

CONSTANTE DE HUBBLE - MESURE DES DISTANCES CELESTES



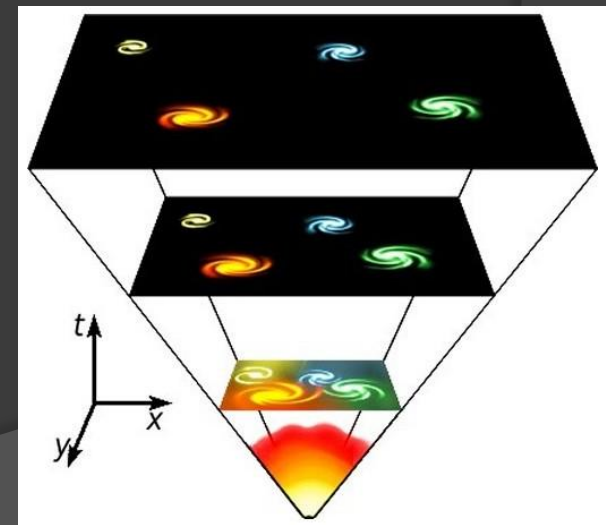
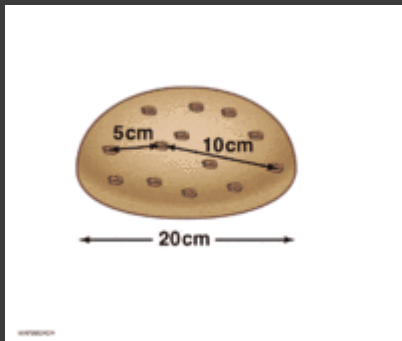
ACA club - 2017/02/10

Pierre de Pontzière

www.dppobservatory.net

Constante de Hubble

- définit la vitesse d'éloignement des galaxies
 - L'univers est en expansion
 - Plus une galaxie est éloignée plus elle s'éloigne rapidement
- $H_0 = 72 \text{ km/sec} / \text{Mpc}$
1 pc (Parsec) =
3.26 années de lumière
206 264 AU ou 30.8 pentamètres ($30.8 \cdot 10^{15} \text{ m}$)



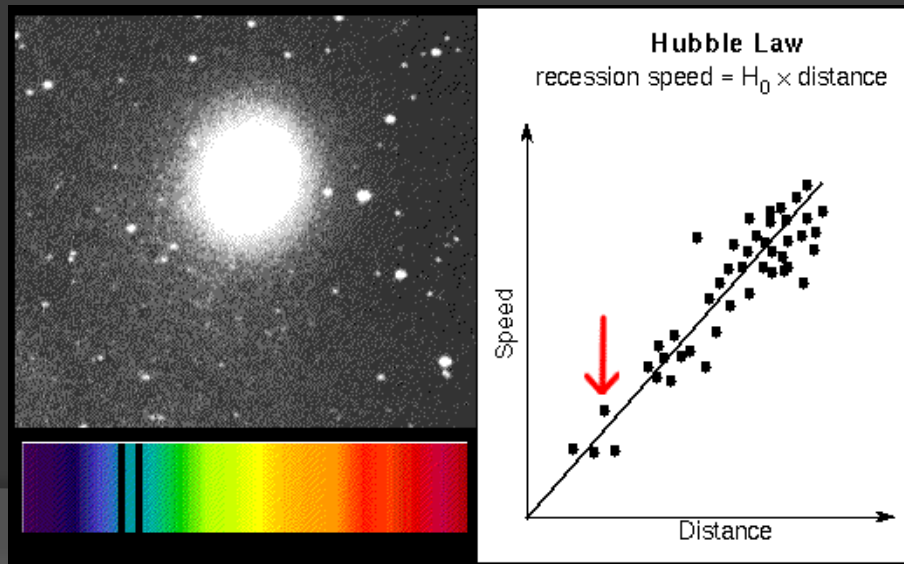
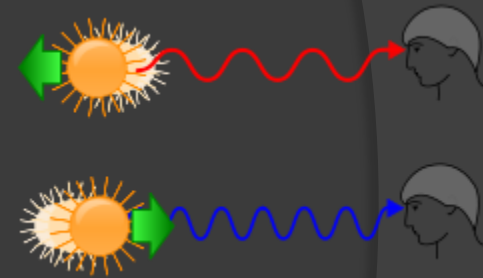
Constante de Hubble

Comment mesurer cette consante

$$H_0 = 72 \text{ km/sec / Mpc}$$

1) Vitesse d'éloignement d'une galaxie (km/sec)
→ Redshift (effet Doppler)

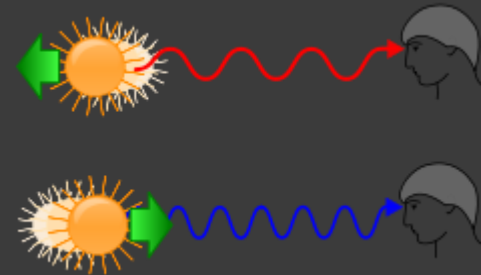
2) Distance de la galaxie (Mpc)



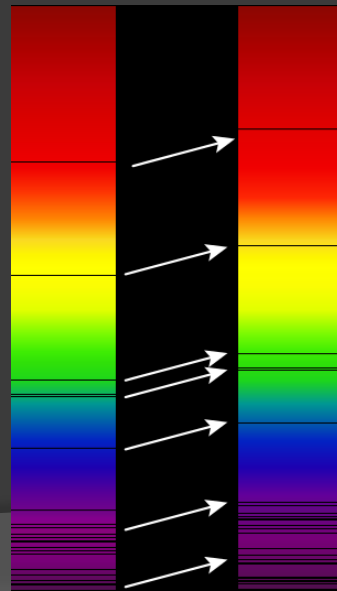
Constante de Hubble

- Vitesse d'éloignement d'une galaxie
→ Redshift (effet Doppler)

à l'aide d'un spectromètre on mesure
le déplacement des raies spectrales



$V = 0$ $V \gg 0$

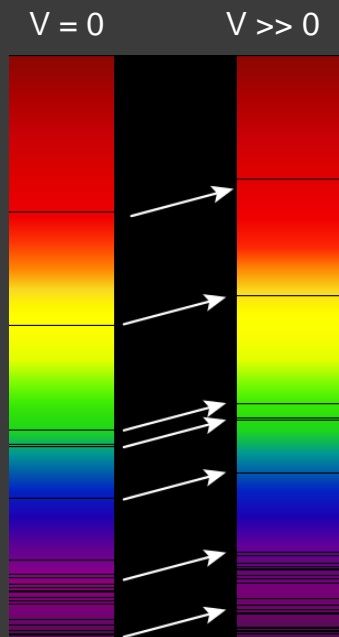


Redshift - Distance

- Si H_0 est connu (72 km/sec / Mpc)
on peut déterminer la distance d'une galaxie

à l'aide d'un spectromètre on mesure
le déplacement des raies spectrales

Exemple



la raie H_α de 658nm est mesurée à 671nm (+ 2%)

redshift $z = (\lambda_{\text{obs}} / \lambda_{\text{émis}}) - 1 = (671 / 658) - 1 = 0.02$

$v = z * c = 0.02 * 300\ 000 \text{ km/sec} = 6\ 000 \text{ km/sec}$

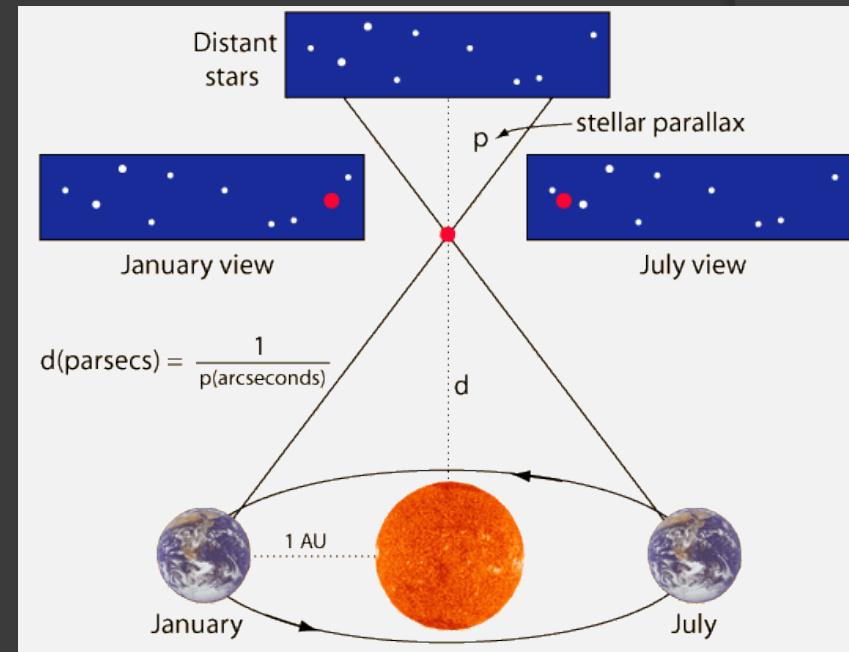
distance $d = v / H_0 = 6\ 000 / 72 = 83 \text{ Mpc} = 272 \text{ M al}$

si v devient très grand, il faut tenir compte de la relativité
dans les calculs. Car z peut être plus grand que 1.

Distance d'une étoile

☉ Etoiles proches - méthode de la paralaxe

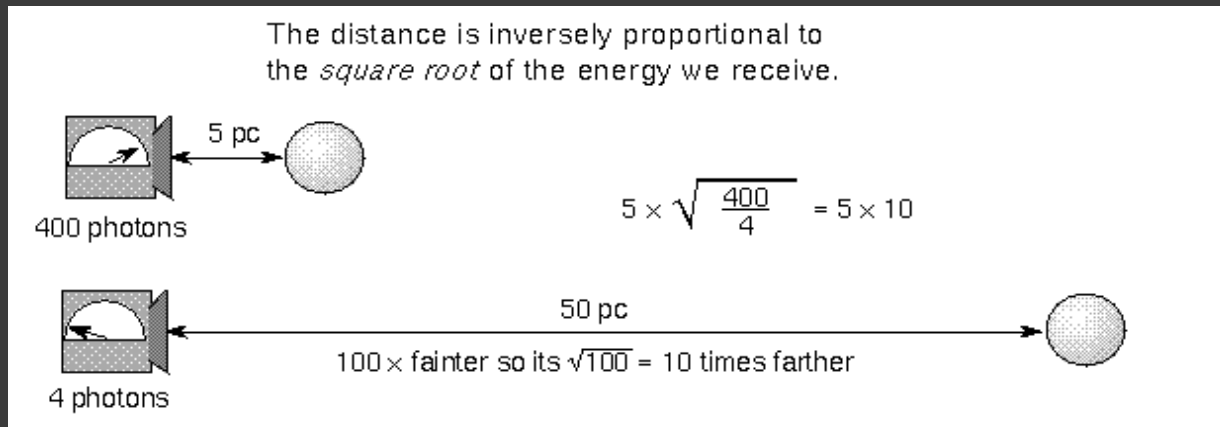
- Proxima Centauri
0.76 arc second
1.3 parsec soit 4.2 al
- Méthode limitée
aux étoiles proches
- résolution milli arc sec
- → 500 pc 1600 al



Distance d'une étoile

◎ Etoiles éloignées – relation P-L

- Céphéides : Pulsantes dont luminosité dépend de la période
- Luminosité → Magnitude Absolue (magnitude à 10 parsec)



$$M = m + 5 - 5 (\log D) \quad D \text{ en parsec}$$

$$M_{\text{sun}} = 4.77$$

$$m_{\text{sun}} = -26.77$$

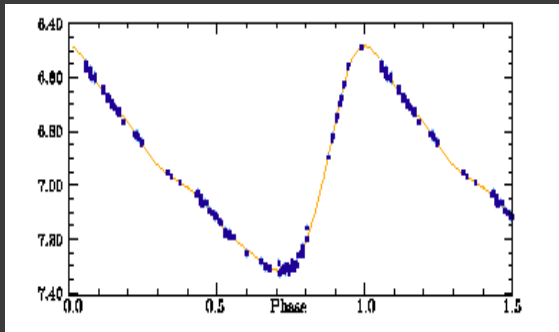
M m D

si on connaît M et m on calcule D

si on connaît m et D on calcule M

Distance d'une étoile

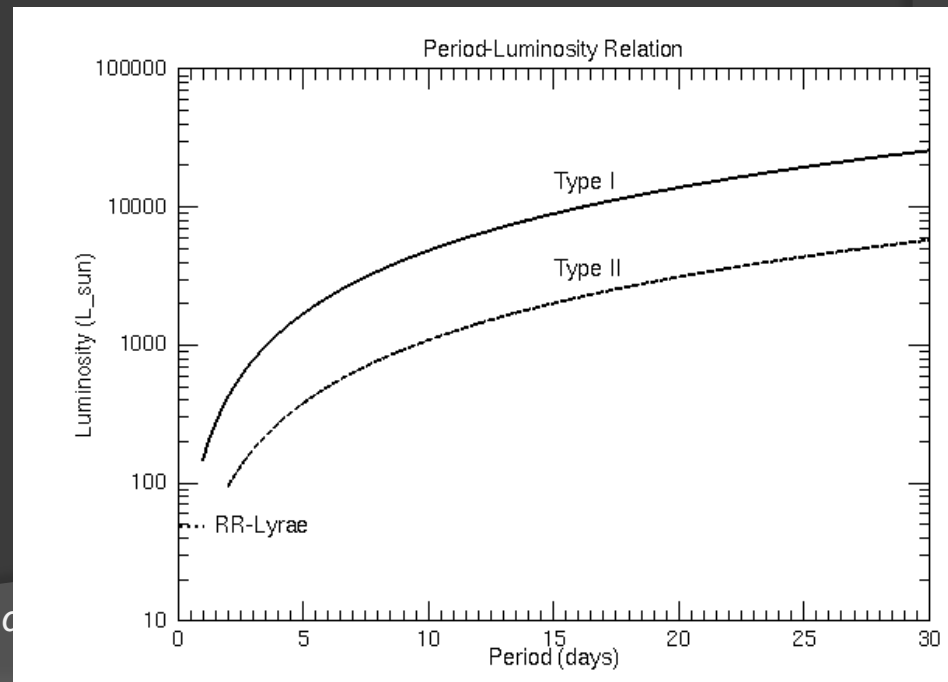
Henrietta Leavitt (1868 – 1921)
découvre la relation P – L
(période – luminosité) pour les
étoiles céphéides d'un même amas



Connaissant P on calcule M

Connaissant M et m on calcule D

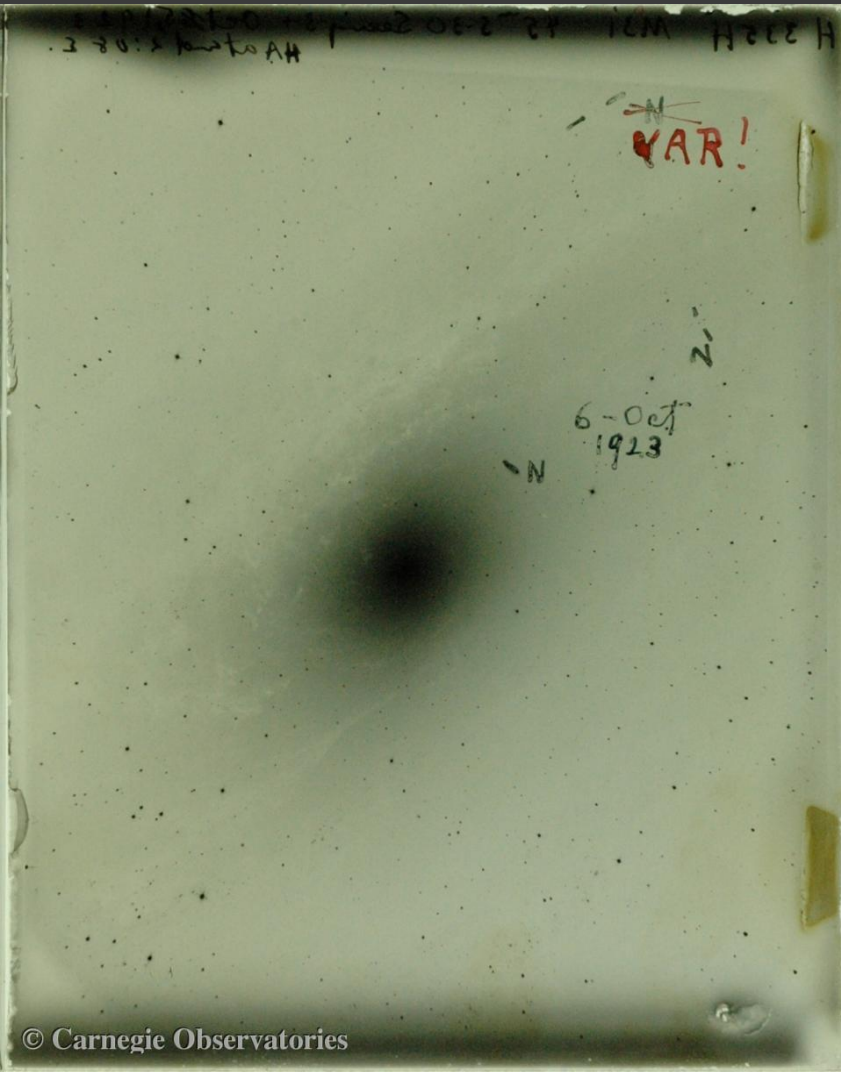
la relation P-L a été calibrée sur des amas d



Distance d'une étoile d'une galaxie

- Etoiles proches
 - méthode de la paralaxe
- Etoiles éloignées et galaxies proches
 - relation $P - L$ (céphéïdes)
- Galaxies éloignées
 - Supernovae SN1A

Distance d'une galaxie proche

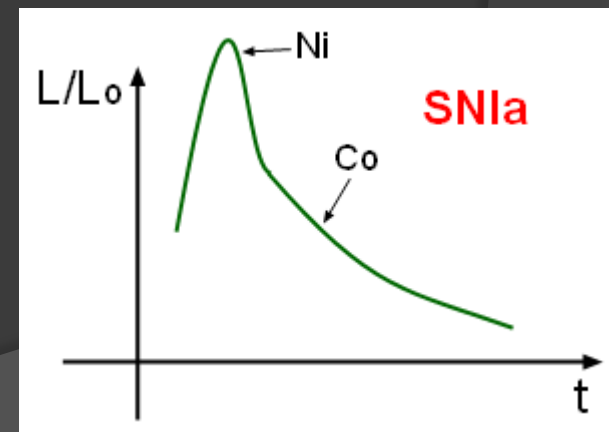


- En 1923, Hubble découvre M31-V1, une céphéide
 - il mesure la période, il en déduit **M**
 - il mesure la magnitude **m**
 - et obtient la distance **D**
- Il montre que M31 n'est pas dans la Voie Lactée

6 octobre 1923 – 100 " - Mont Wilson -CA

Distance d'une galaxie

- ◉ Galaxies proches – céphéïdes
- ◉ Galaxies éloignées – Supernova SN1a
- la Magnitude absolue M est la même pour toutes les SN1a
- connaissant M (pcq SN1a) et m (par mesure)
- on détermine D
- *la Magnitude absolue M d'une SN1a a été déterminée sur base galaxies proches dont on connaissait la distance par la méthode des céphéïdes*



Constante de Hubble - H_0

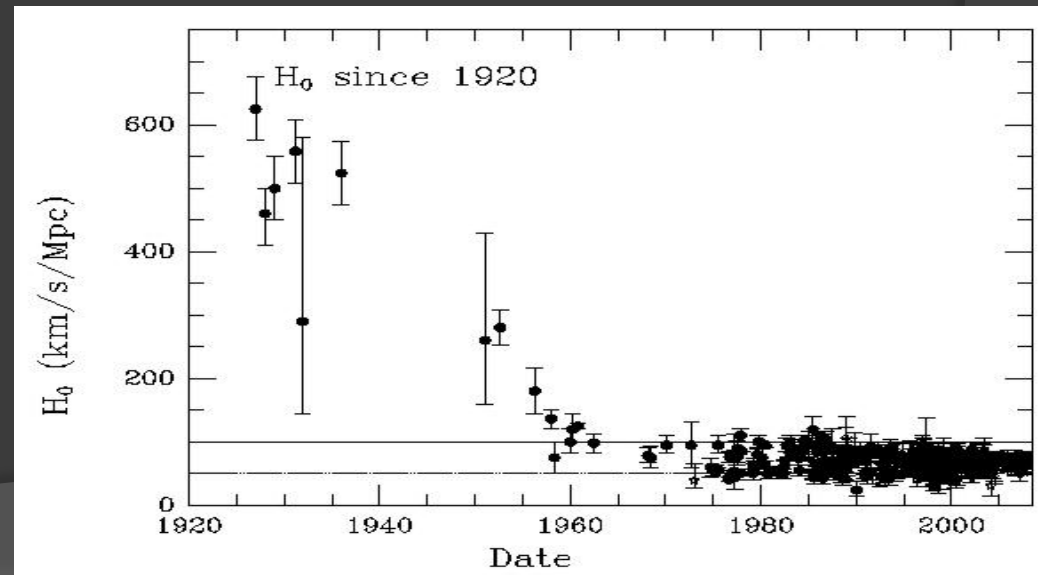
● Evolution de la connaissance de H_0

G. Lemaître → première valeur (1927)

Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques

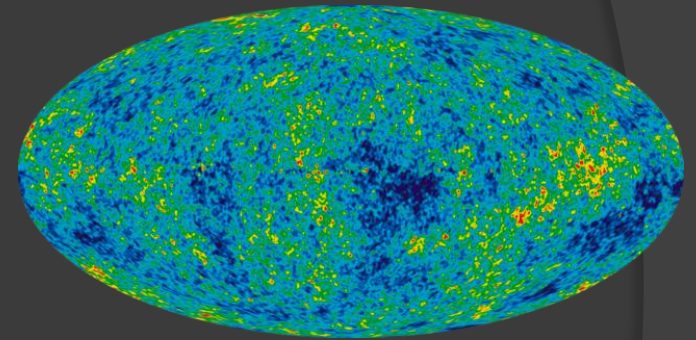
Actuellement $H_0 = \pm 72 \text{ km/sec / Mpc}$

● Mesure de la distance est la plus difficile



Constante de Hubble H_0

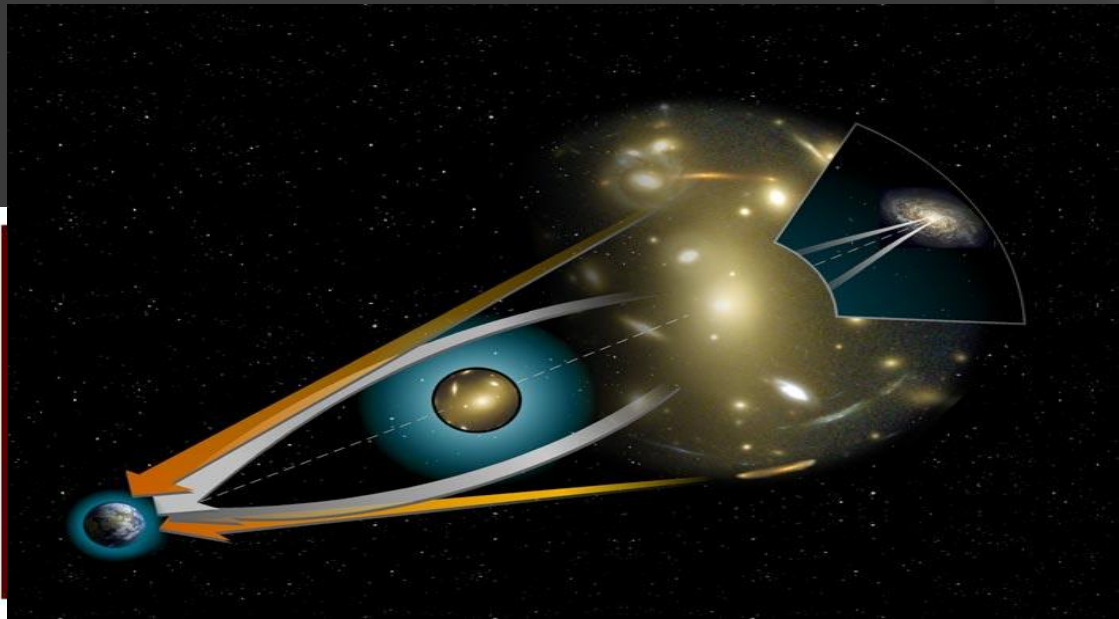
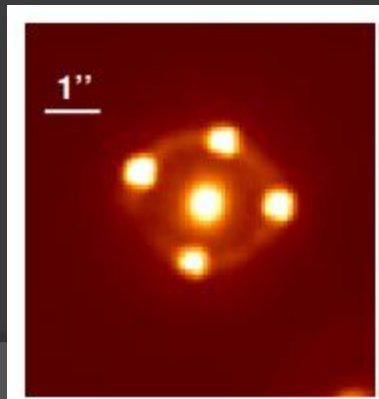
- ⦿ CMB – Cosmic Microwave Background
Fond diffus cosmologique



- ⦿ Satellite Planck 0.3mm à 11mm
Infrarouge lointain aux micro-ondes
- ⦿ Radiation résiduelle du Big Bang. Température 2.7 Kelvin
- ⦿ Fond diffus cosmologique peut être simulé selon le Modèle Standard Cosmologique qui est basé sur H_0
- ⦿ $H_0 = 66.9 \text{ km/sec / Mpc}$ au lieu de 72 km/sec / Mpc

Constante de Hubble - H_0

- ⊙ **Projet H_0 LiCOW** (H_0 Lenses in COSMOGRAIL's Wellspring)
Holly Cow
- ⊙ **Relativité Générale – lentille gravitationnelle**
- ⊙ **L'image du Quasar est dédoublée**
 - traits blancs: trajets réels
 - traits oranges: trajets apparents



Constante de Hubble - H_0

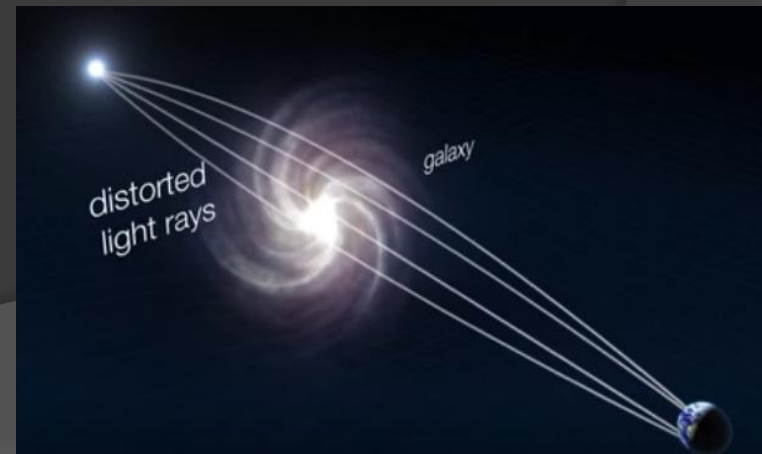
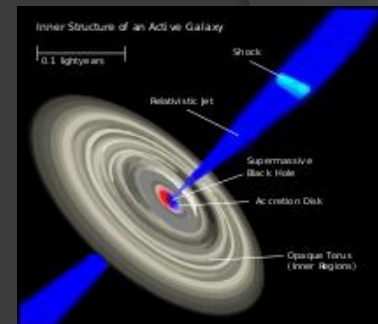
⦿ Quasar – AGN (Active Galactic Nucleus)

- les trajets ont des longueurs différentes
- la brillance du quasar varie dans le temps

→ estimation des écarts de longueurs

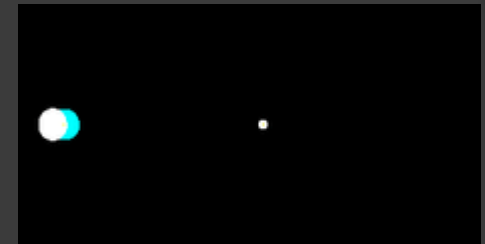
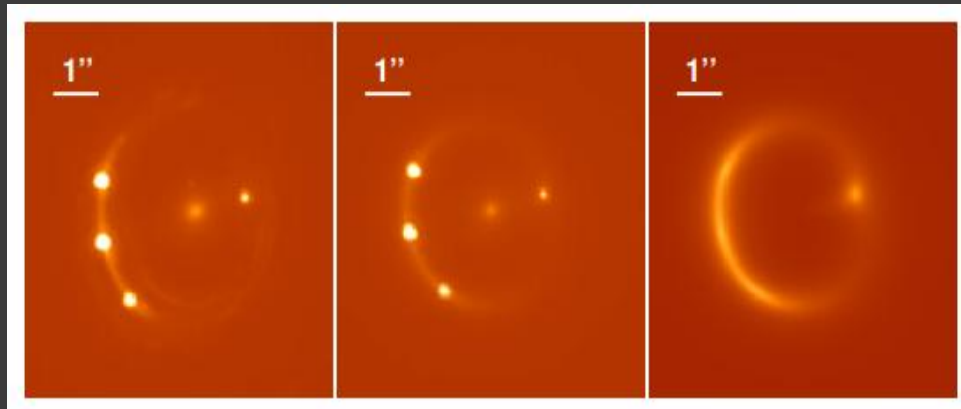
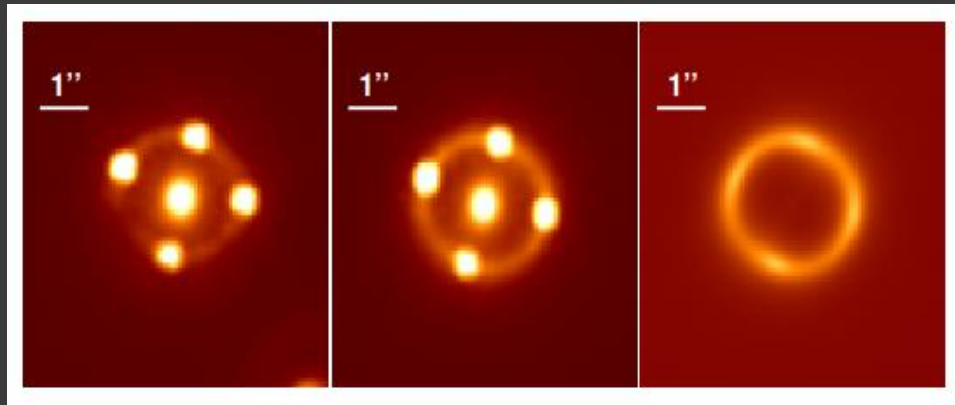
→ or les écarts dépendent de H_0

→ simulations fournissent H_0



Constante de Hubble - H_0

Observé – Simulé – arc



Constante de Hubble - H_0

- Projet H_0 LiCOW
fournirait la valeur
la plus précise pour H_0
 $= 71.9 \pm 2.7 \text{ km/sec / Mpc}$
- L'Univers est en expansion accélérée

→ H_0 croît en fonction du temps
la valeur actuelle $= 71.9 \pm 2.7 \text{ km/sec / Mpc}$

THE END