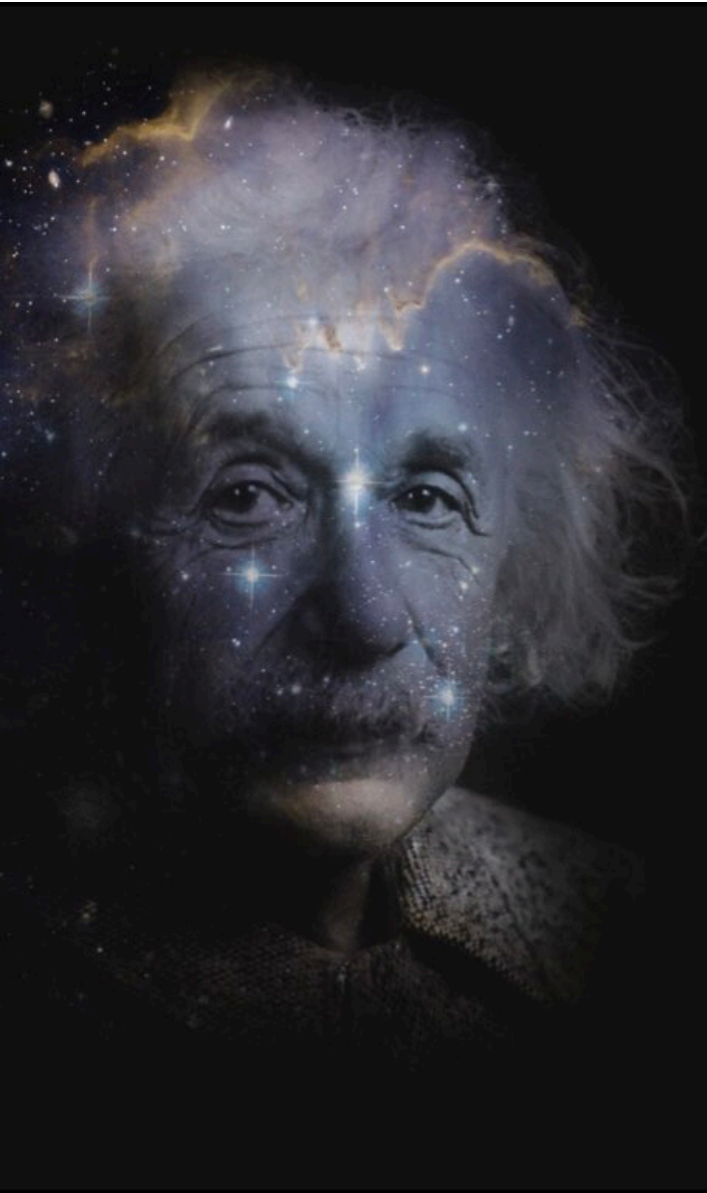


AUX FRONTIÈRES DE L'UNIVERS

CHAPITRE 3 : ENERGIE SOMBRE



SARAH FECHTENBAUM



LA RELATIVITÉ

LA RELATIVITÉ RESTREINTE

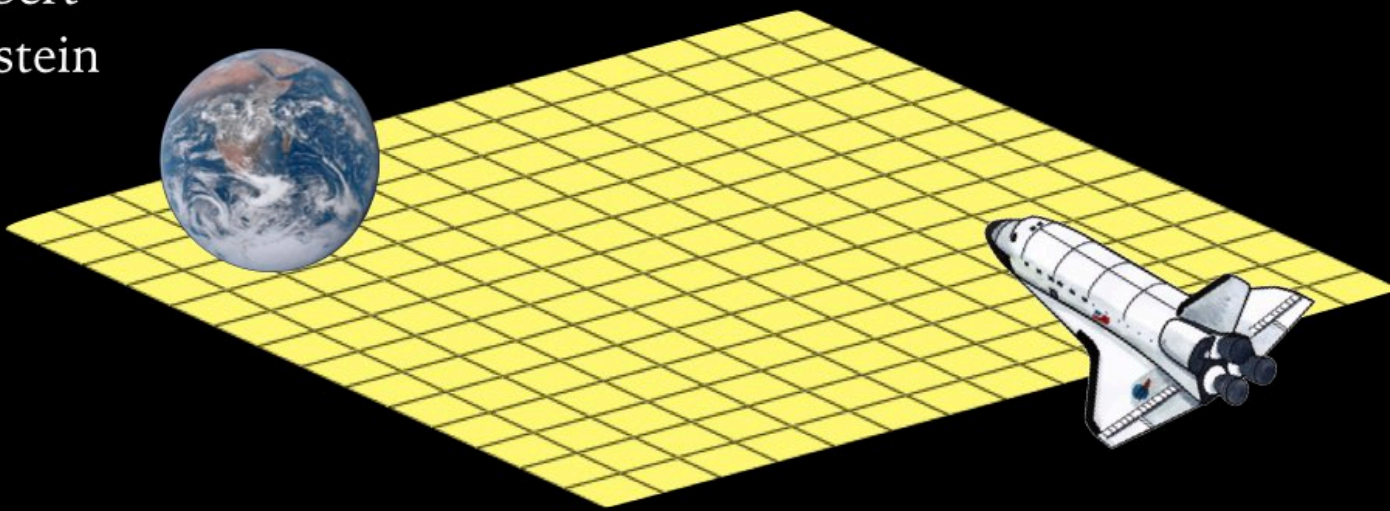
⌚ 1905



Albert
Einstein

Principe de relativité

La vitesse de la lumière est un invariant



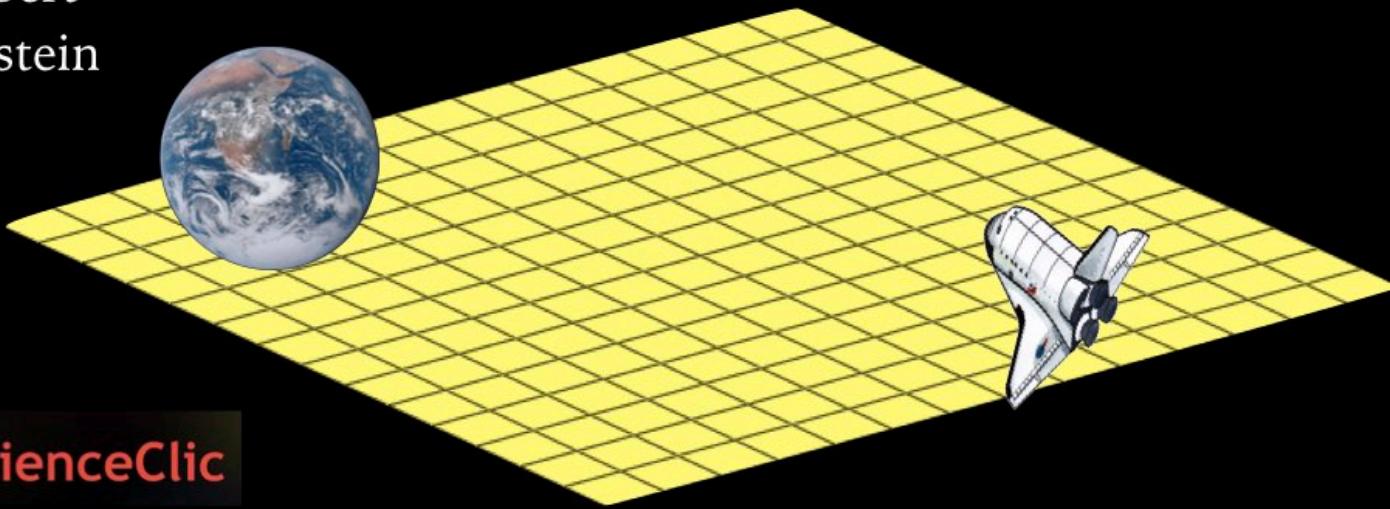
LA RELATIVITÉ RESTREINTE


⌚ 1905



Albert
Einstein

↳ Quand on se déplace, le temps se dilate et les longueurs se contractent



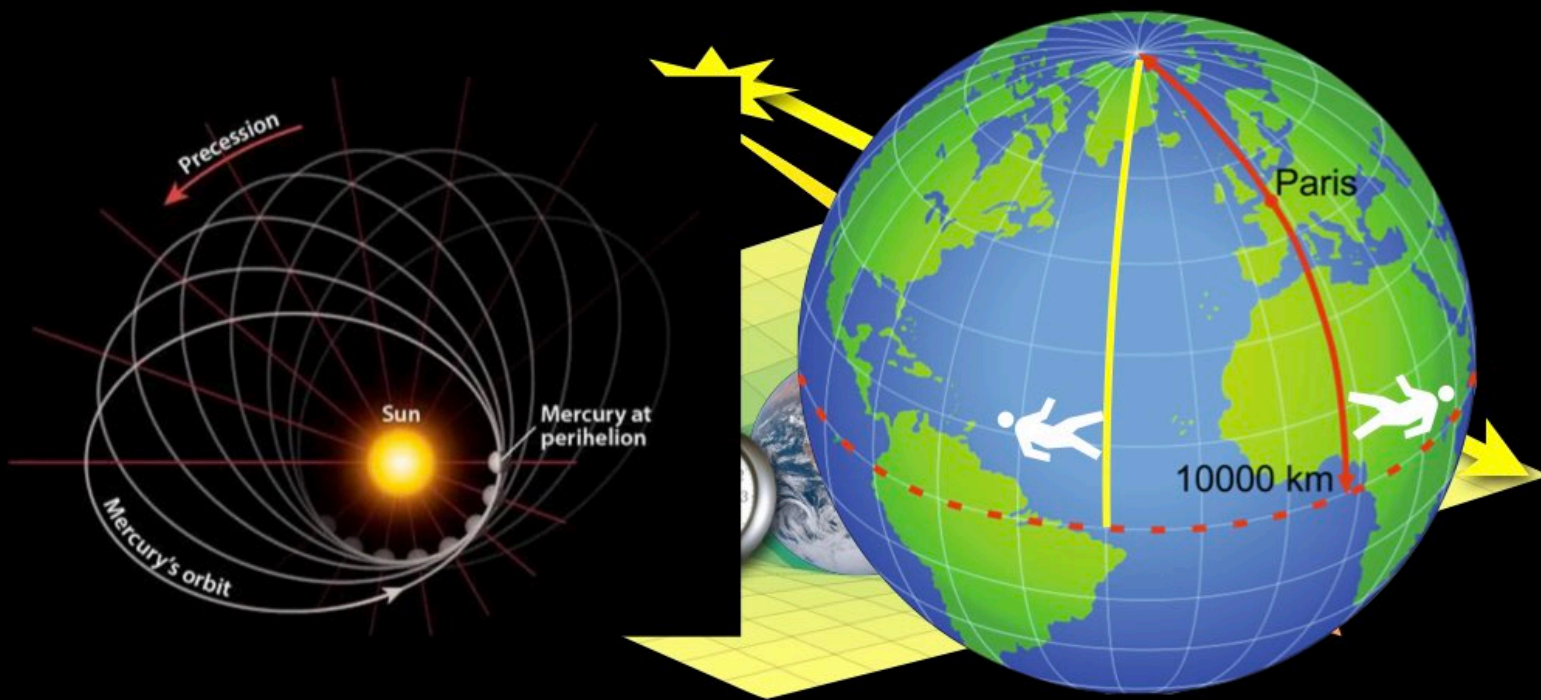
 ScienceClic



LA RELATIVITÉ GÉNÉRALE

⌚ 1915

« L'espace-temps dit à la matière comment se mouvoir ; la matière dit à l'espace-temps comment se courber. » Wheeler and Ford 1998



LA CONSTANTE COSMOLOGIQUE

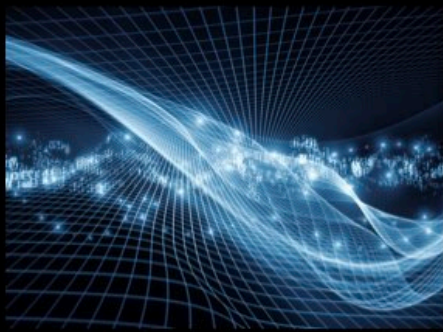
⌚ 1917



Albert
Einstein

L'Univers doit être statique !

COURBURE



CONTENU



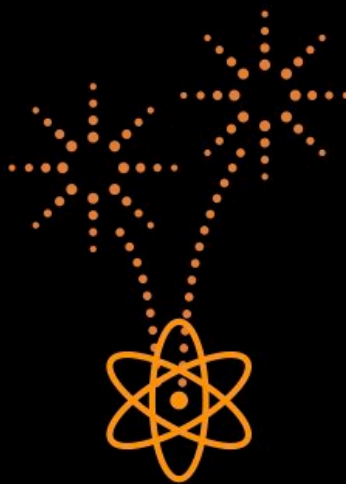
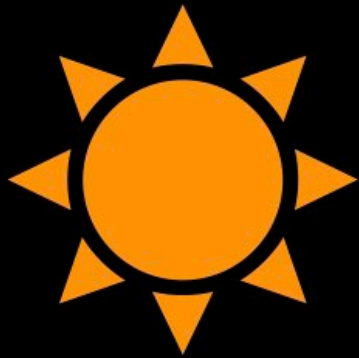
=

L'équation d'Einstein



L'ÉQUIVALENCE MASSE-ÉNERGIE

⌚ ~1920



Elles brillent grâce
à la fusion de
l'hydrogène

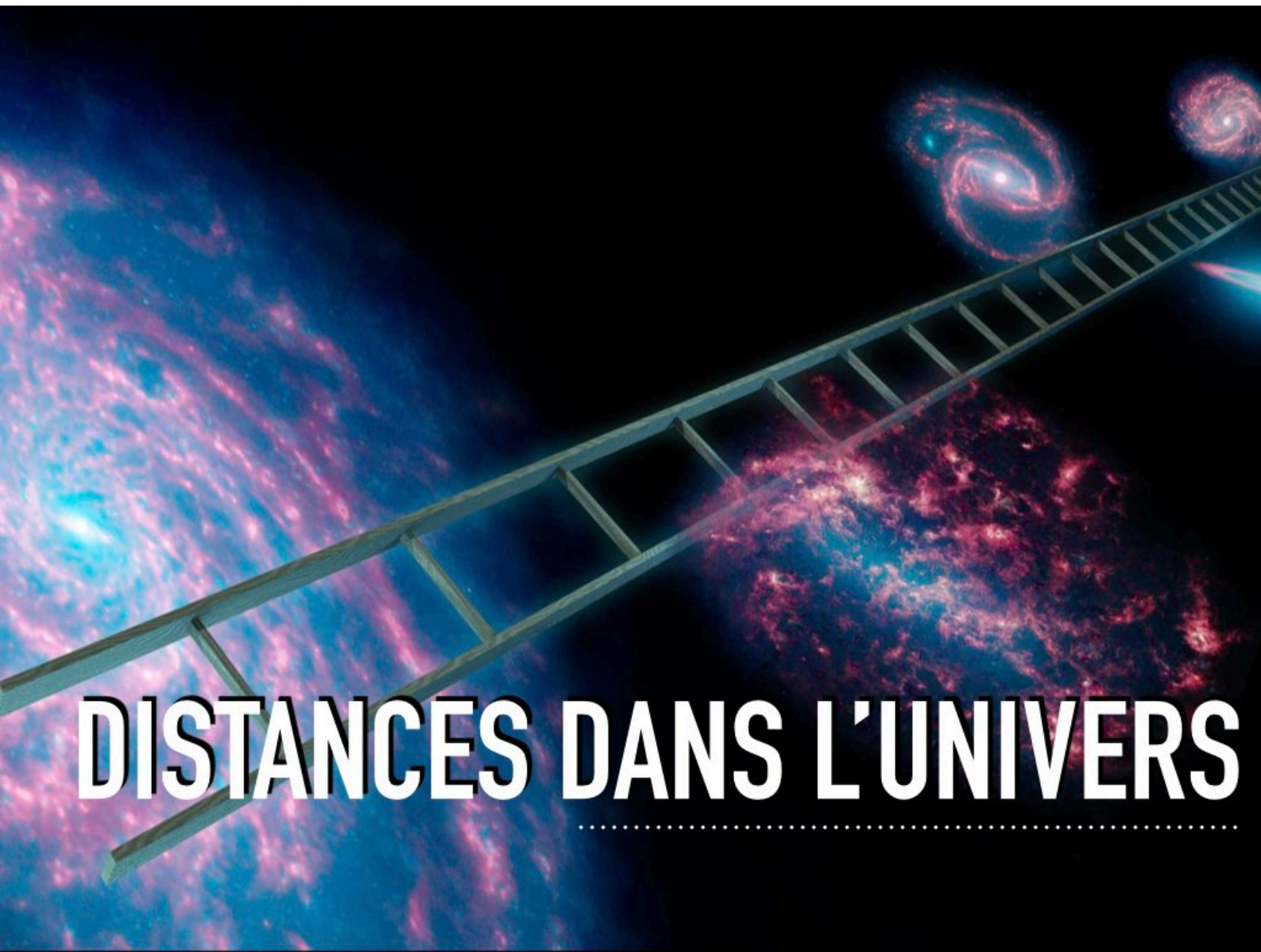


Arthur Eddington

90 millions de
milliards !

$$E = m \times c^2$$

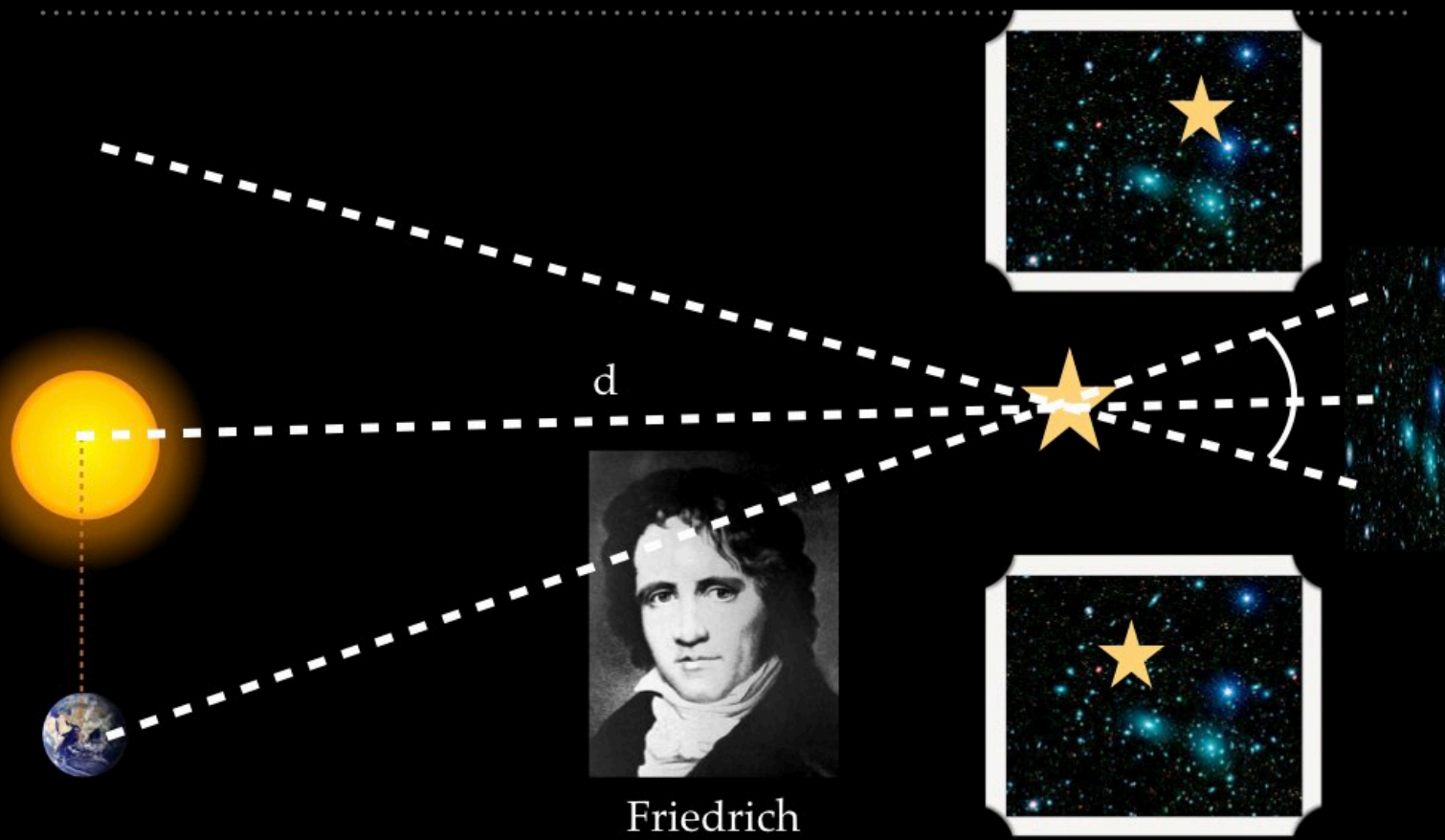




DISTANCES DANS L'UNIVERS

LA PARALLAXE

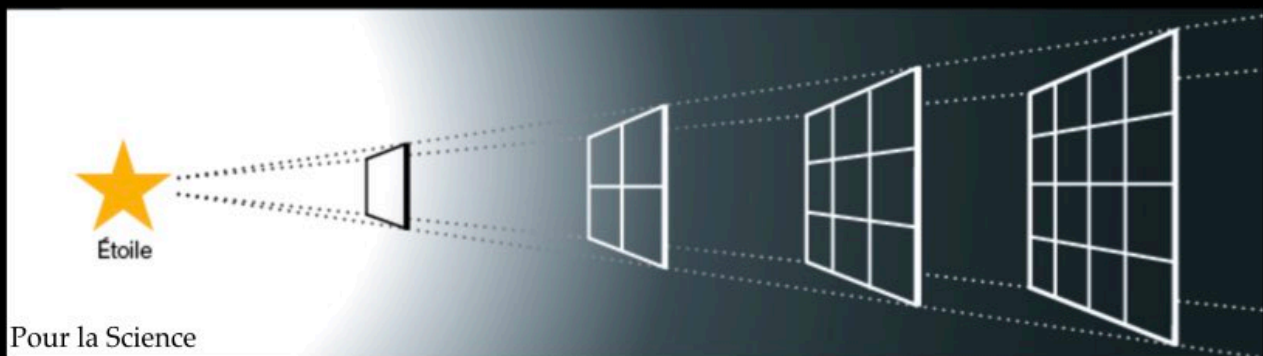
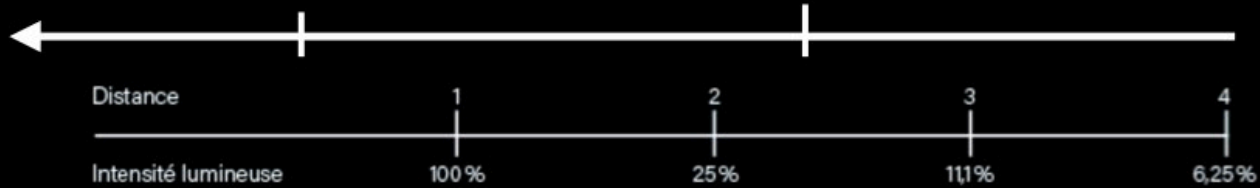
⌚ 1838



Friedrich
Wilhelm Bessel

LA LUMINOSITÉ APPARENTE

Si la distance est multipliée par 2,
l'intensité apparente est divisée par 4



Pour la Science



LES CÉPHÉIDES

⌚ 1912



Les nuages de Magellan
160 000 a.l.



Plus une étoile est
brillante, plus sa
période est longue !

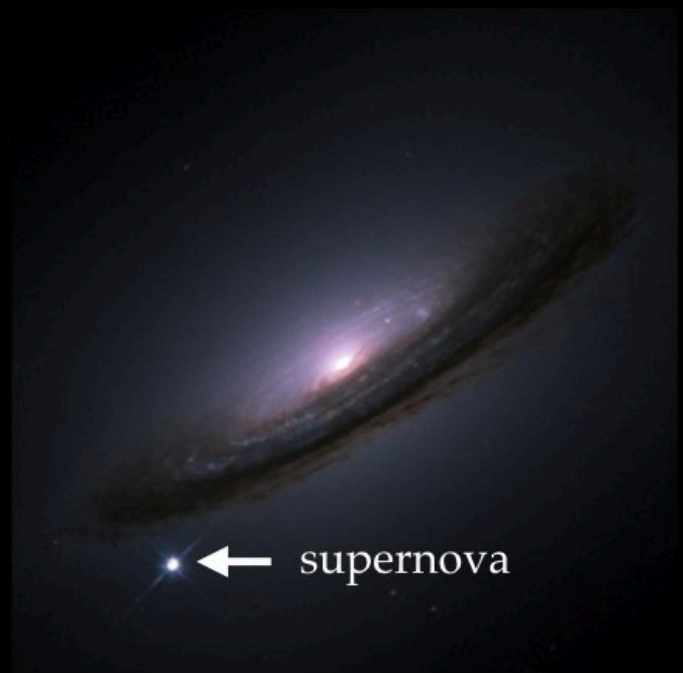
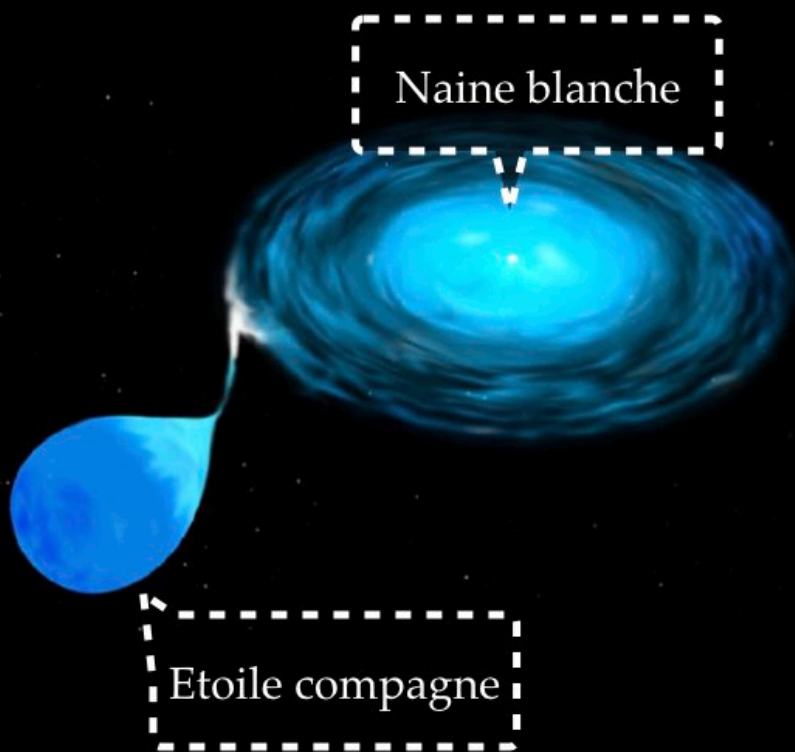


Henrietta Swan Leavitt



LES SUPERNOVAE THERMONUCLÉAIRES

⌚ 1990's





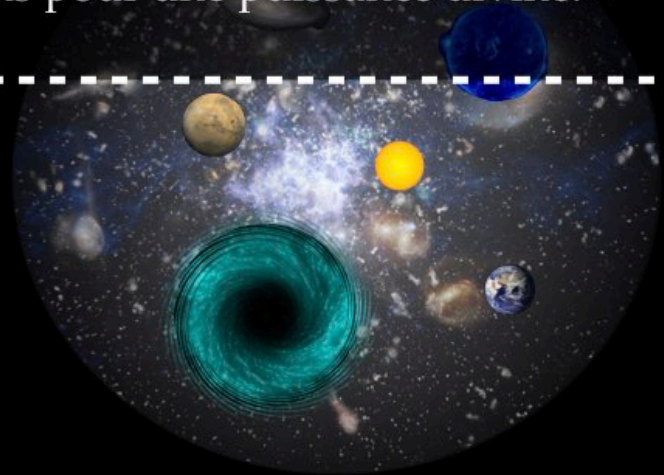
LA GENÈSE DE L'IDÉE

POURQUOI L'UNIVERS NE S'EFFONDRE-T-IL PAS ?

« ...non pas une seule aiguille, mais un nombre infini d'entre elles [...] se tiennent exactement en équilibre sur leurs pointes. Pourtant j'admets que c'est possible, au moins pour une puissance divine. »

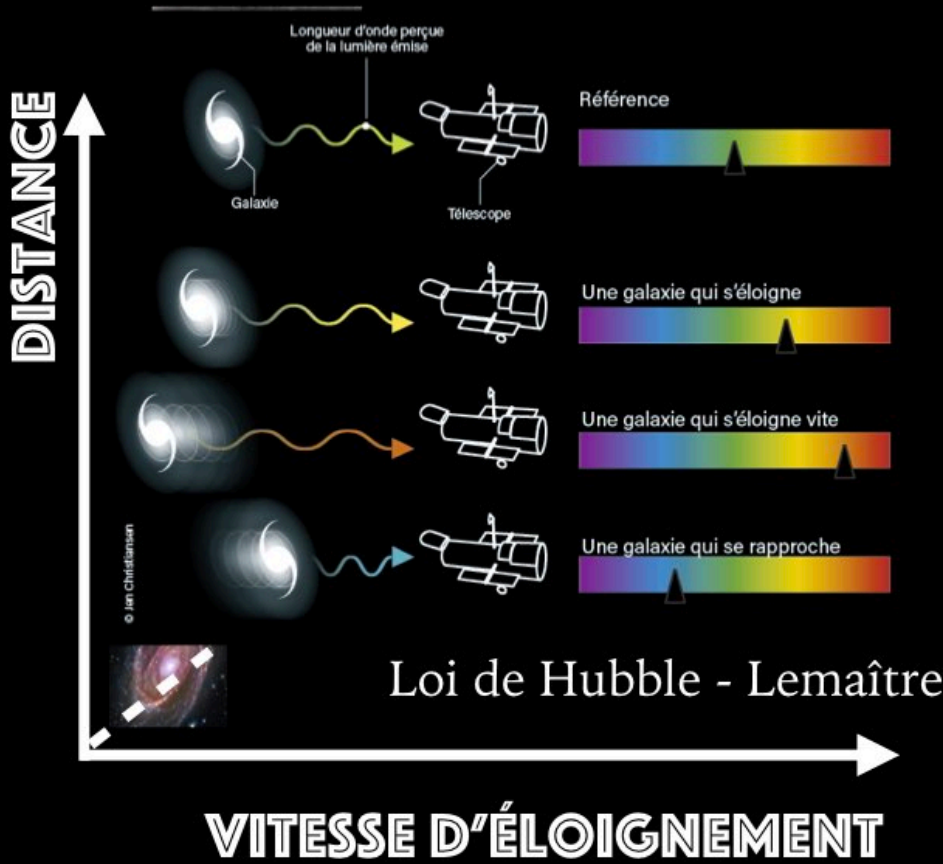


Isaac
Newton

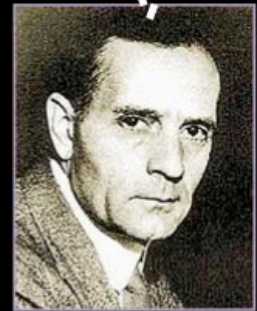


LE DÉCALAGE VERS LE ROUGE...

🕒 1929



Plus les galaxies sont loin, plus elles s'éloignent vite

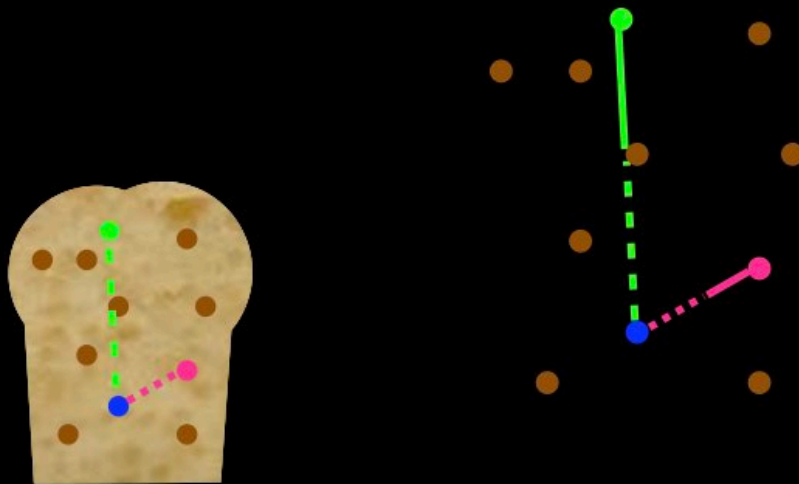


Edwin Hubble

$\sim 70 \text{ km/s/Mpc}$



... EST UNE EXPANSION DE L'UNIVERS



Les galaxies les plus lointaines semblent s'éloigner plus vite.



LA CONSTANTE COSMOLOGIQUE



Albert Einstein

« la plus grande bêtise de ma vie »

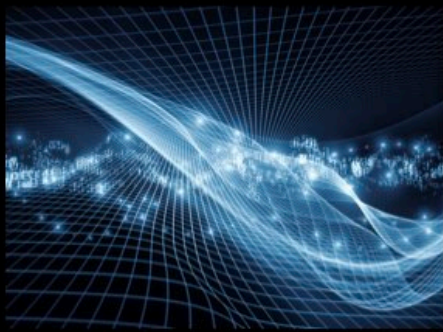
Mais non Albert !



Georges Lemaître

COURBURE

CONTENU



=

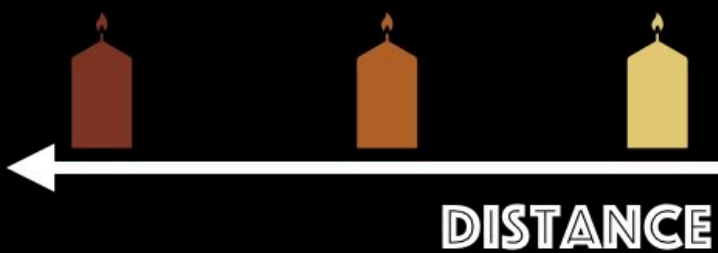
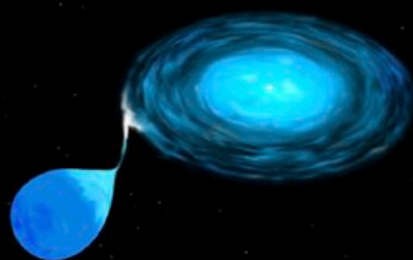
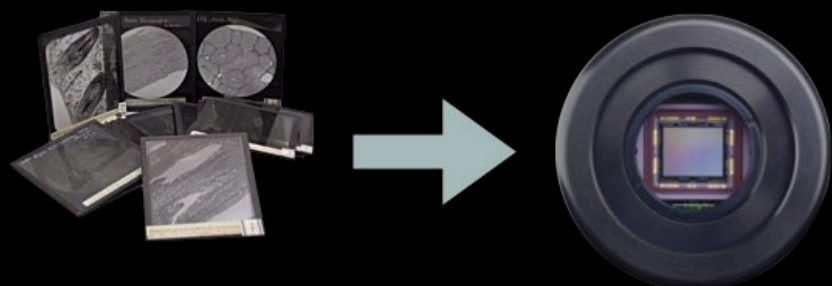


L'équation d'Einstein



LES CHANDELLES COSMIQUES

⌚ 1998



Saul Perlmutter



Brian Schmidt

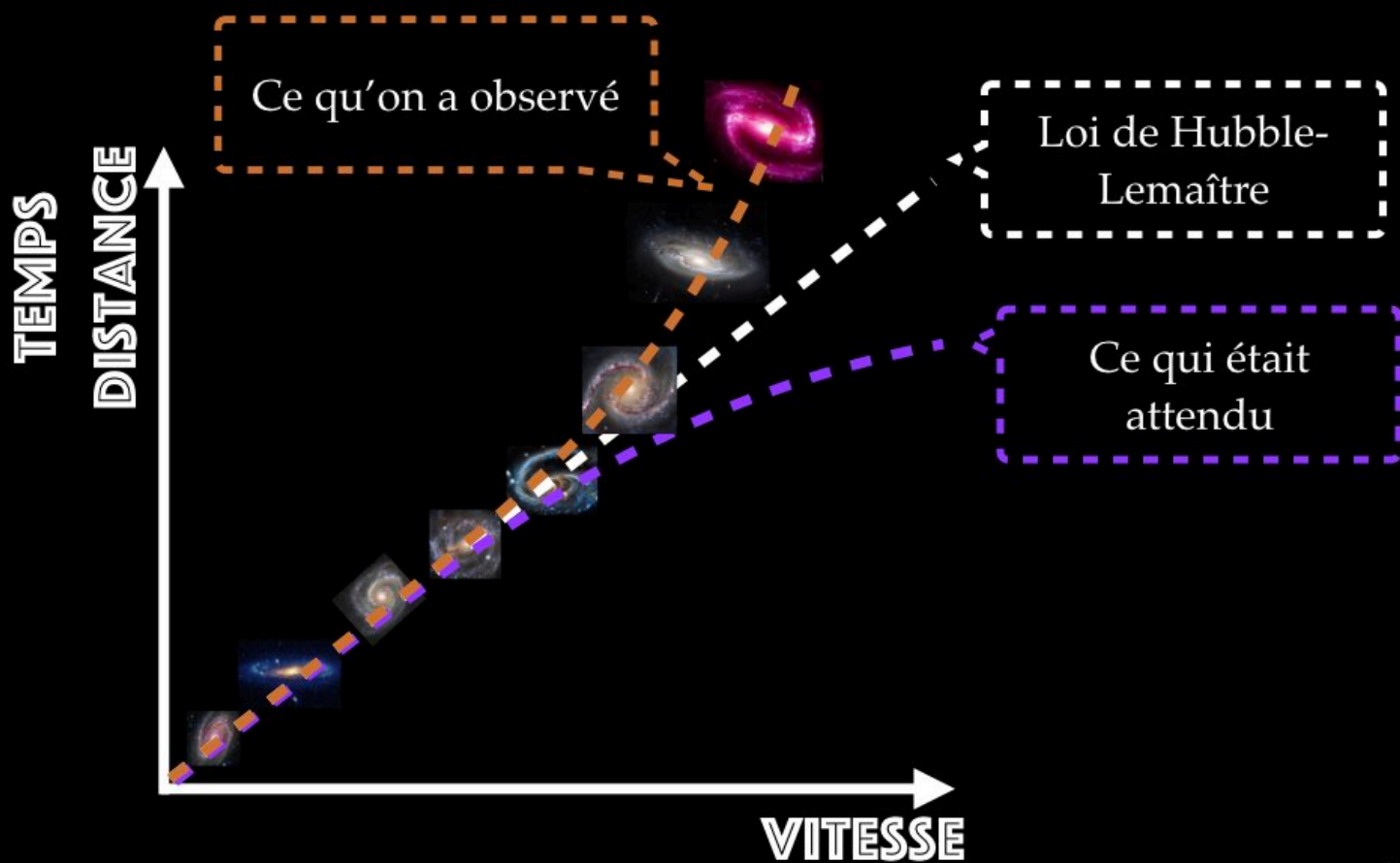


Adam Riess



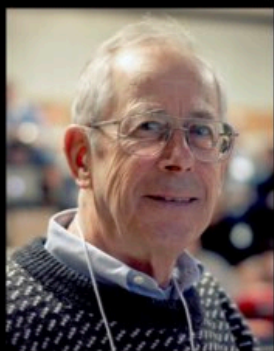
L'EXPANSION S'ACCÉLÈRE !

🕒 1998



LE RETOUR DE LA CONSTANTE COSMOLOGIQUE

⌚ 1998



James Peebles

« énergie sombre »



Michael Turner



=



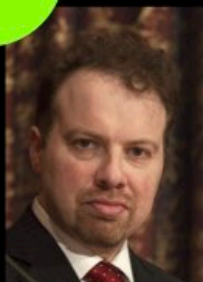
-



COMMENT PEUT-ON CROIRE À UN TRUC SI DINGUE ?



Beau boulot



Beaucoup trop vieilles !

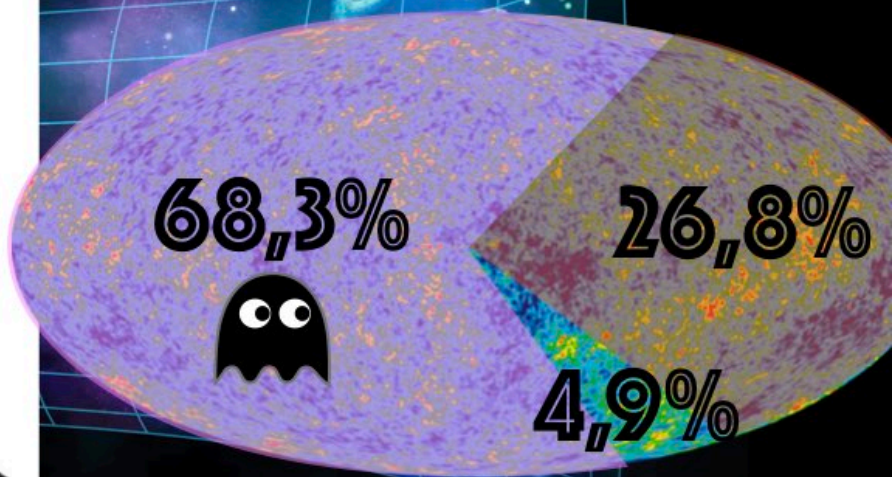
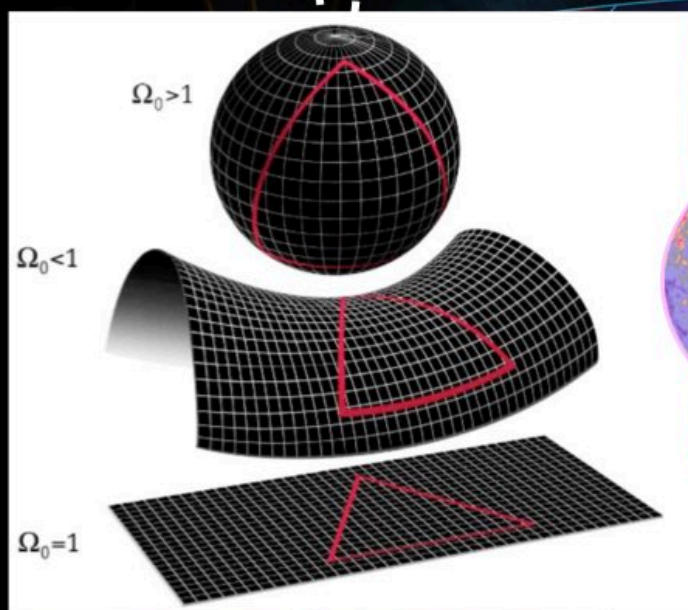


Trop évolués !



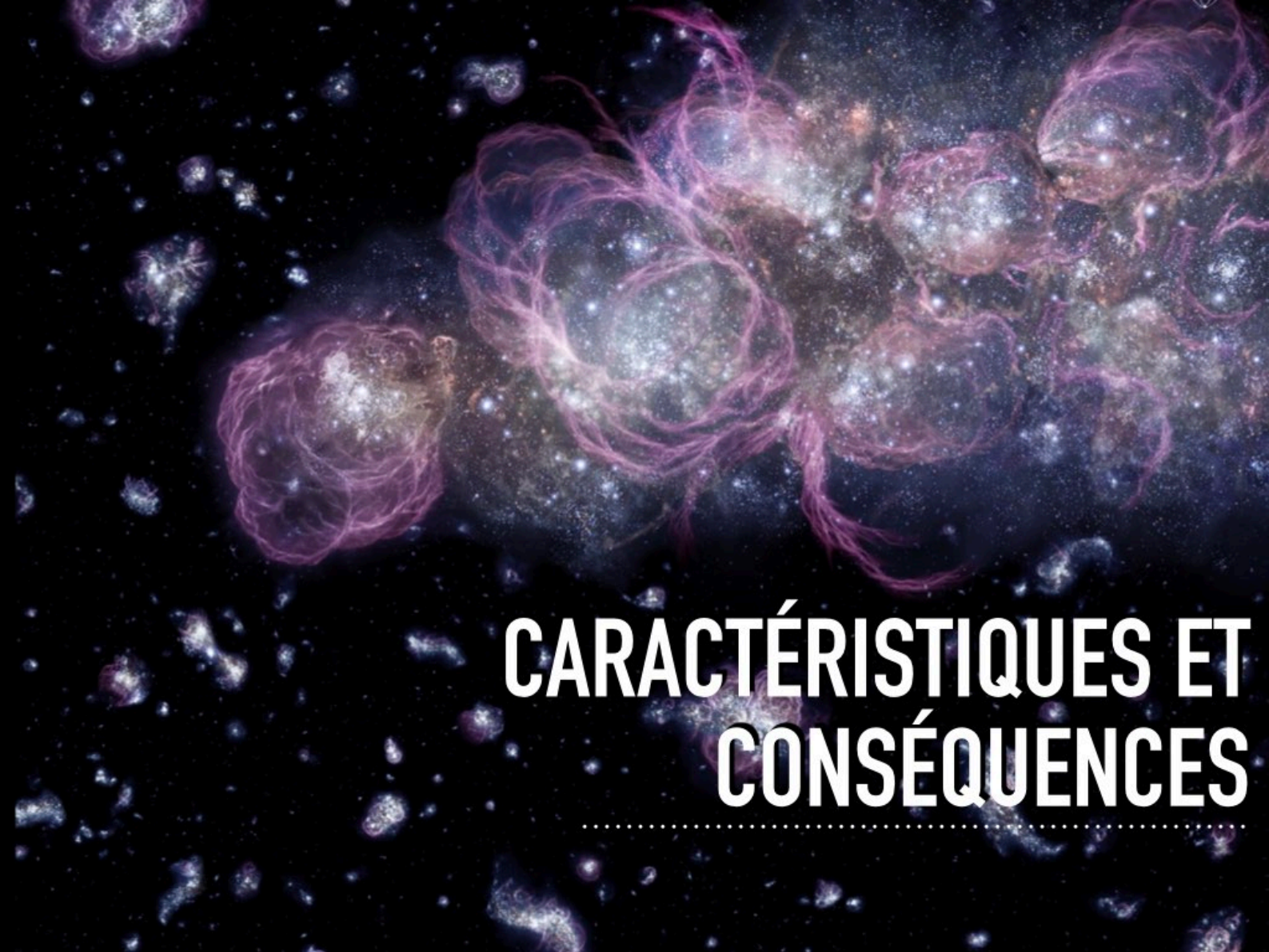
COMMENT PEUT-ON CROIRE À UN TRUC SI DINGUE ?

Inflation = Univers \times 100 000 000 000 000 000 000 000



1 milliard d'années temps





CARACTÉRISTIQUES ET CONSÉQUENCES

CARACTÉRISTIQUES DE LA BESTIOLE

68,5% de l'Univers

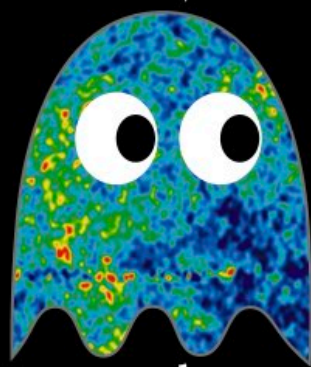
Très peu dense

Exerce une
pression négative

Homogène

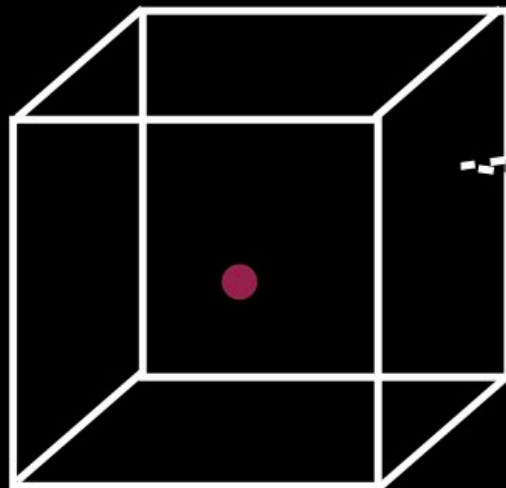
Ne se dilue pas

N'interagit que par
gravité



L'ÉNERGIE DU VIDE ?

Ça se calcule :
 10^{113} joules !!



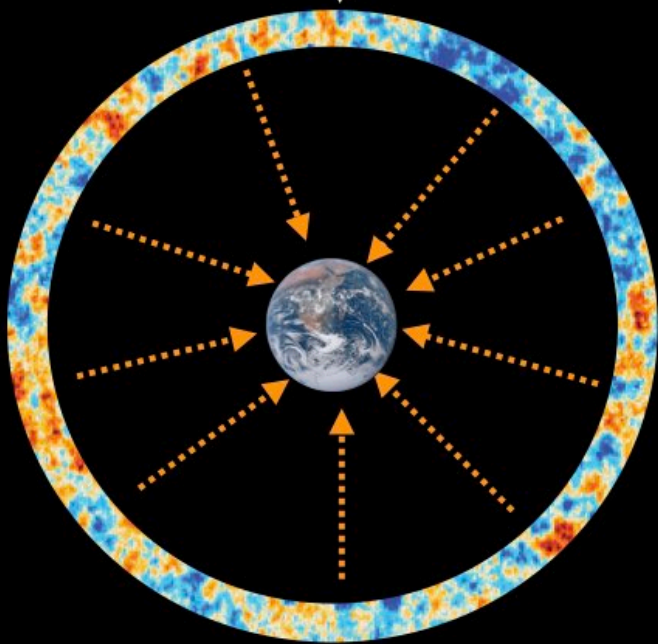
Rien ?

LA CATASTROPHE DU VIDE

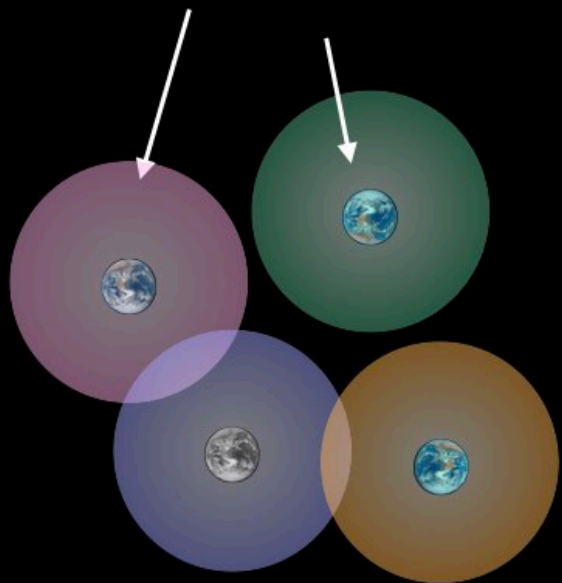


CONSÉQUENCES : LES DIFFÉRENTS HORIZONS

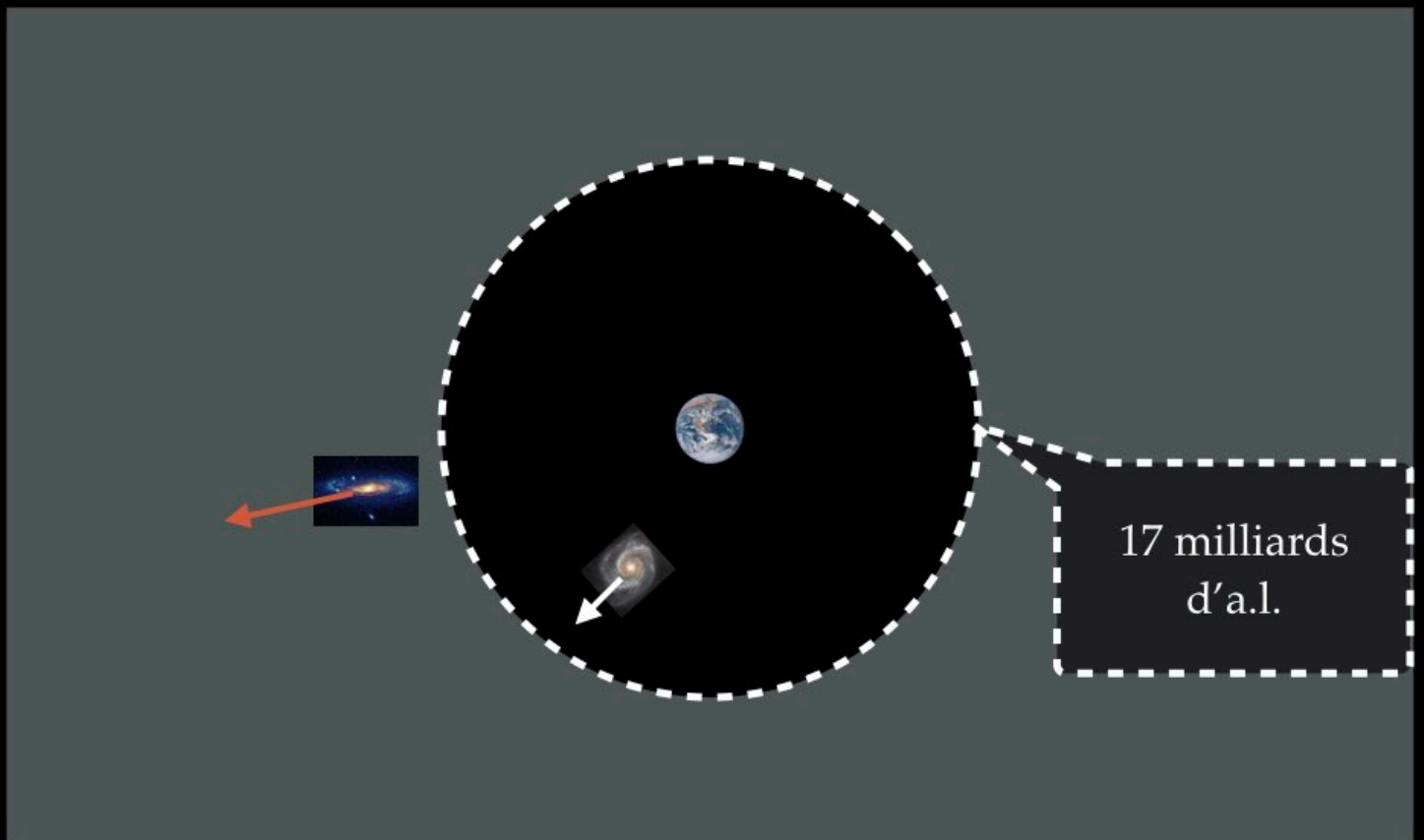
Horizon cosmologique
46 milliards d'a.l.



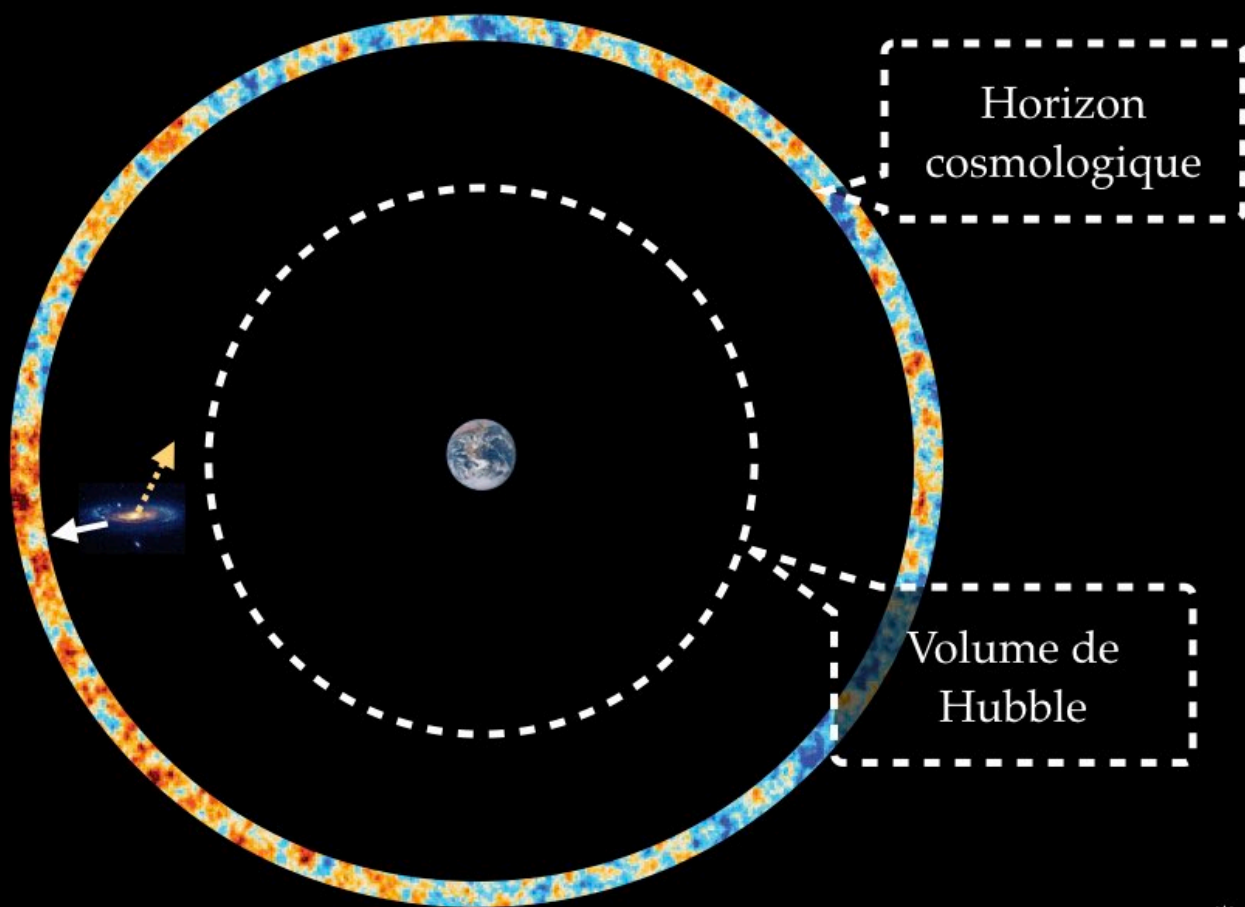
L'univers est identique dans
chaque bulle



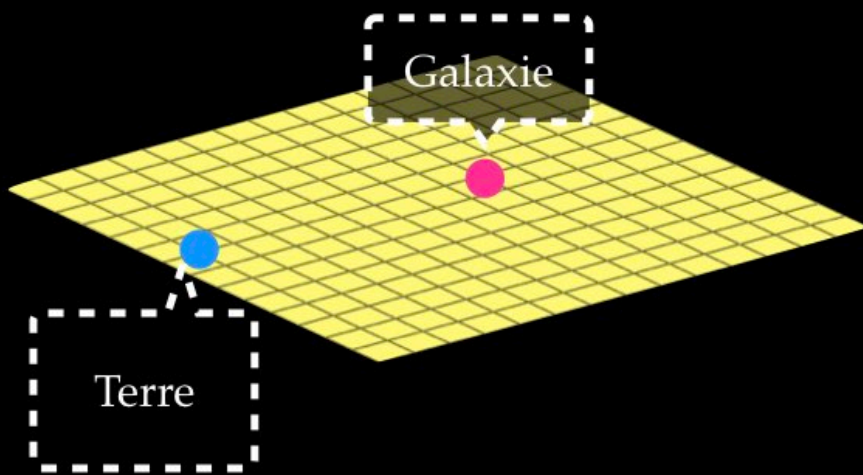
CONSÉQUENCES : LE VOLUME DE HUBBLE



CONSÉQUENCES : LES DIFFÉRENTS HORIZONS

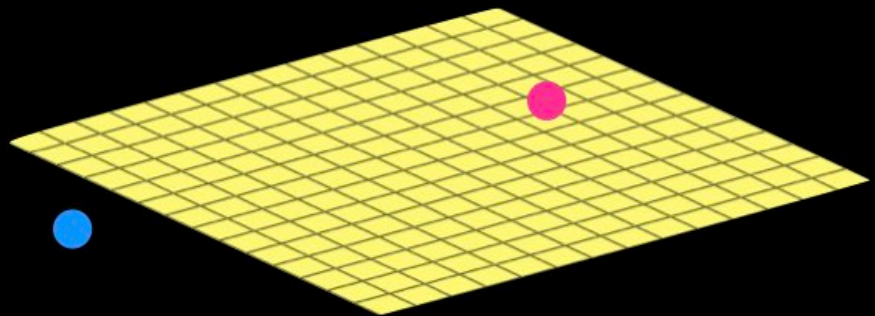


LES GALAXIES VONT-ELLES PLUS VITE QUE LA LUMIÈRE ?

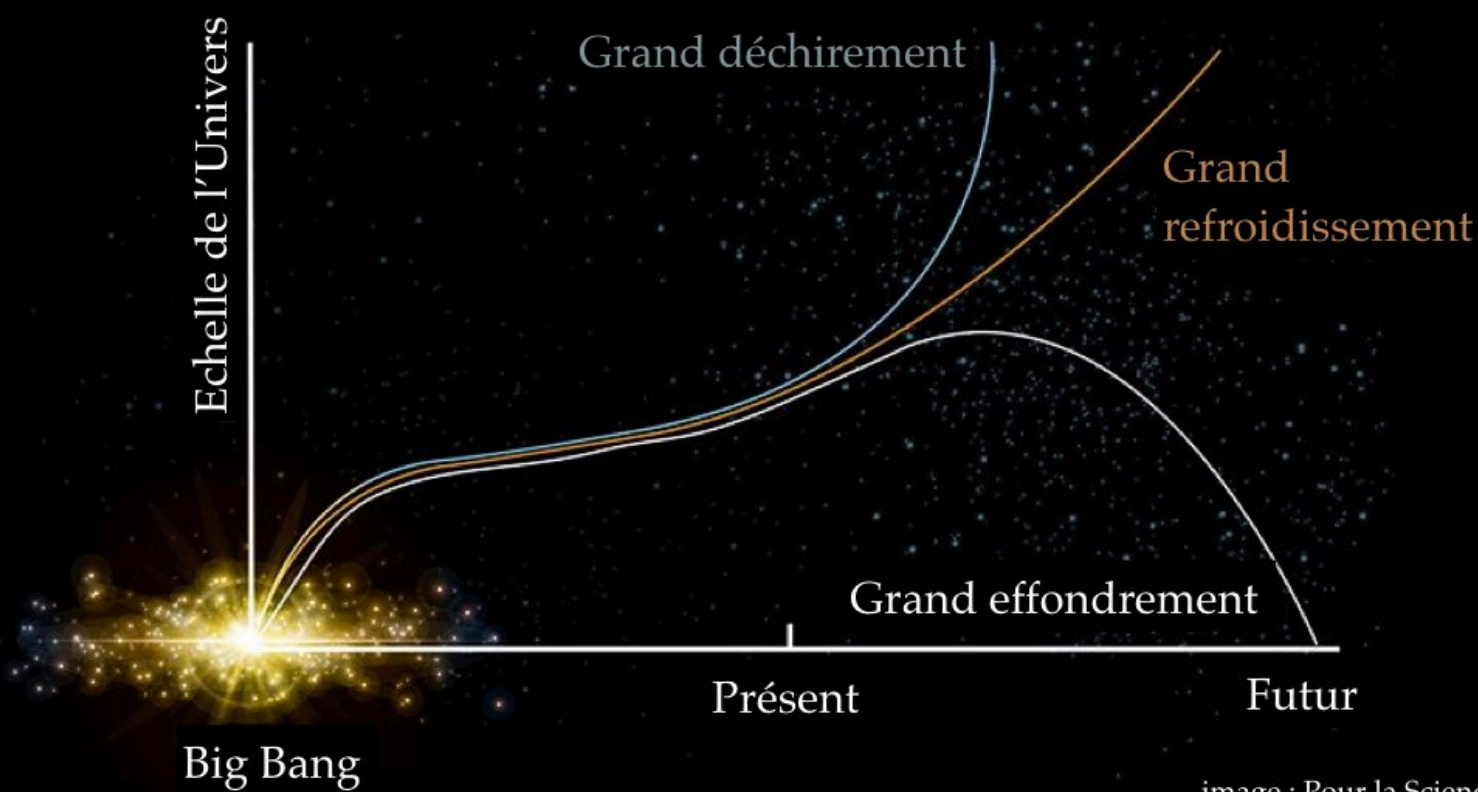


Relativité restreinte :
- Temps et forme
- Espace homogène et
isotrope

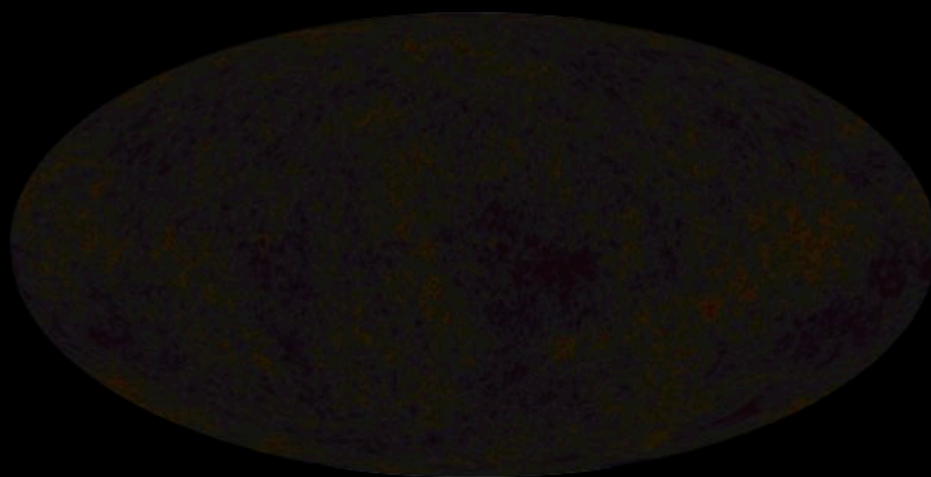
Relativité générale



LES FUTURS DE L'UNIVERS



L'AVENIR DU FOND DIFFUS COSMOLOGIQUE

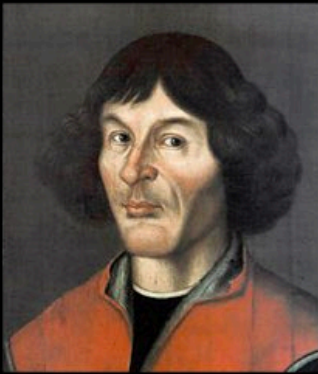




LES THÉORIES ALTERNATIVES

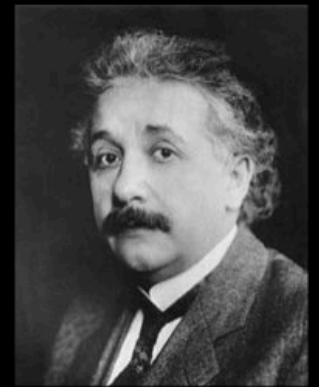
LA COSMOLOGIE INHOMOGÈNE ?

« Les planètes tournent
autour du Soleil. »
Spéciale dédicace au Pape



Nicolas Copernic

Albert Einstein



L'Univers est homogène et
isotrope

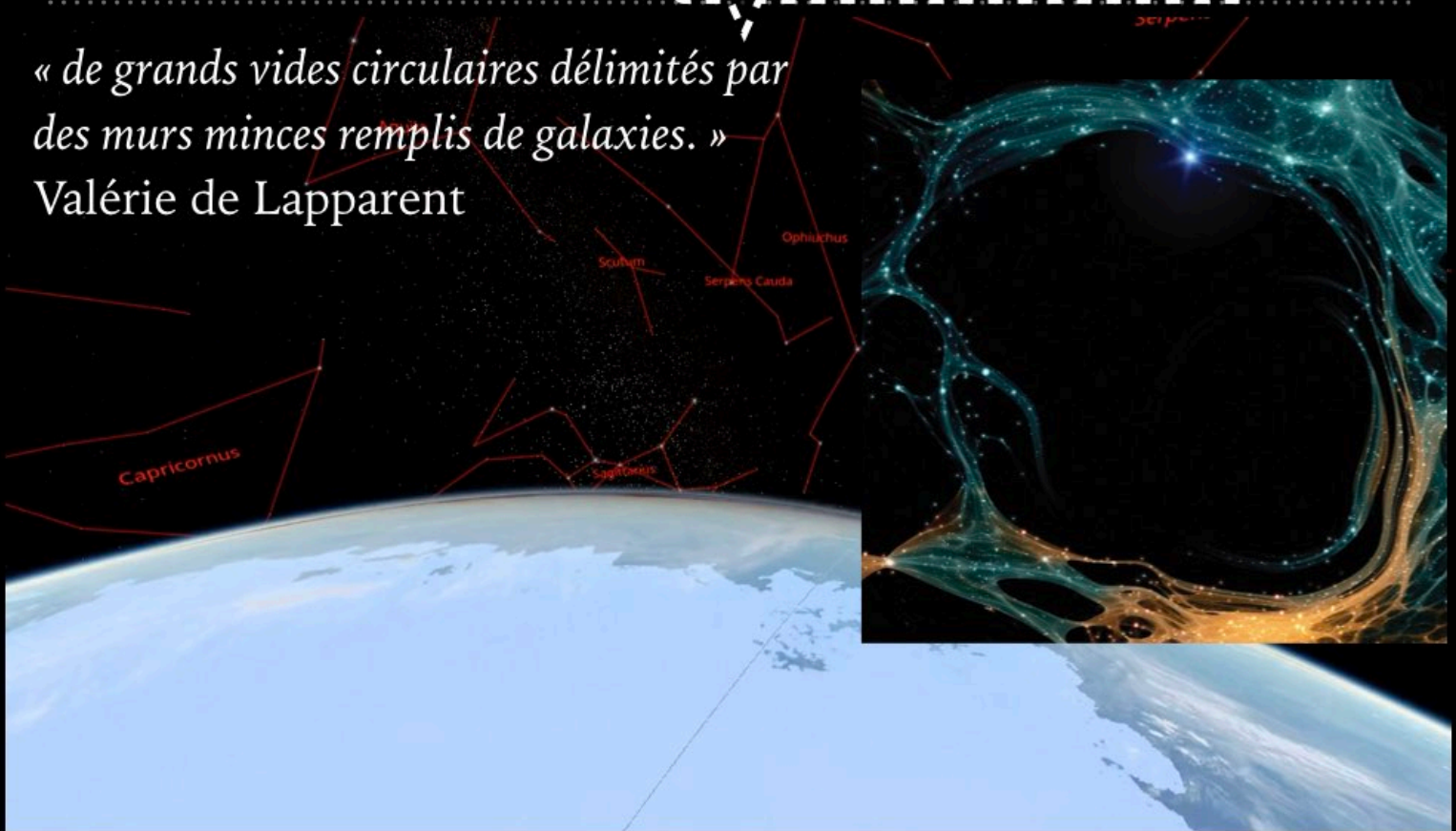


UN UNIVERS GRUYÈRE

Le Sloan Digital Sky Survey

« de grands vides circulaires délimités par
des murs minces remplis de galaxies. »

Valérie de Lapparent



ALTERNATIVES

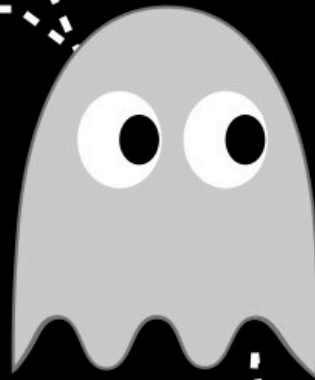
Artefact mathématique ?

Quintessence ?

densité moyenne



volume



Energie fantôme ?

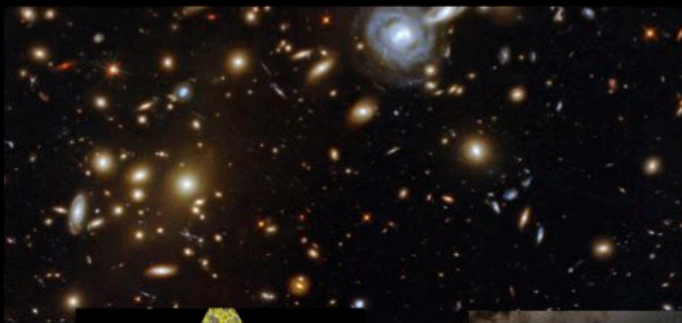
ou multivers, ou théorie M, etc etc...



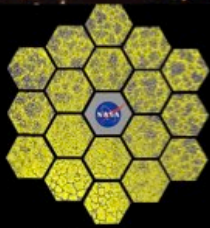
OBSERVATIONS ACTUELLES ET FUTURES

Recenser les galaxies et mesurer leur décalage vers le rouge

v

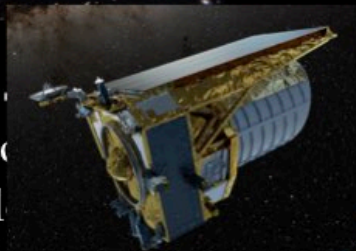


DESI au Kitt Peak



JWST

distance plus l



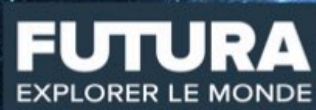
Euclid



Nancy-Grace-Roman



SOURCES ET RECOMMANDATIONS



D'autres questions ?

