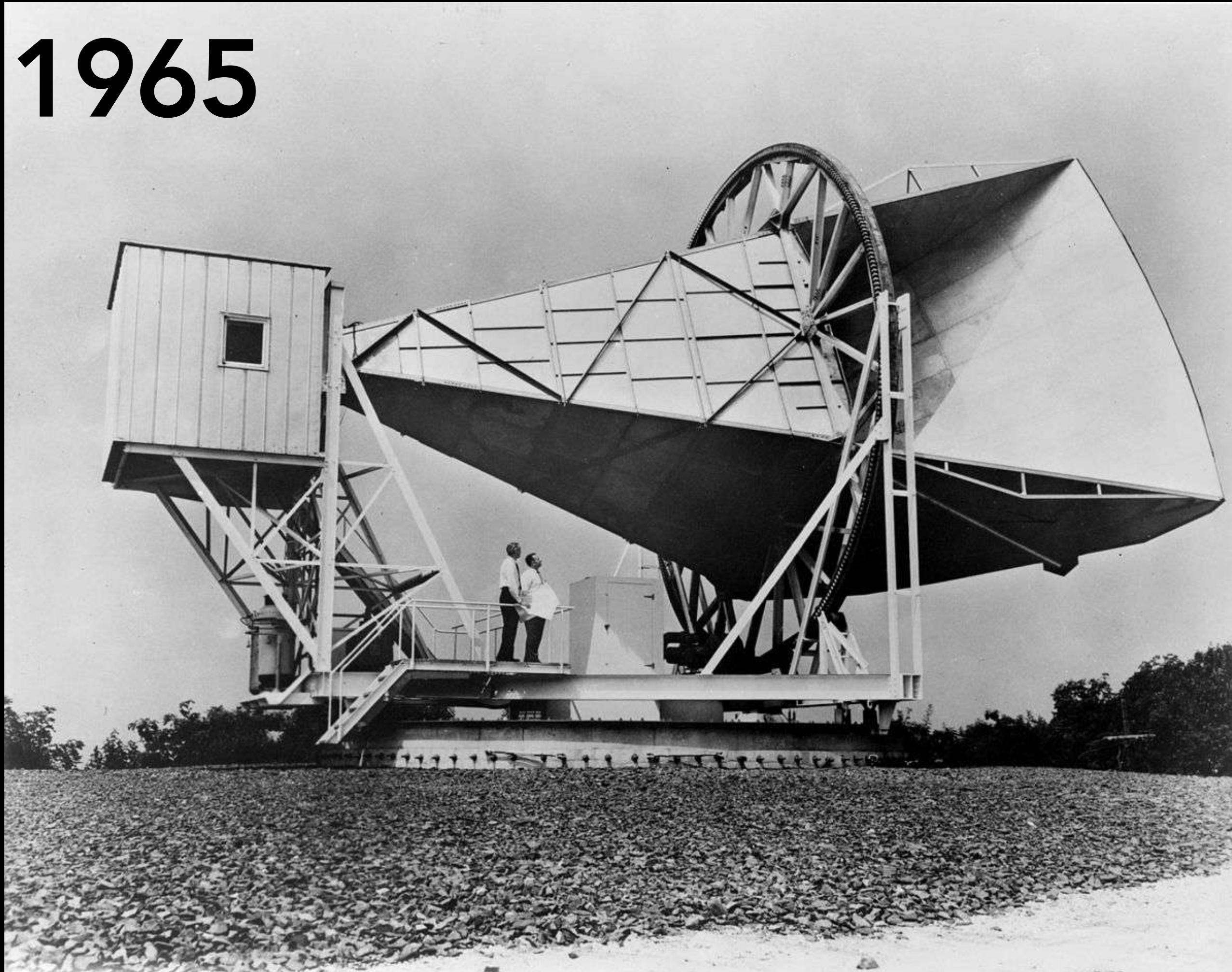
Peut-on observer ce moment ?

Et pour le Big Bang ?

Observations —————> Théorie —————> Observations

Test

1965



Penzias & Wilson

@Username

@Dickes&Peebles les amis reçoit un rayonnement chelou dans l'antenne ça serait pas le truc que vous cherchez?

12:00 PM · Jul 3, 1965

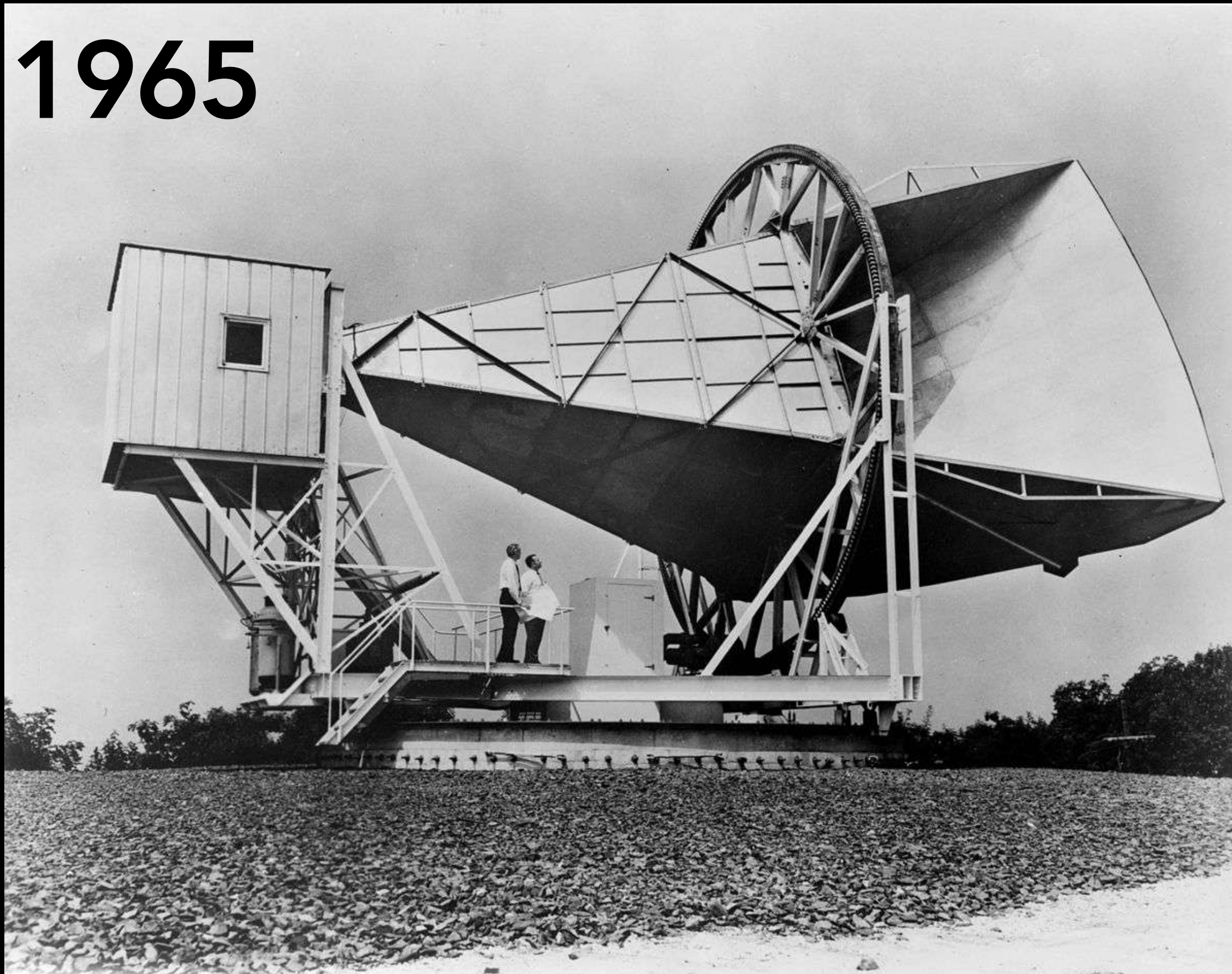


Et pour le Big Bang ?

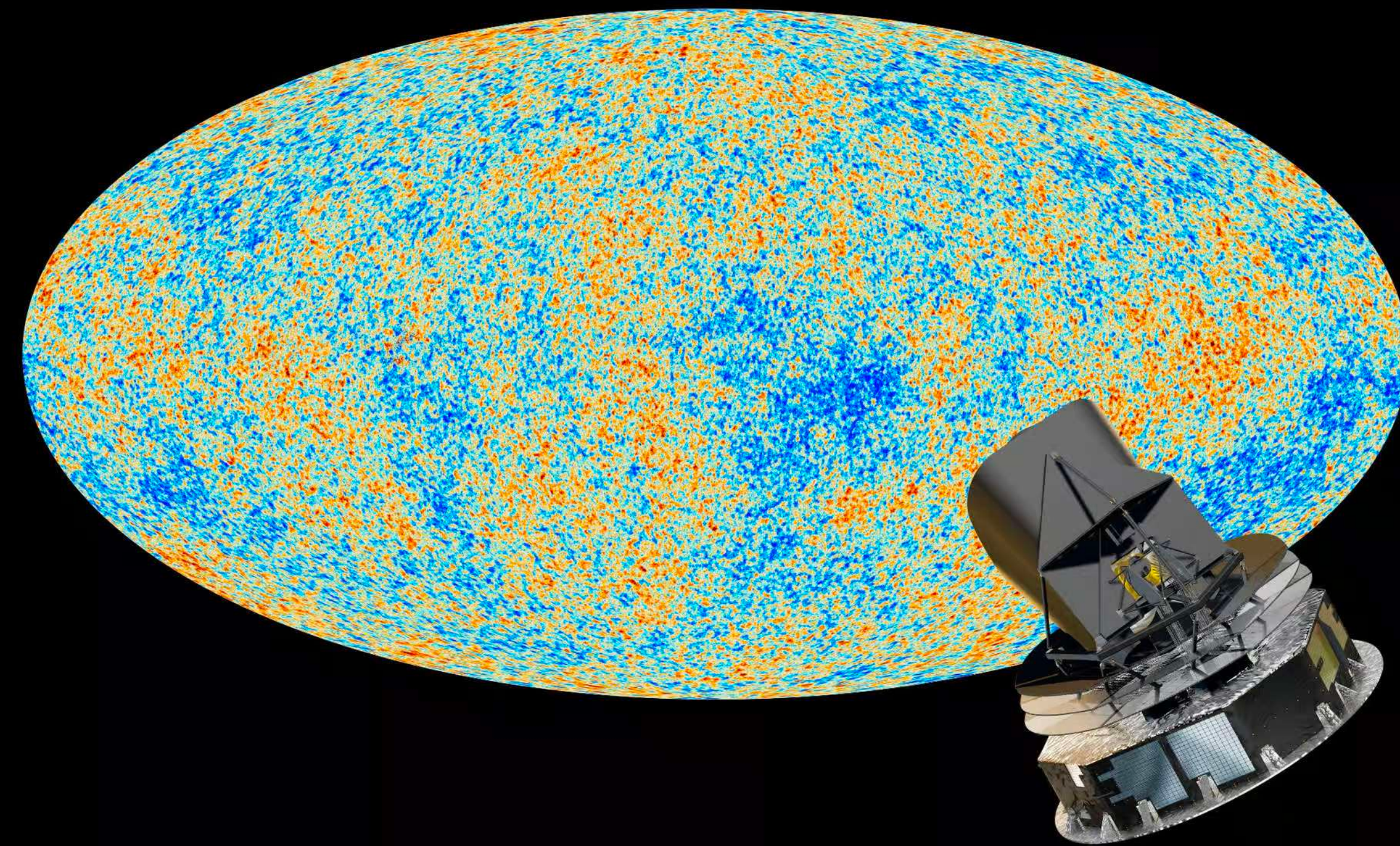
Observations —————> Théorie —————> Observations

Test

1965



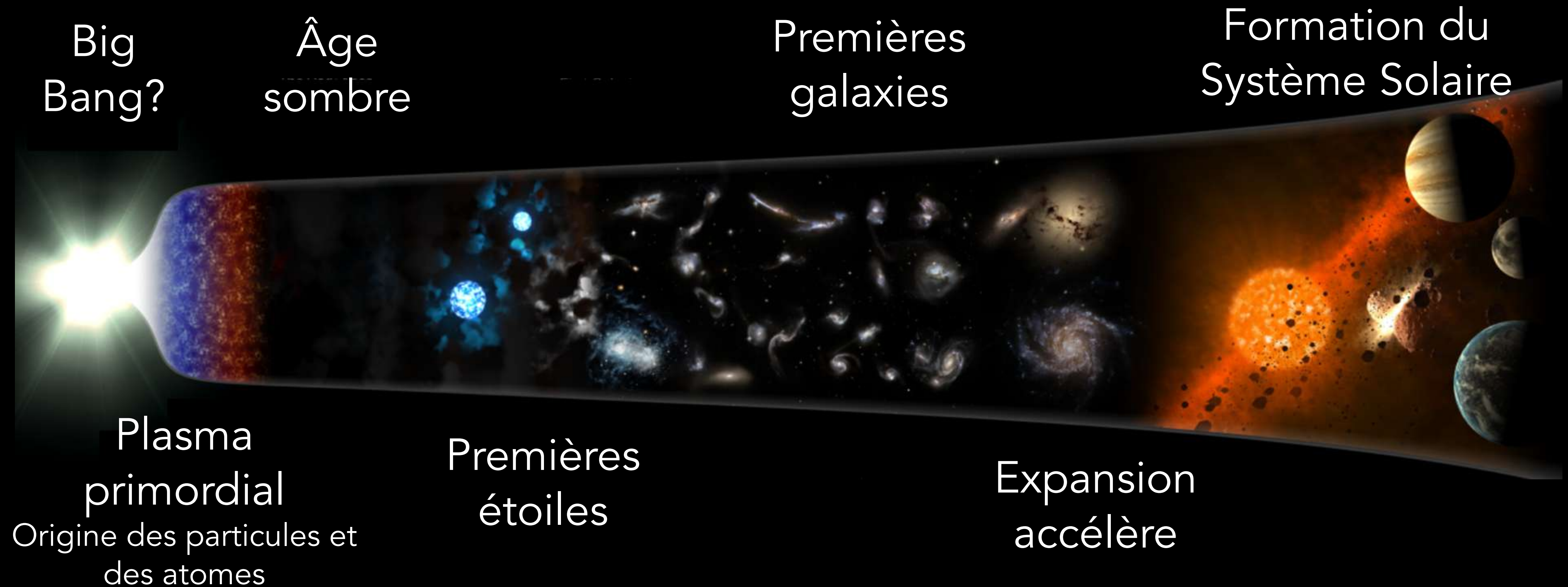
2018



Fond diffus cosmologique
par le satellite Planck

L'histoire de l'Univers

(notre théorie)



13,8 milliards d'années d'histoire !

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



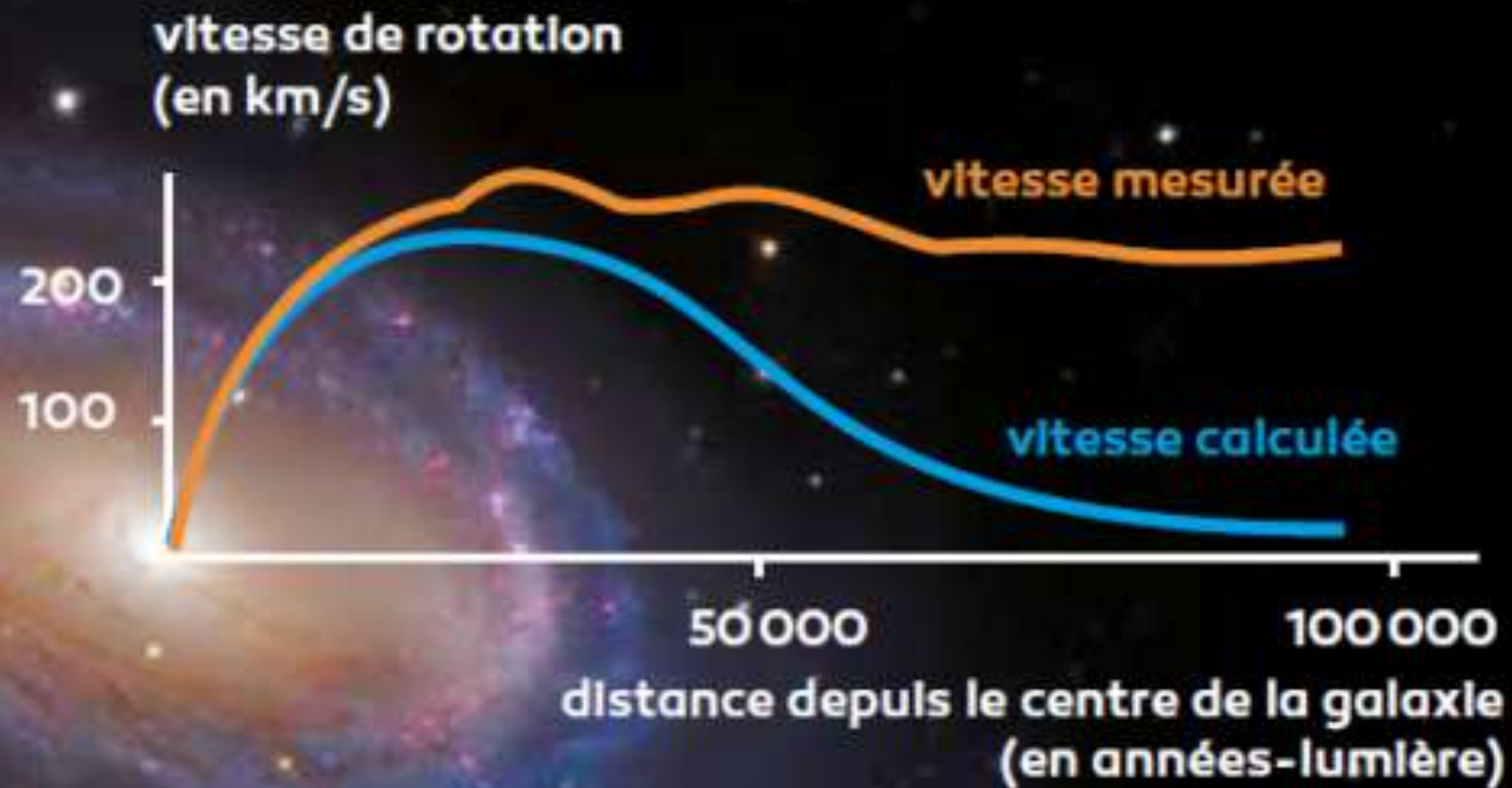
Fritz Zwicky @frizou · Jun 1, 1933

Ces galaxies sont bien trop lourdes!!!

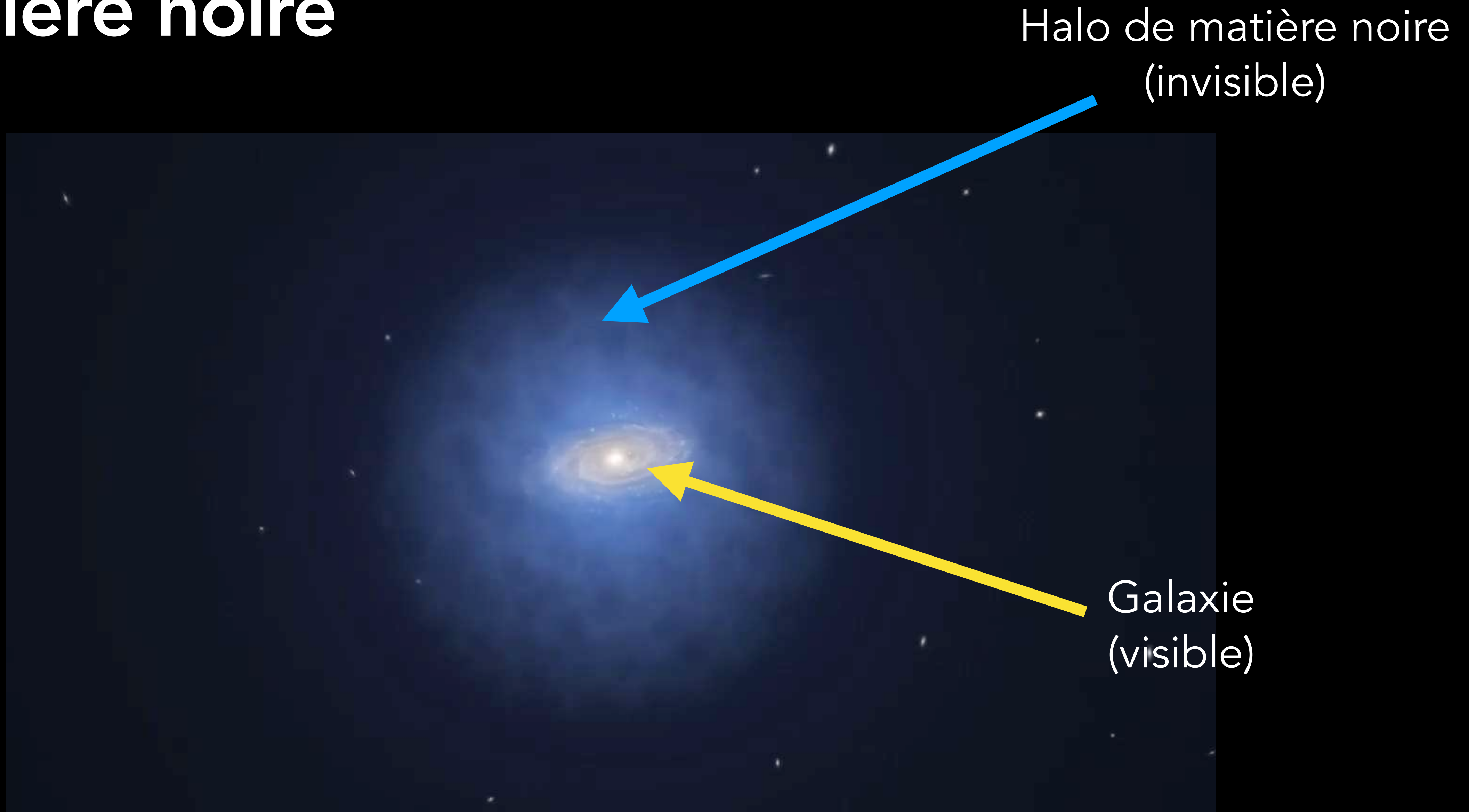


Vera Rubin @VR · Jun 1, 1970

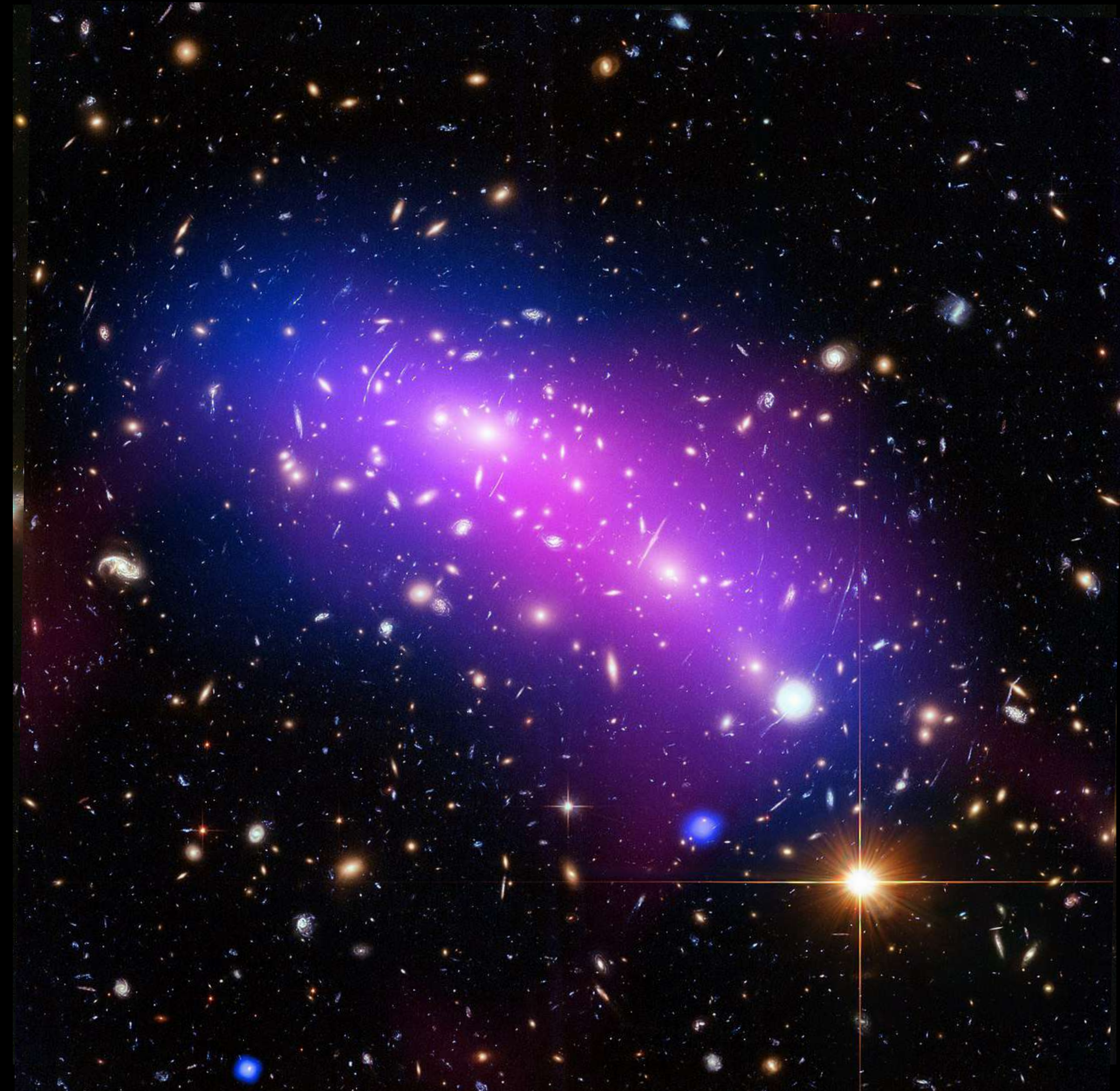
t'es encore là? à moi aussi il me manque de la masse!



La matière noire



La matière noire



Simulation numérique d'un univers



40 millions d'années lumière

Les mystères de l'Univers

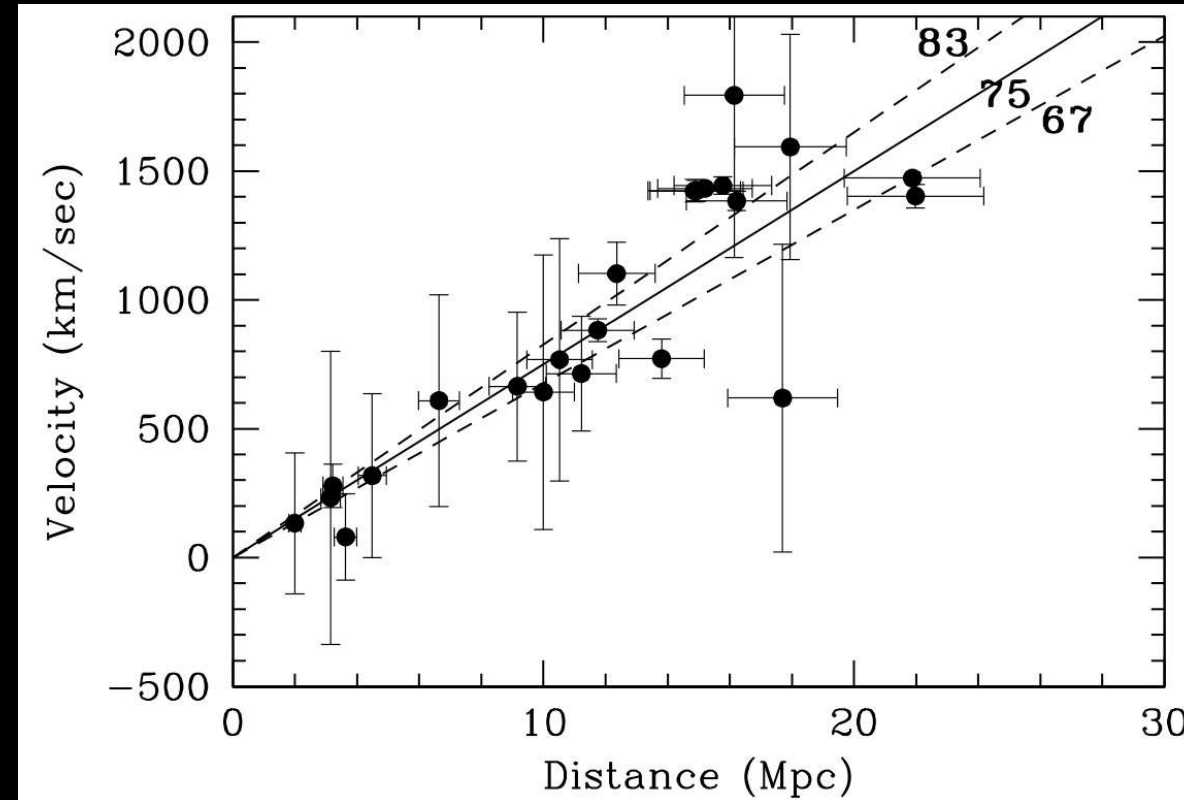
Quelle est la nature de la Matière Noire?

Qu'est l'énergie Noire?

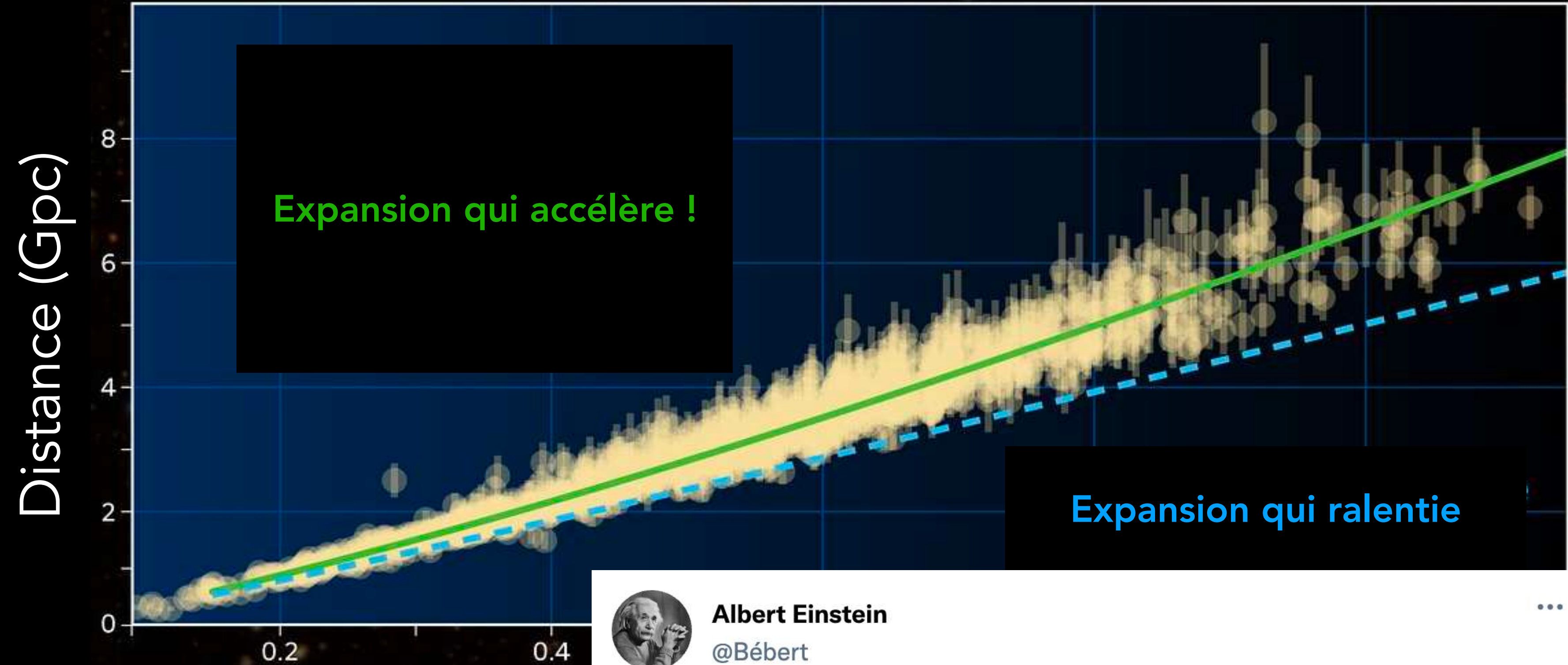
Et les trous noirs dans tout ça?

L'expansion accélérée de l'Univers

1929



2023



Distance (Mpc)

Distance (Gpc)

Expansion qui ralentie

Expansion qui accélère !

Energie noire ?



Albert Einstein

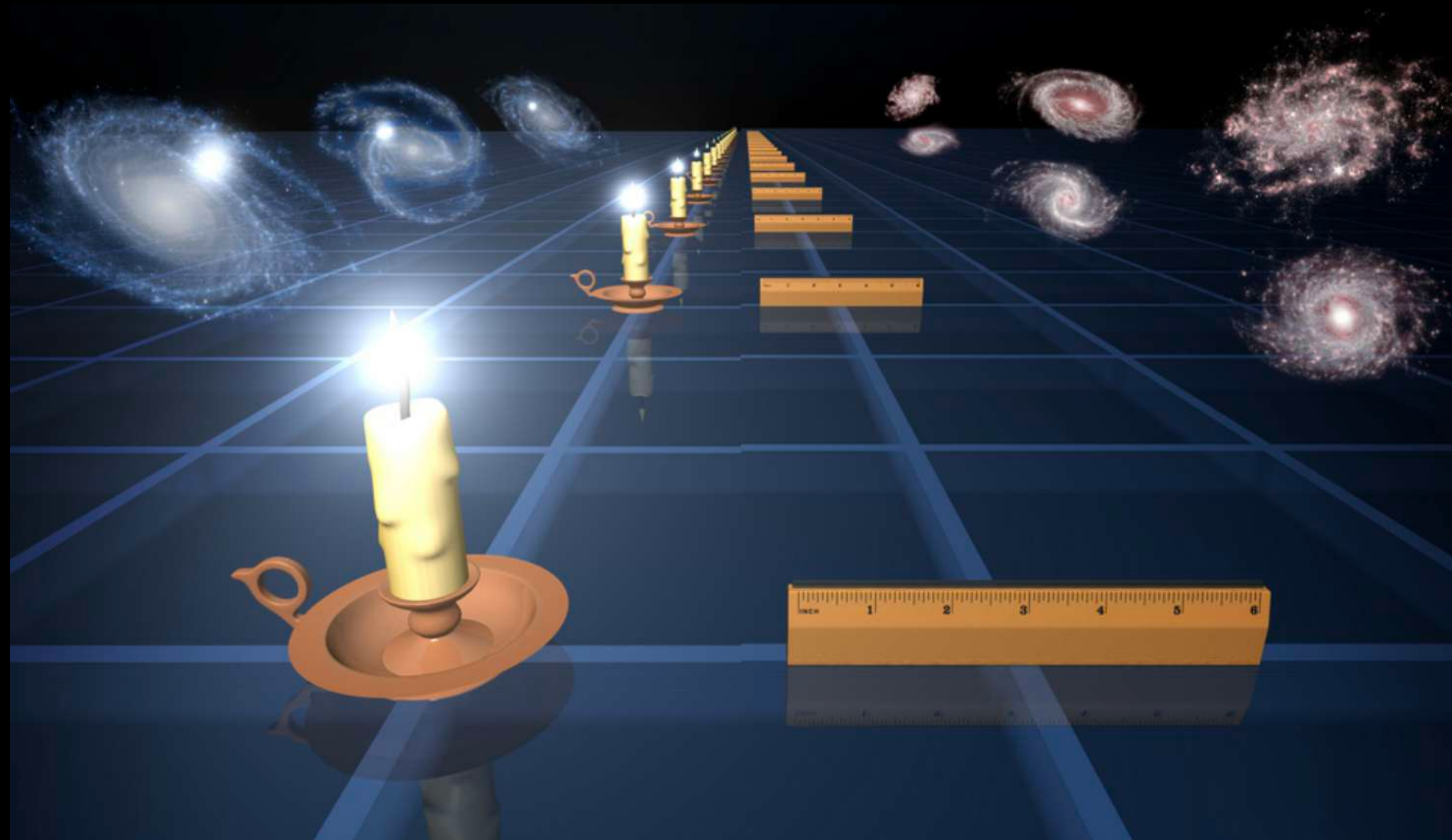
@Bébert

Celle la, on l'avait pas vu venir!

12:00 PM · Jul 3, 1997



Comment mesurer l'expansion ?

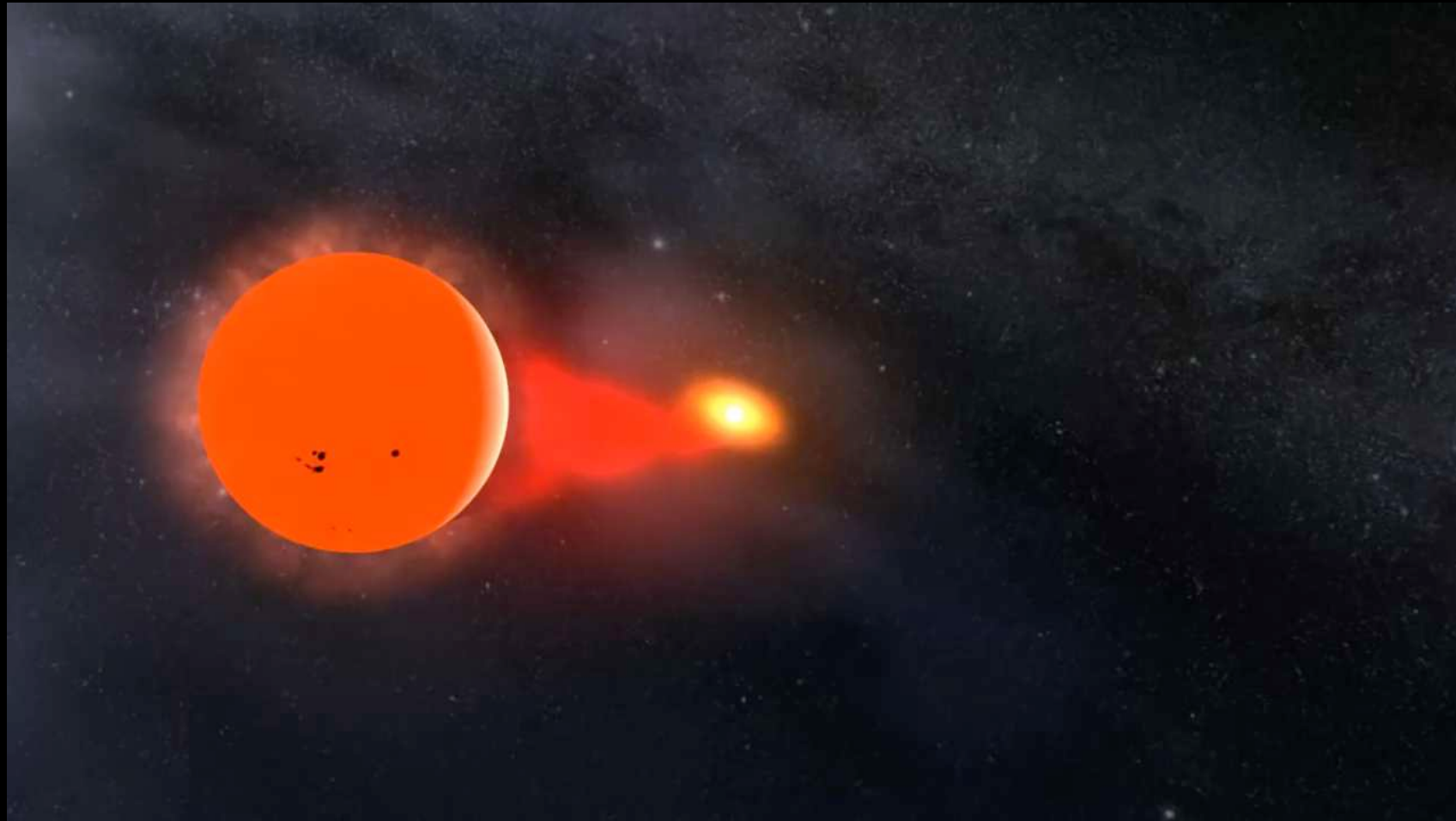


Supernovae
Chandelles standard

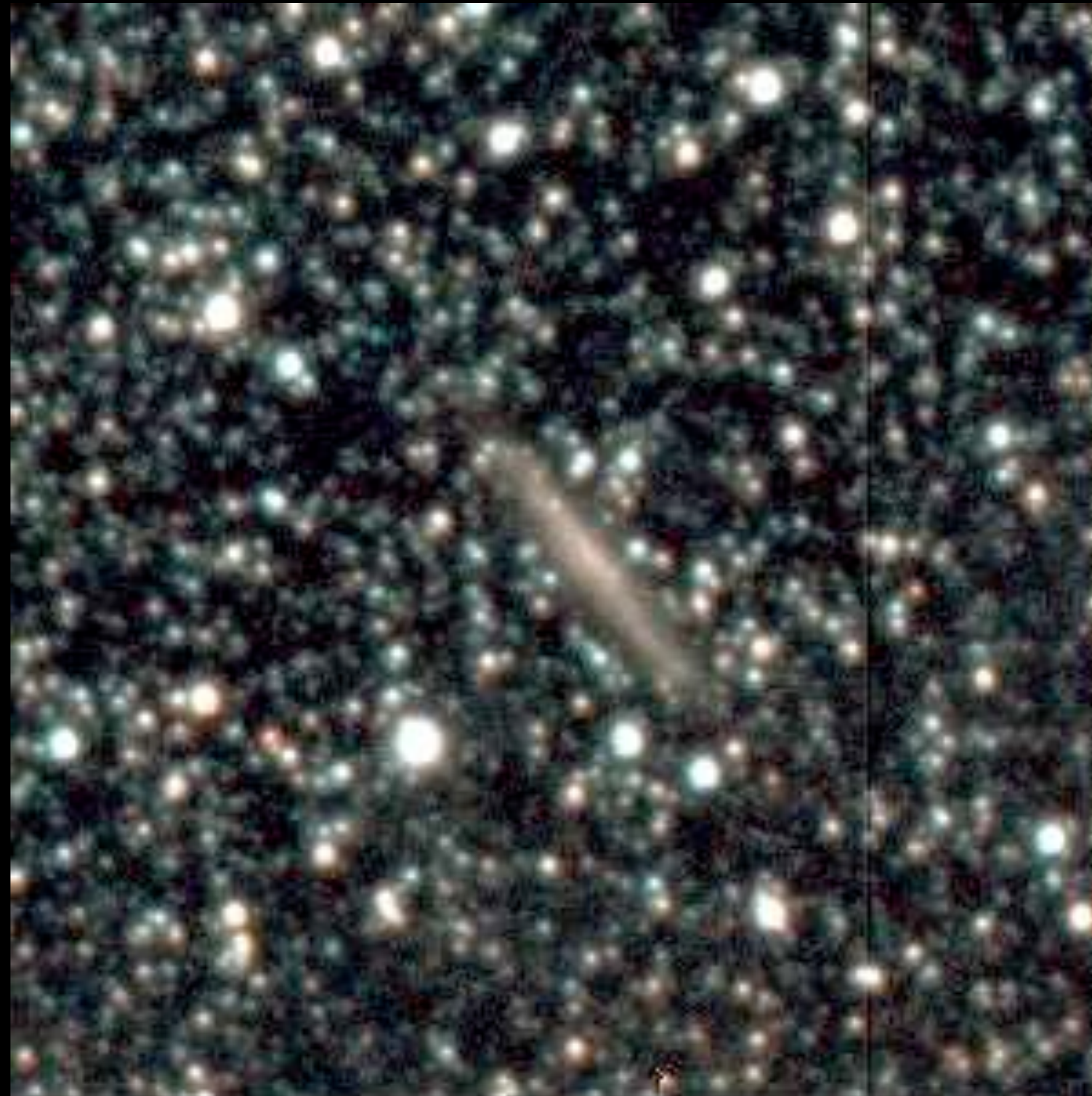
Règle cosmique

Comment mesurer l'expansion ?

Théorie

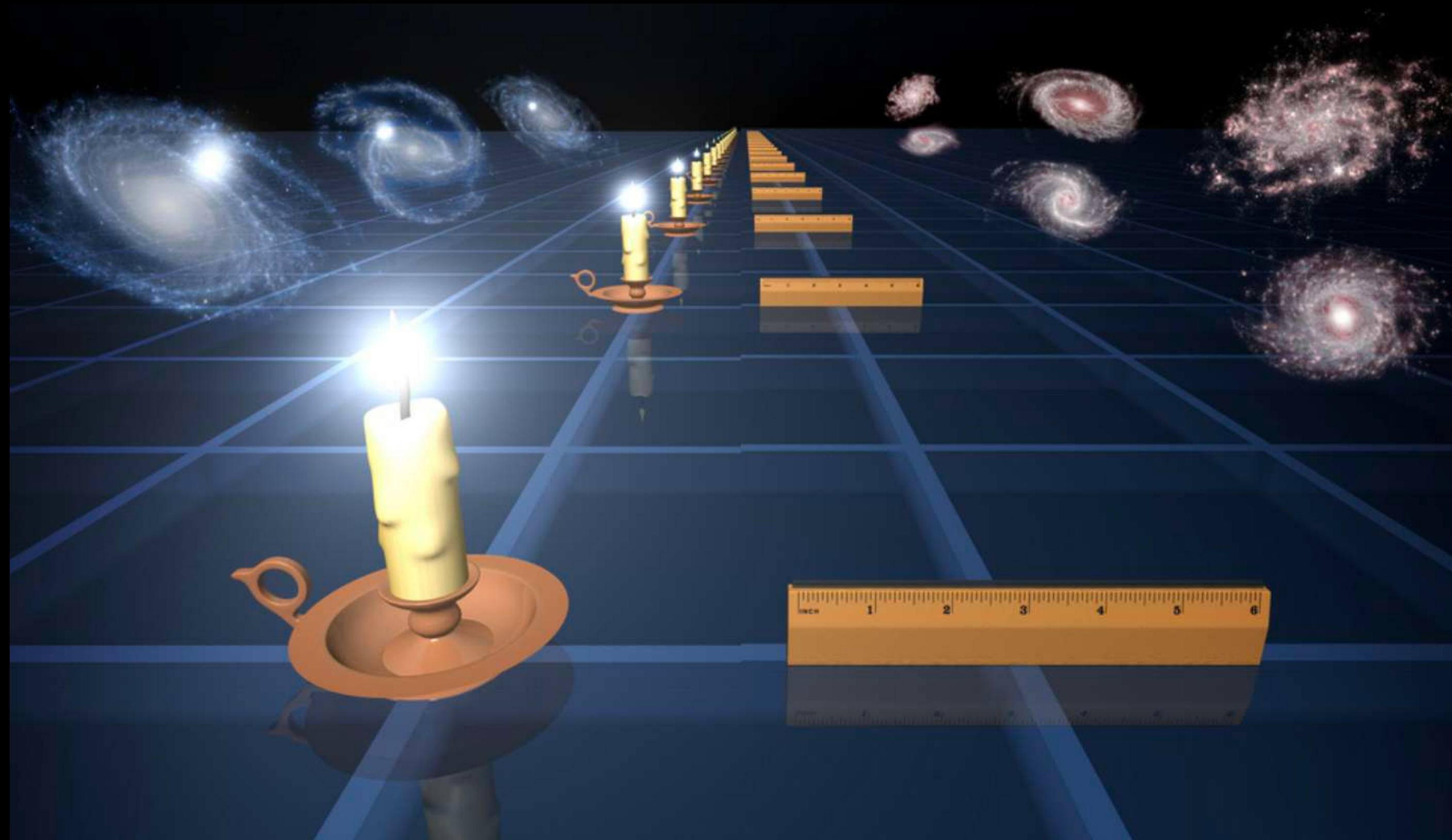


Observation



Supernovae
Chandelles standard

Comment mesurer l'expansion ?

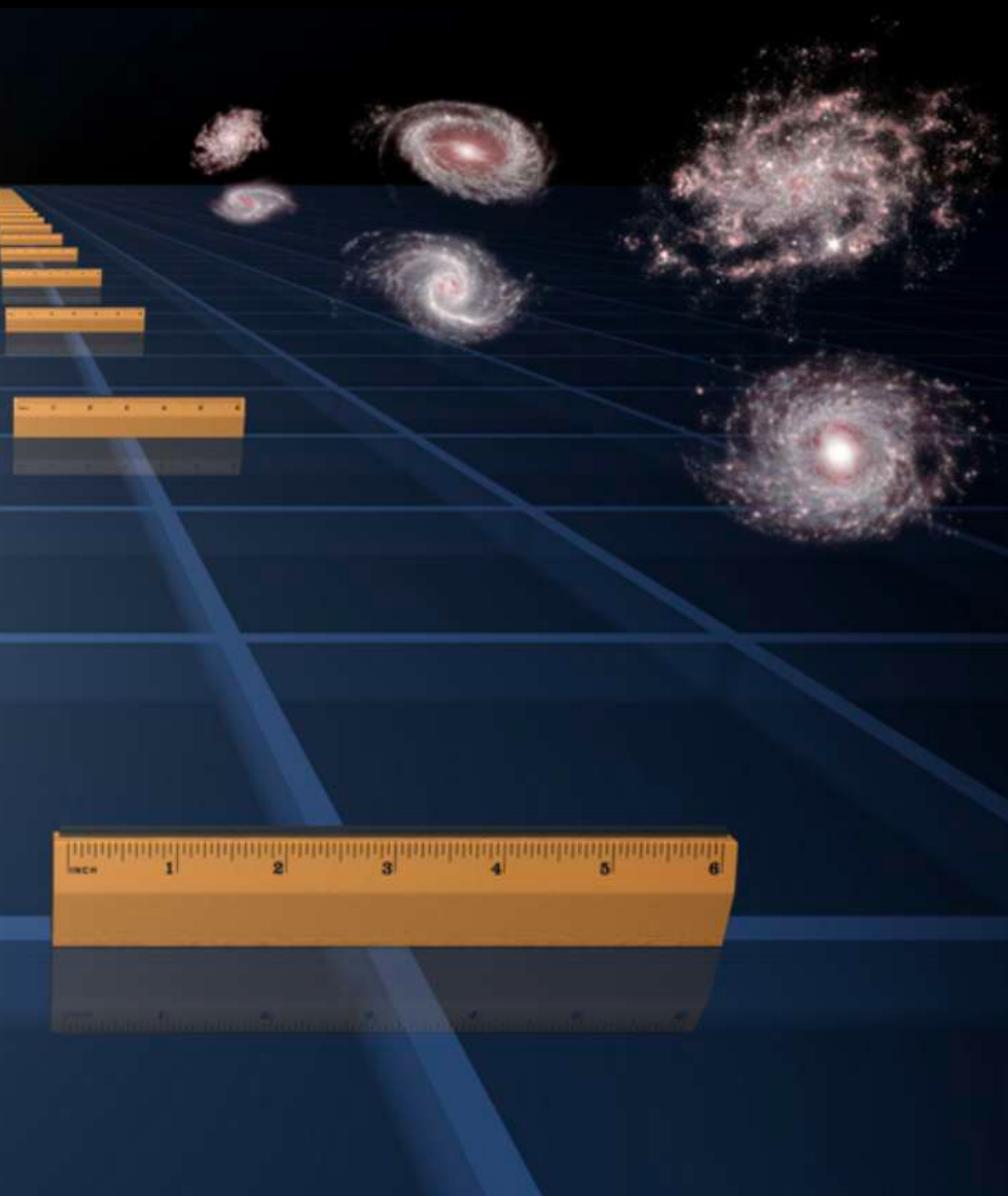


Supernovae
Chandelles standard

Règle cosmique

Comment mesurer l'expansion ?

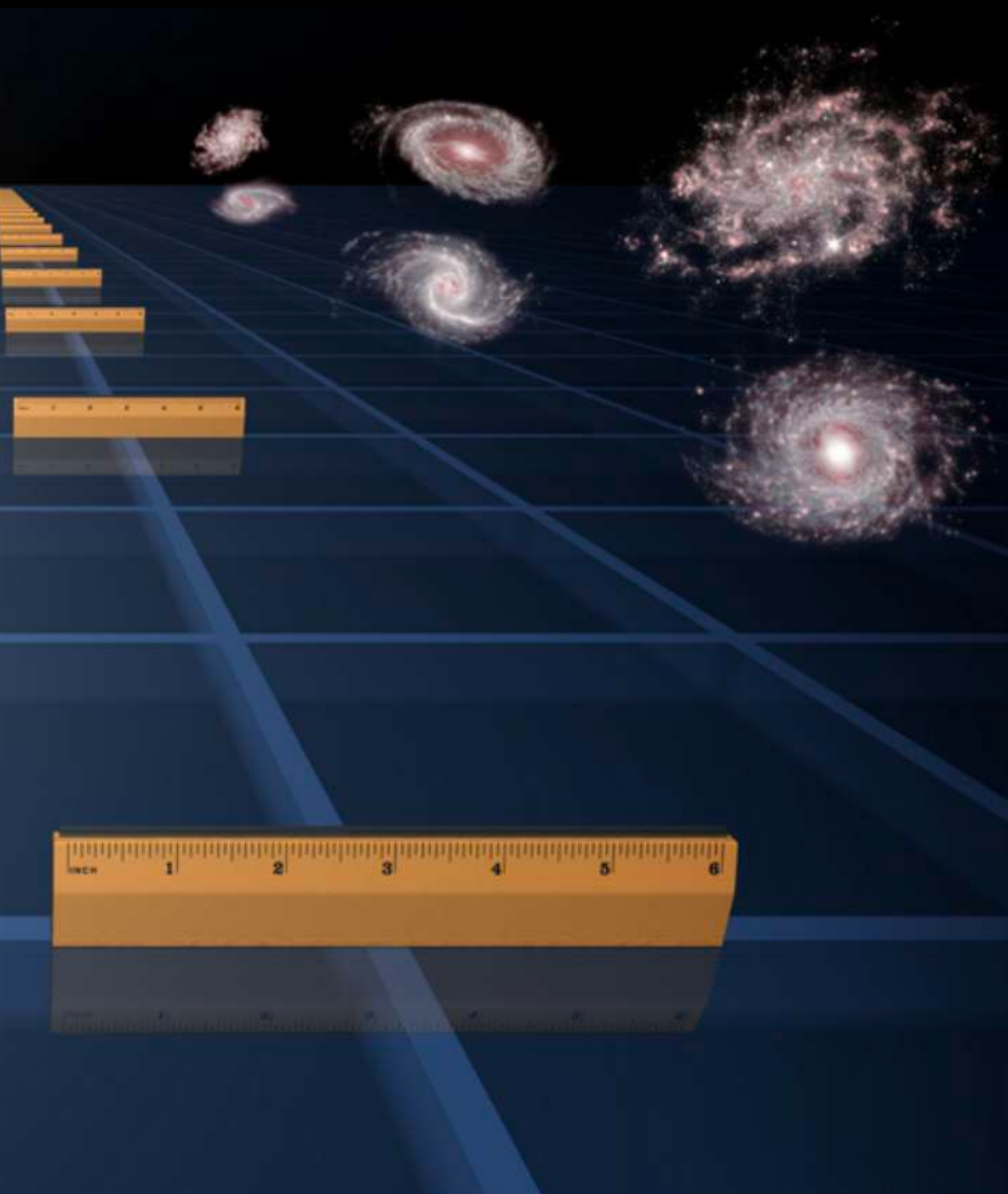
Vagues dans le plasma primordial



Règle cosmique

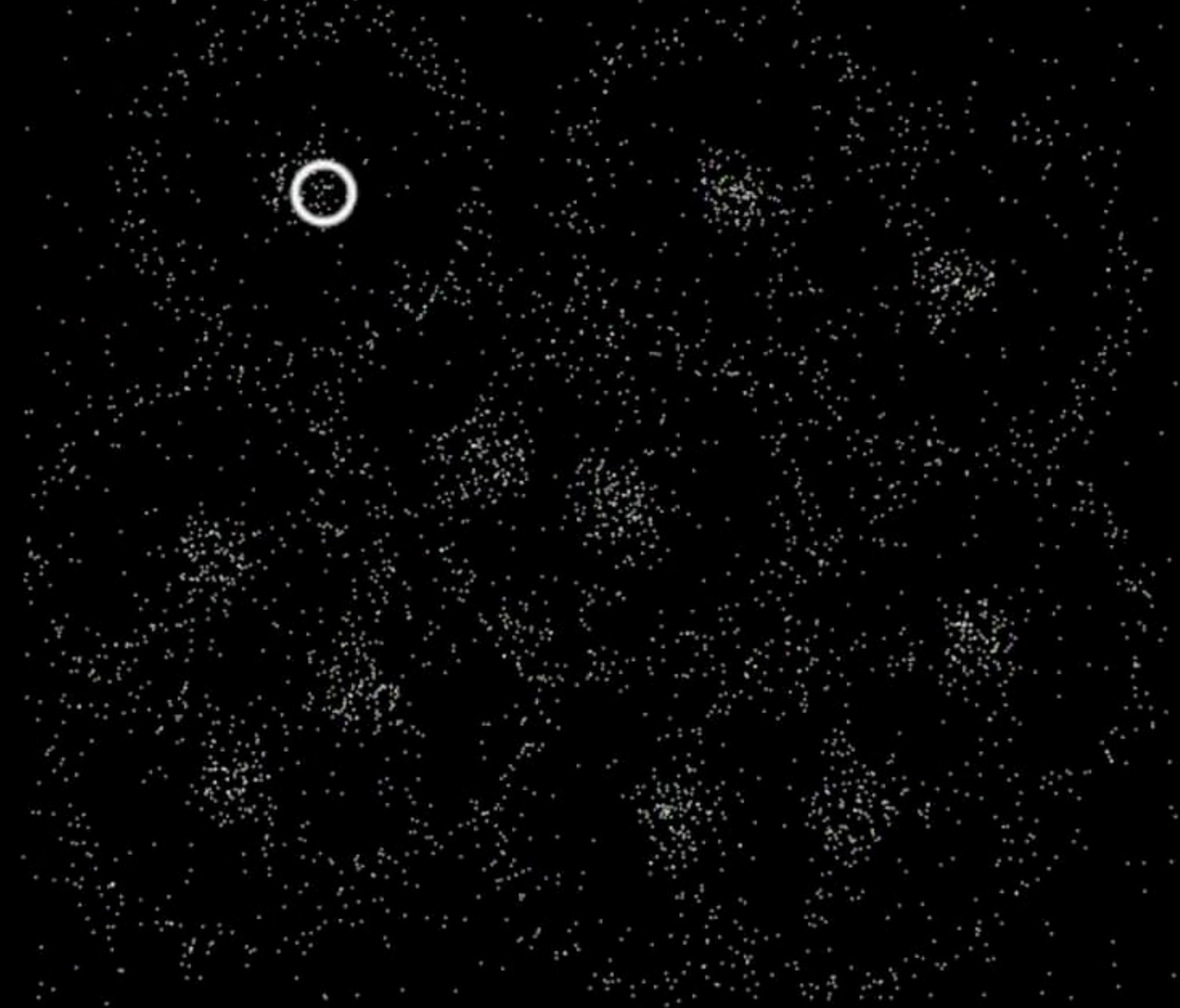


Comment mesurer l'expansion ?

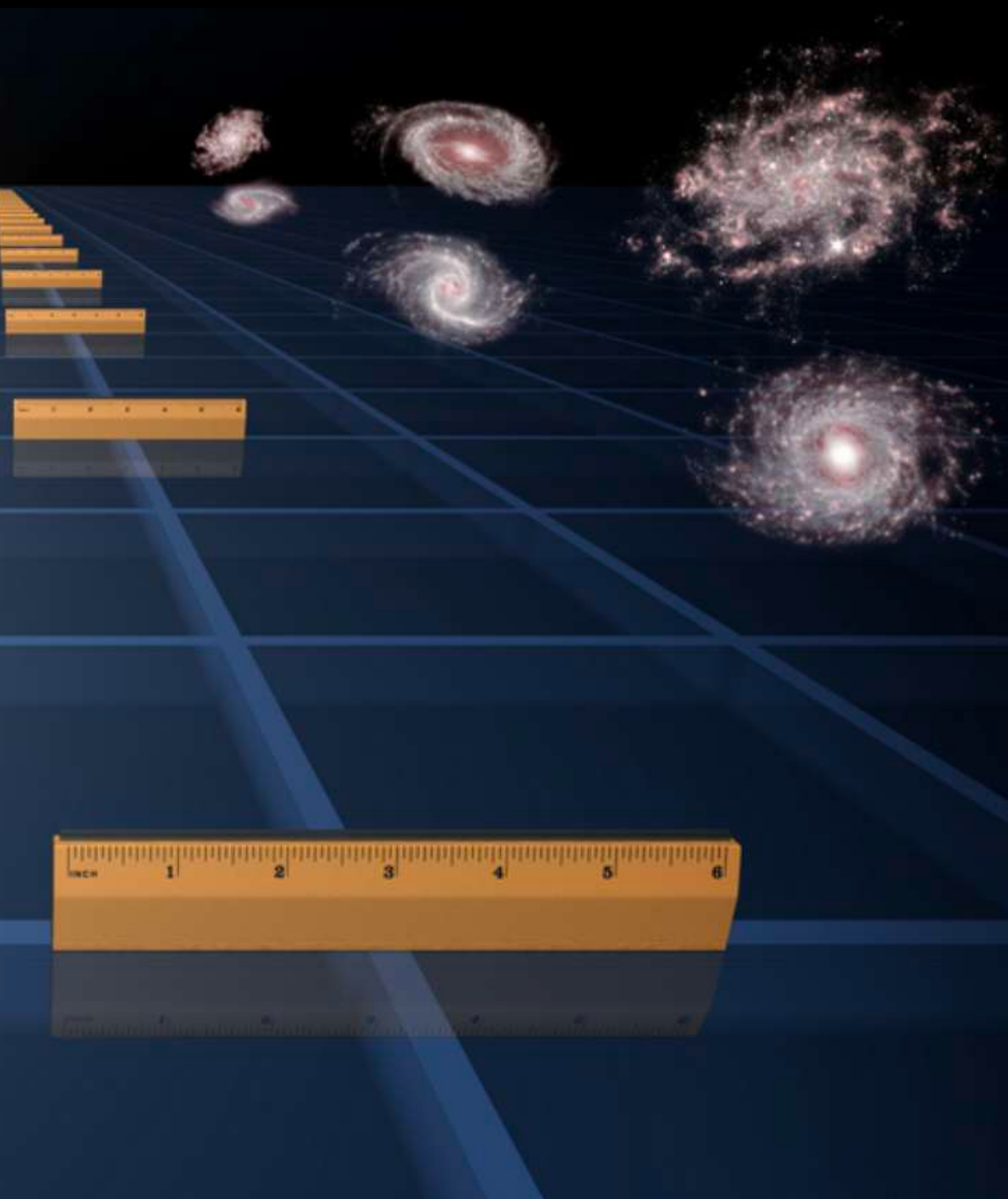


Règle cosmique

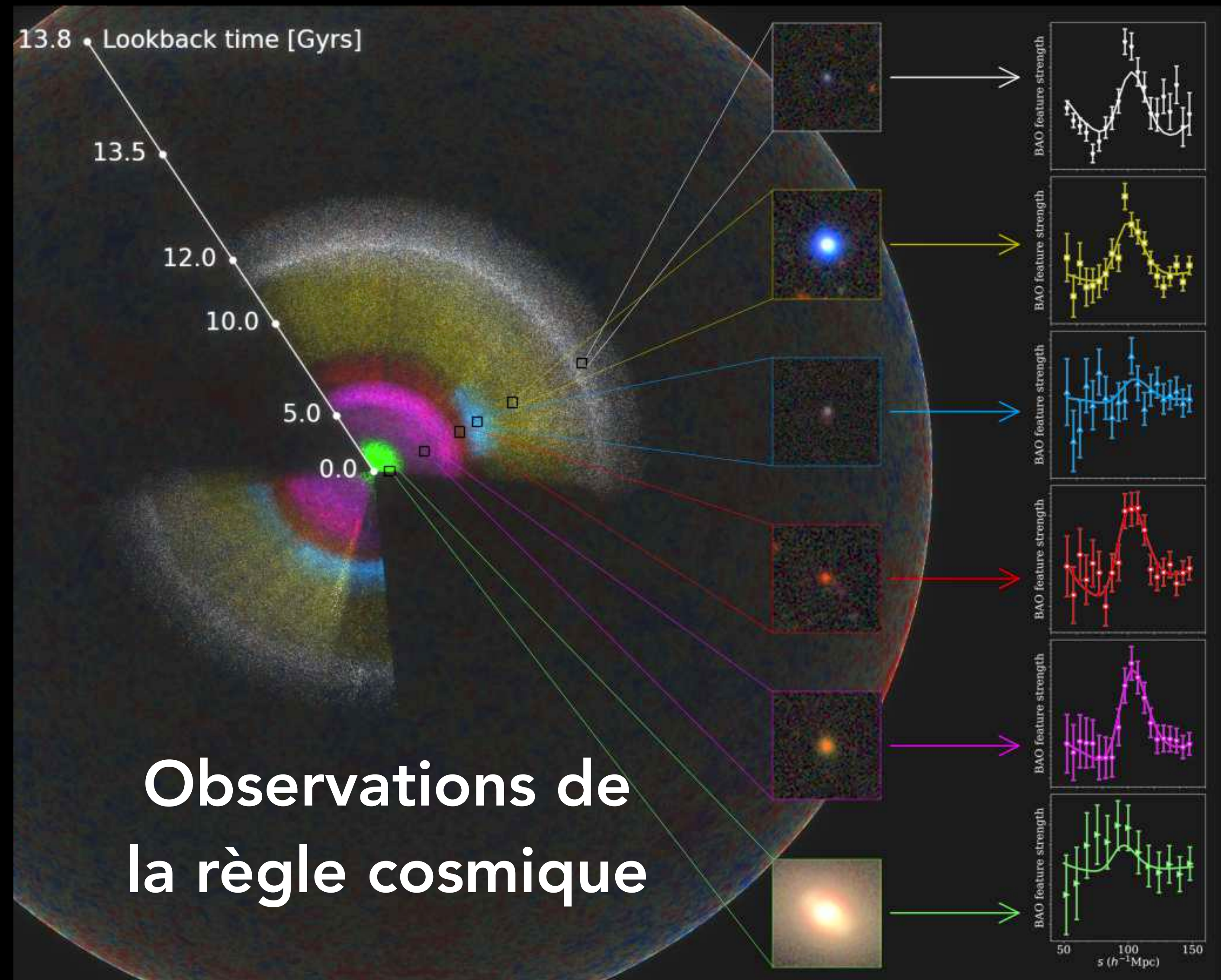
Vagues dans le plasma primordial



Comment mesurer l'expansion ?



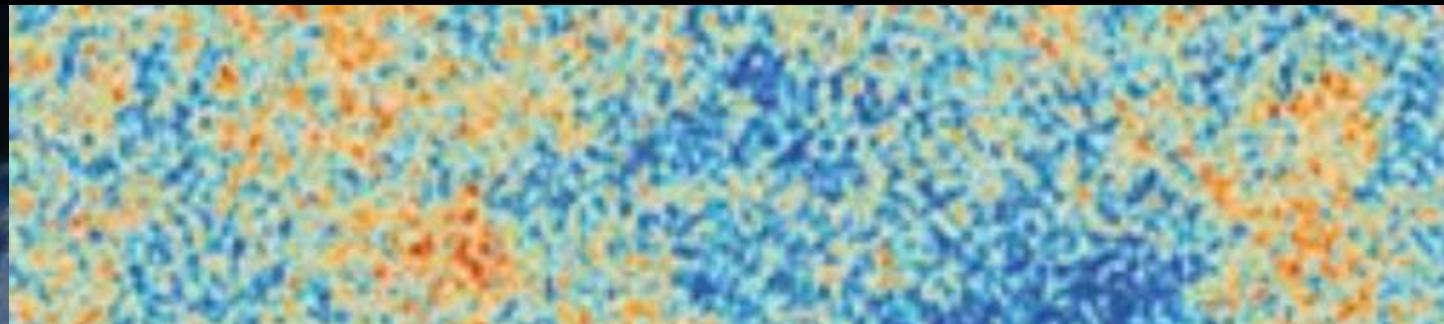
Règle cosmique



Observations de
la règle cosmique

Comment mesurer l'expansion ?

Fond diffus
cosmologique



Observation

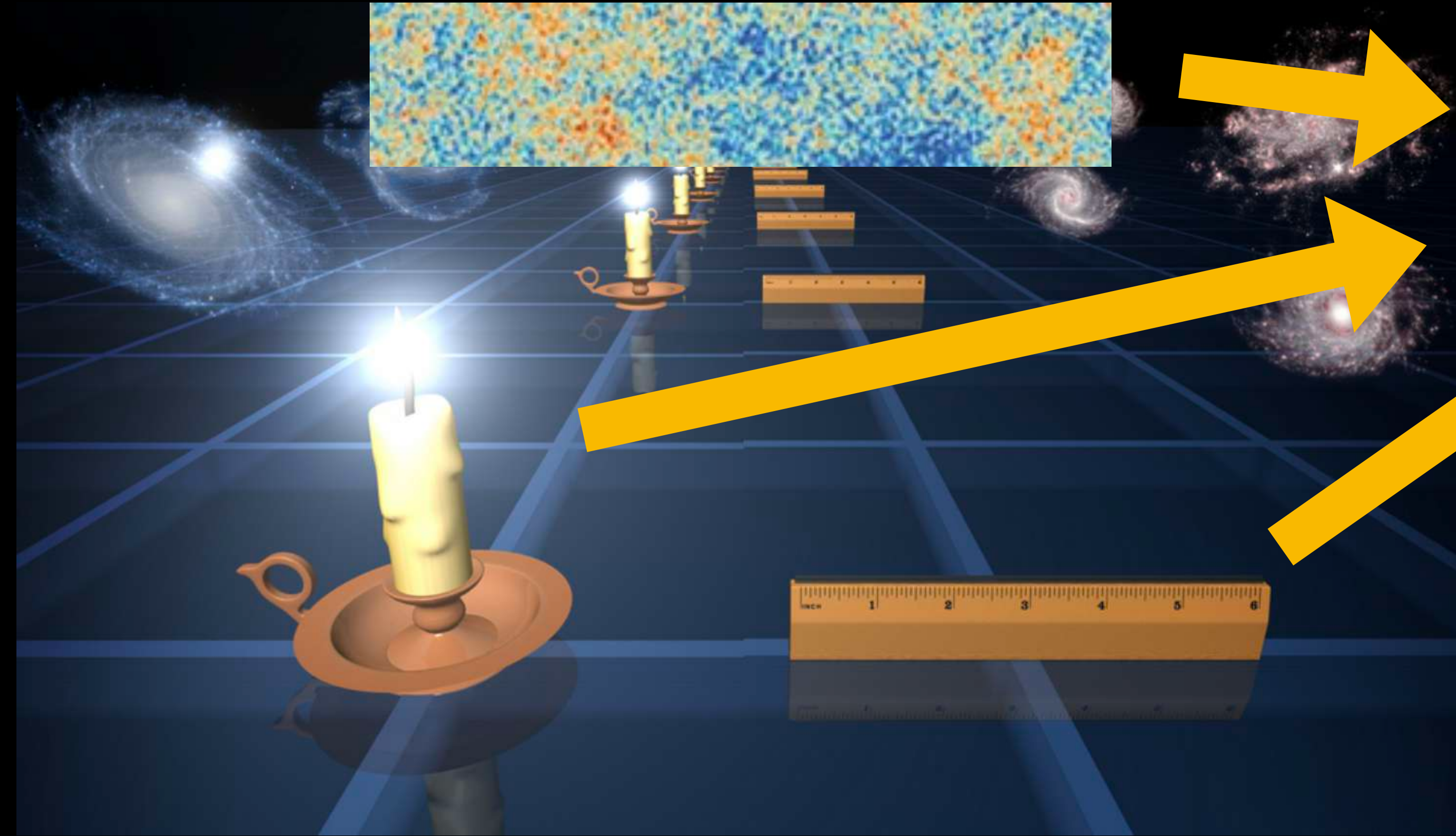
Expansion accélérée

Théorie

Energie noire

Supernovae
Chandelles standard

Règle cosmique



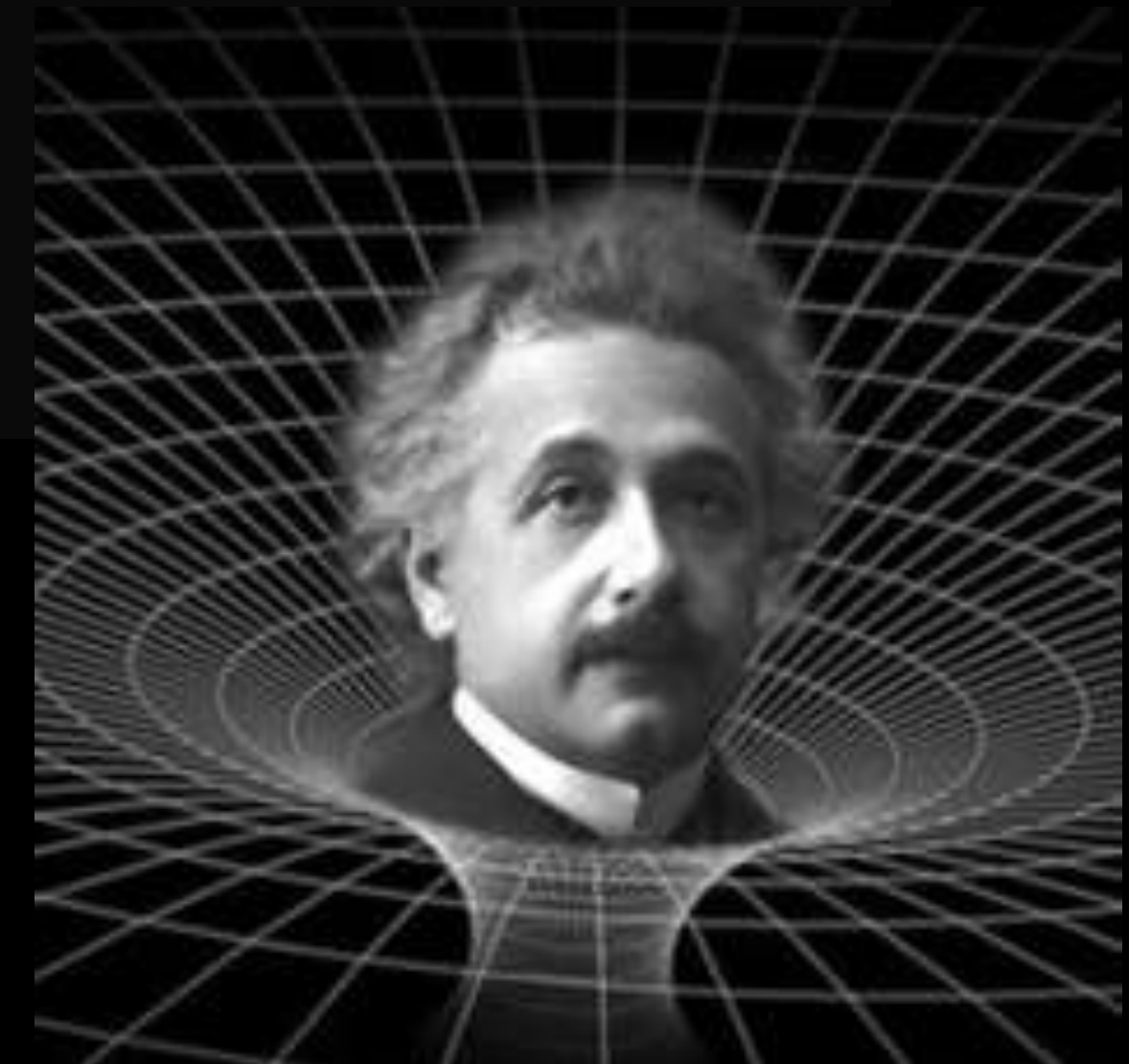
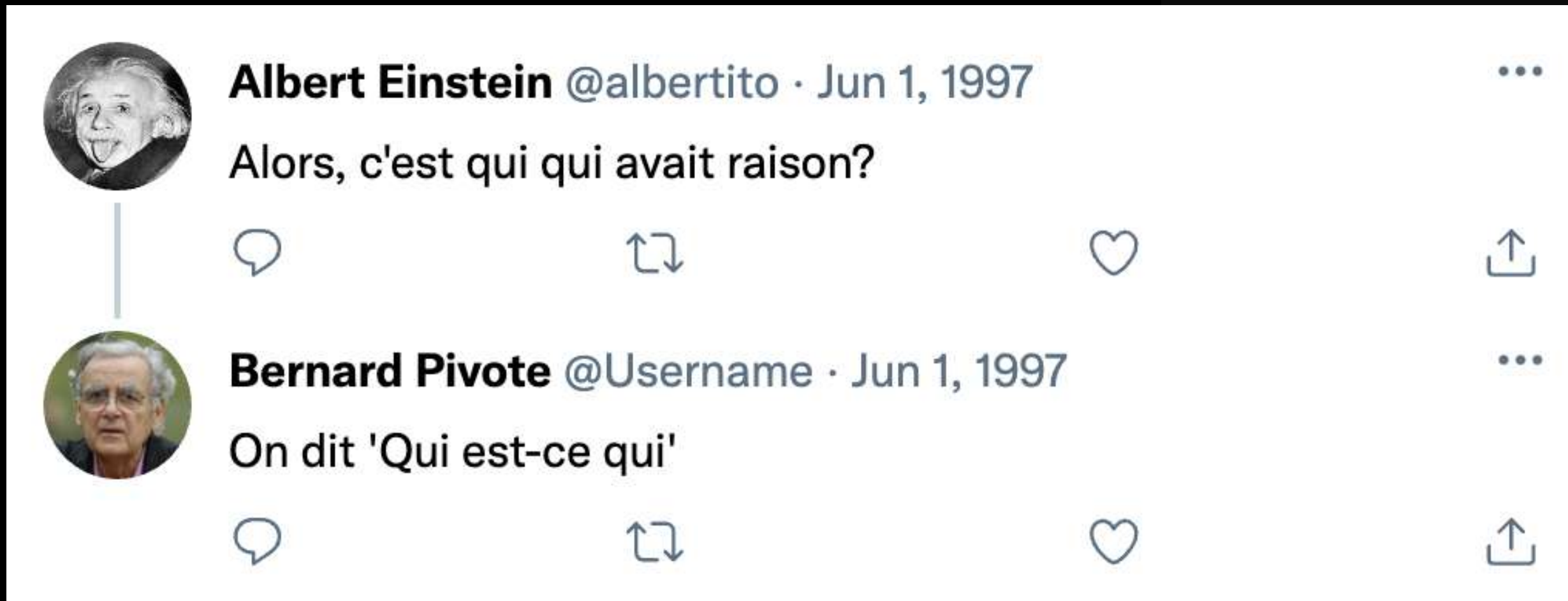
Qu'est-ce l'énergie noire ?

Energie du vide ? Non...

Constante cosmologique ?

Λ

Meilleure théorie de la gravité ?

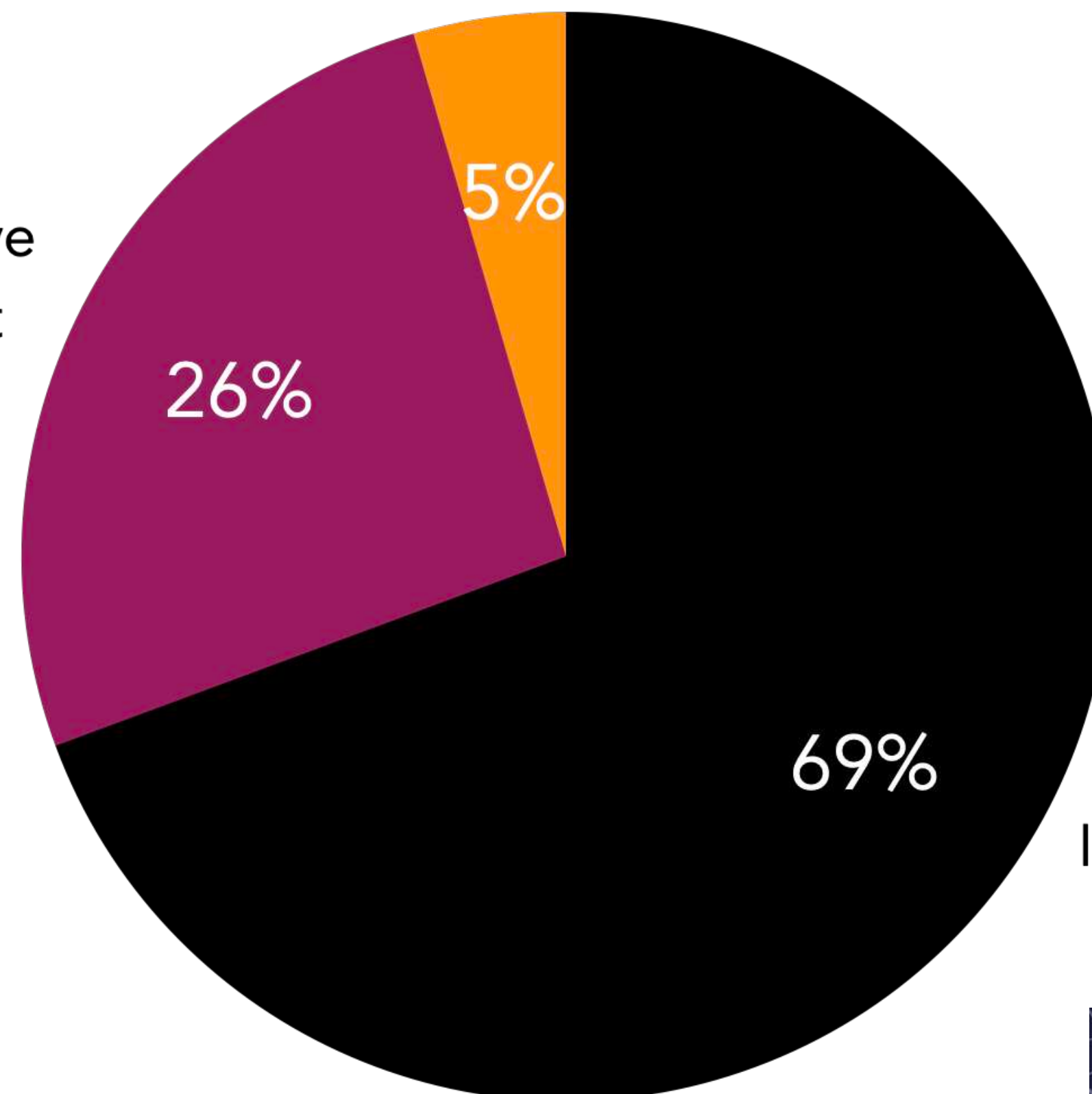


Nous n'avons pas encore de réponse !

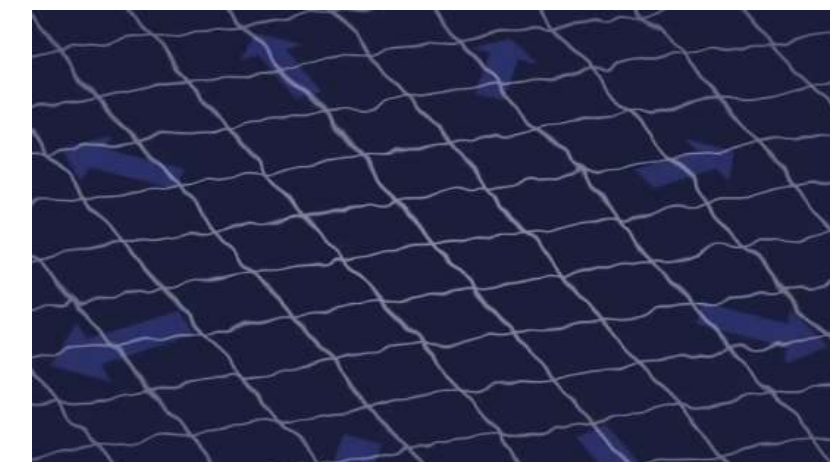
Le côté obscur de l'Univers

Matière "normale" ou visible
Nous, les planètes, les étoiles, les galaxies

Matière noire
Invisible mais attractive
gravitationnellement



Énergie noire
Invisible et repulsive !
Anti-gravité ?!



Télescopes de la prochaine décennie



DESI
40 million de spectres
2021-2026



**DARK ENERGY
SPECTROSCOPIC
INSTRUMENT**



Euclid
30 million de galaxies
Spectres et photos en IR
2023 - 2030



Vera Rubin Observatory
Plus grande caméra du monde
300 000 supernovae
2024 - 2033



Participation marseillaise à tous ces projets

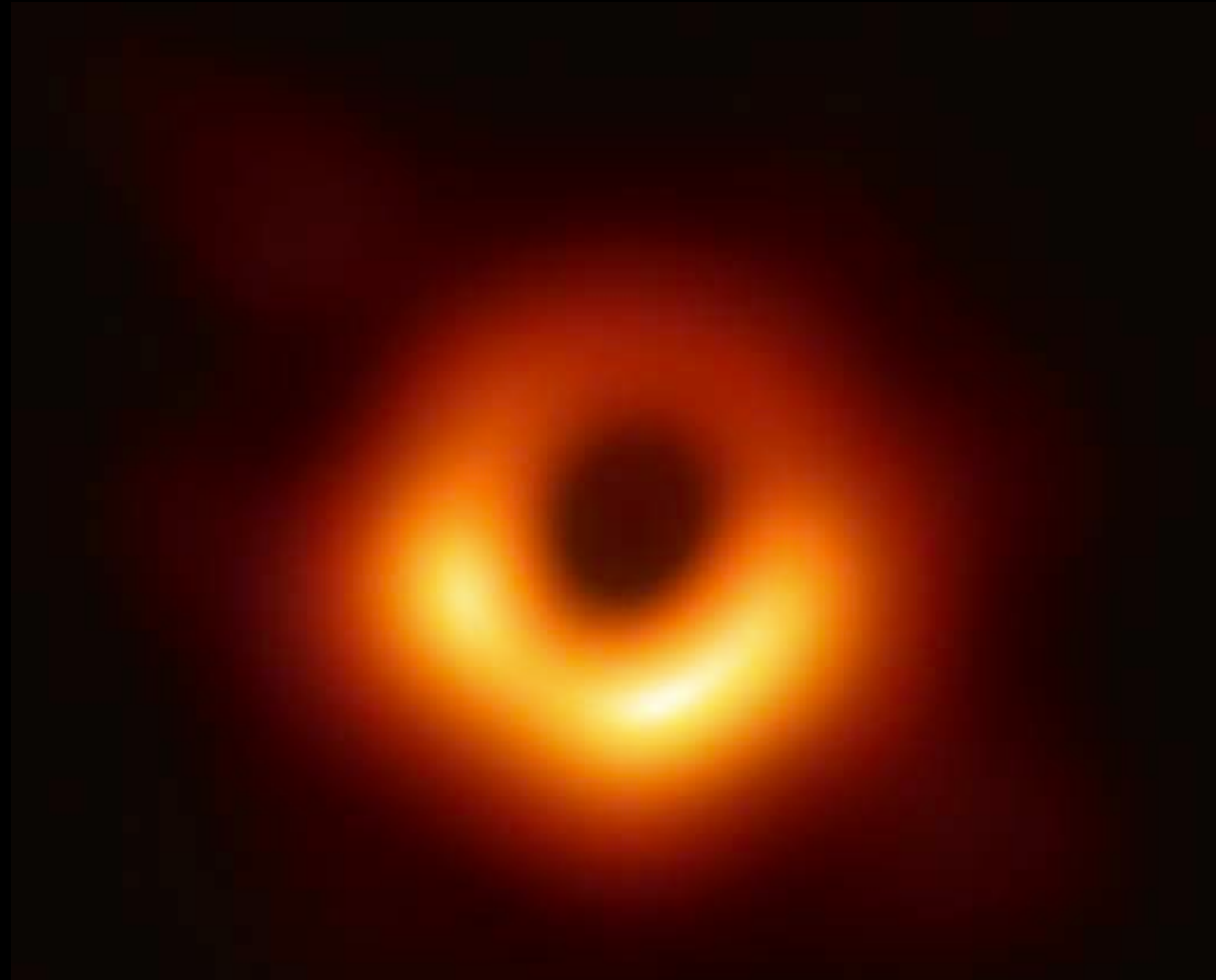
Les mystères de l'Univers

Quelle est la nature de la Matière Noire?

Qu'est-ce l'Énergie Noire?

Et les trous noirs dans tout ça?

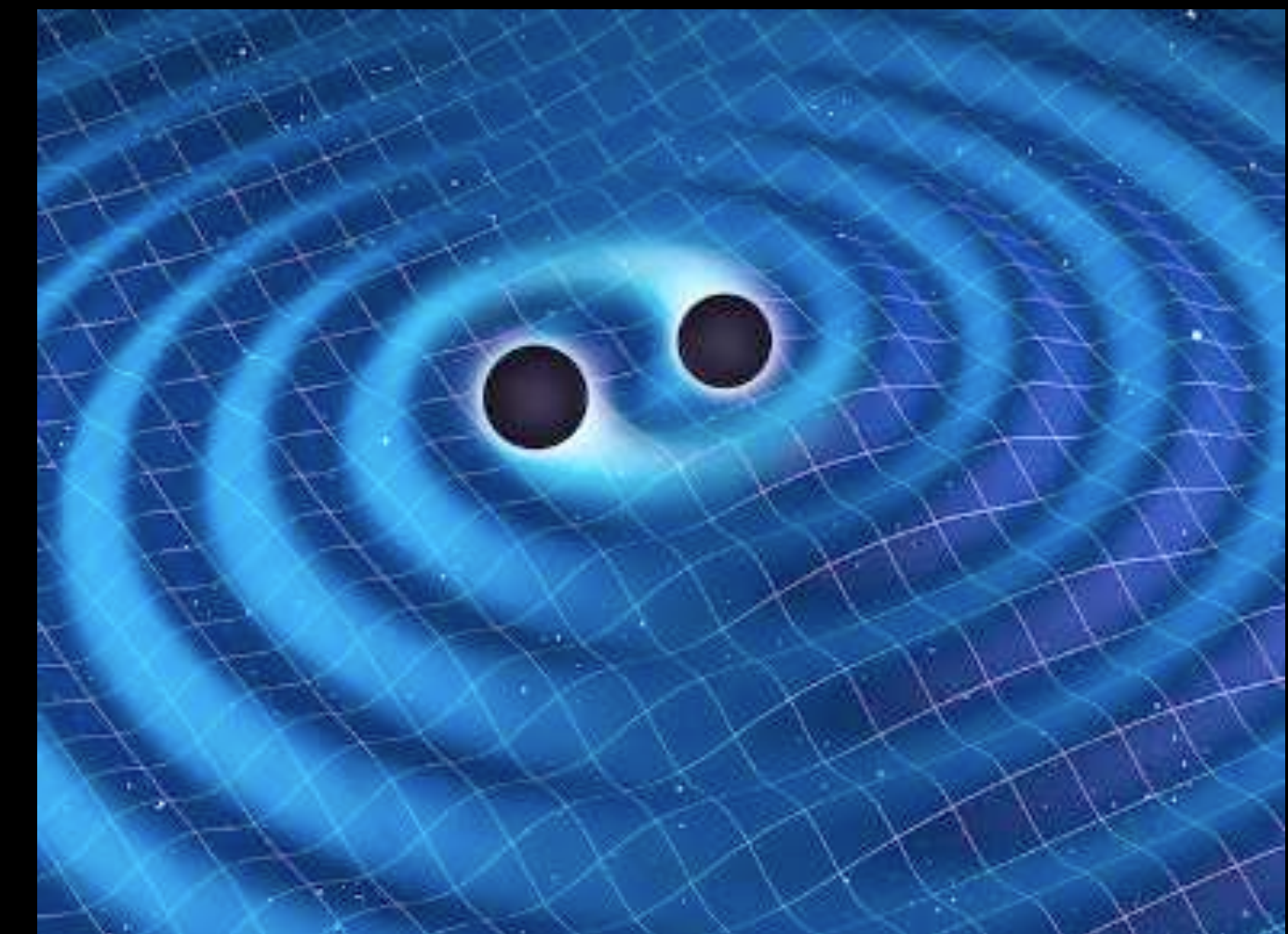
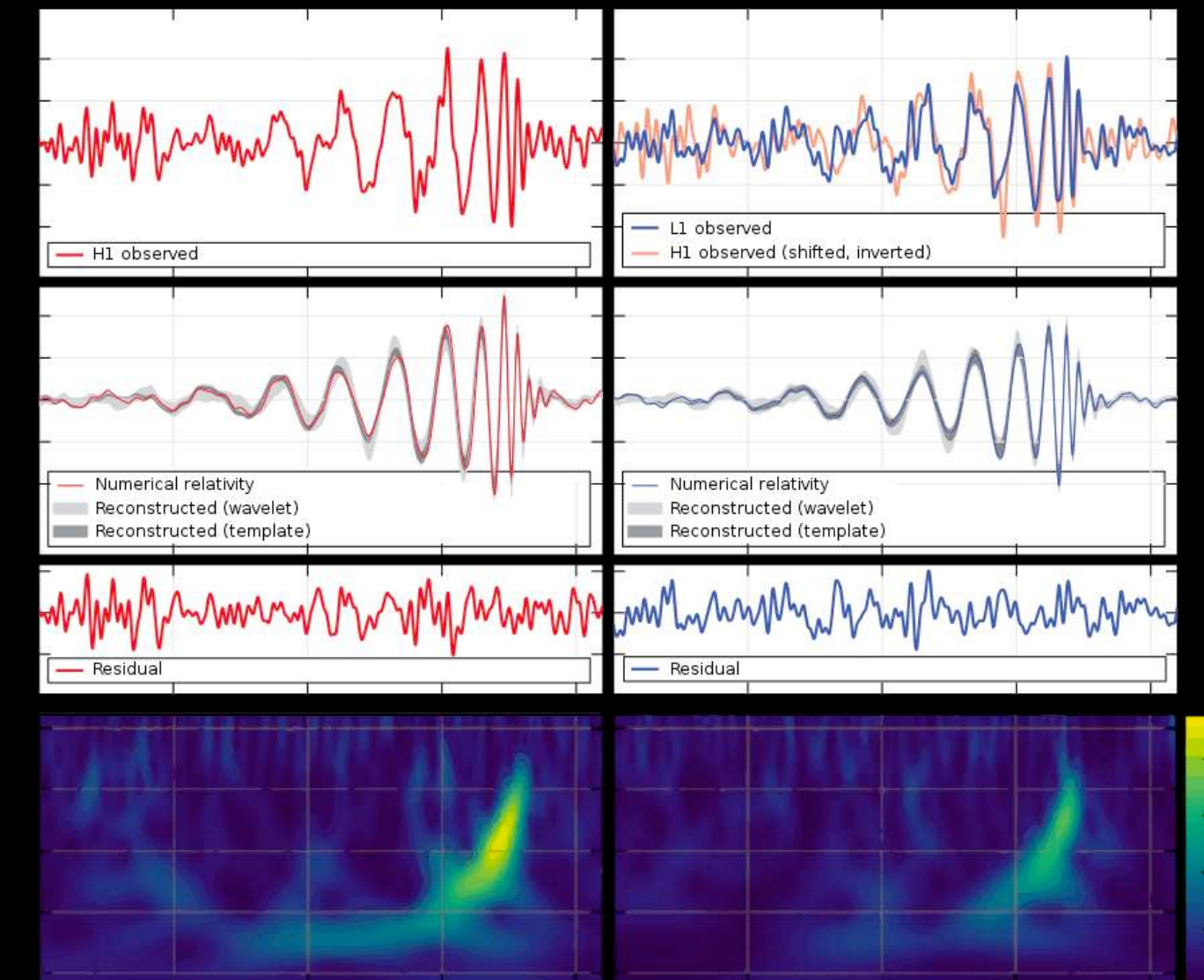
Observation



Théorie

Et les trous noirs dans tout ça?
Une prochaine fois...

Observation



Théorie

Merci !



Histoire de l'Univers

