

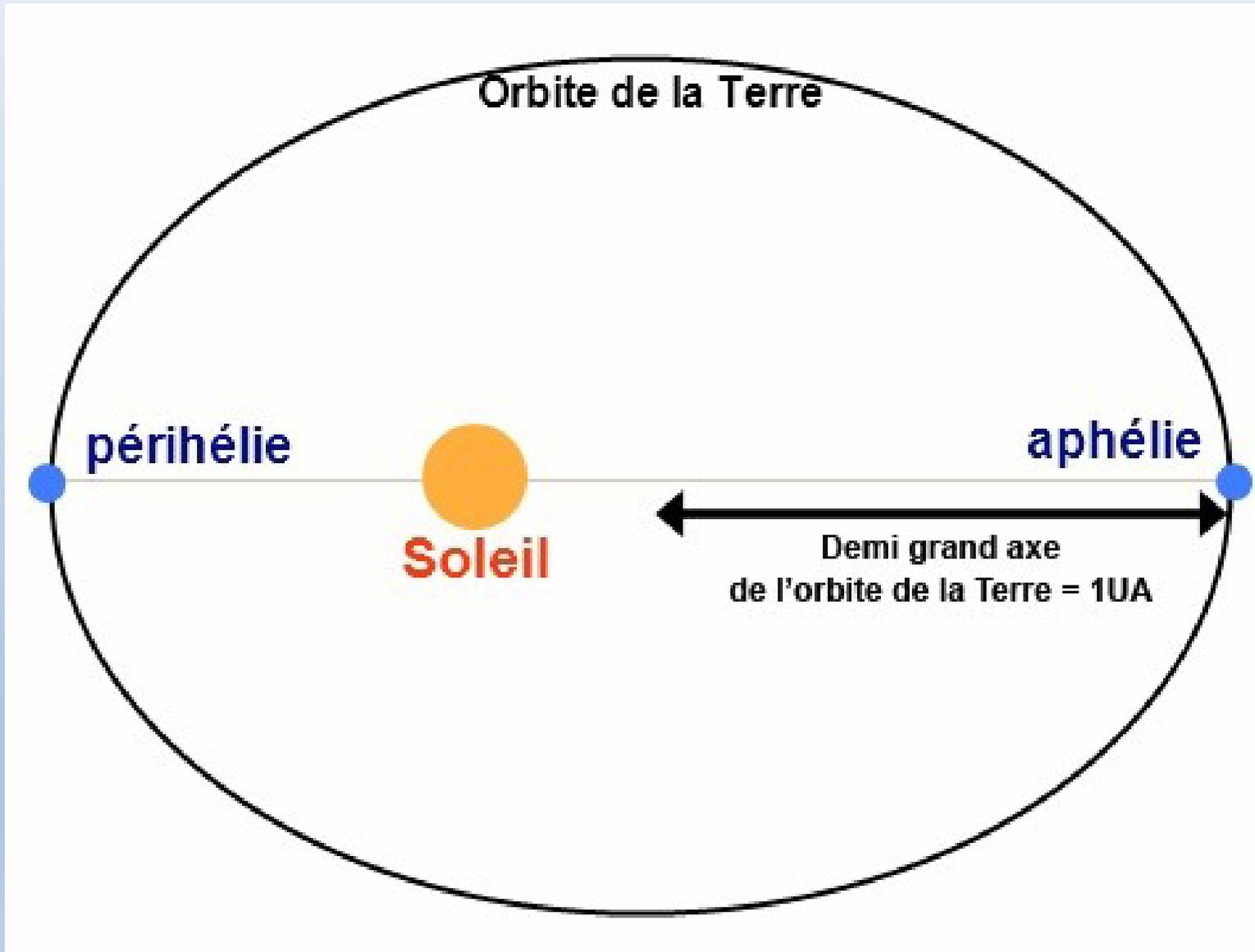
NEPTUNE ASTRONOMMIE  
SEPTEMBRE 2023

A person is silhouetted against a vibrant, colorful Milky Way galaxy in a dark night sky. The galaxy is the central focus, displaying a spectrum of colors from yellow and orange at the bottom to purple and blue at the top. The person stands on a dark, rocky outcrop, looking up at the starry expanse. The overall scene is a breathtaking view of the night sky.

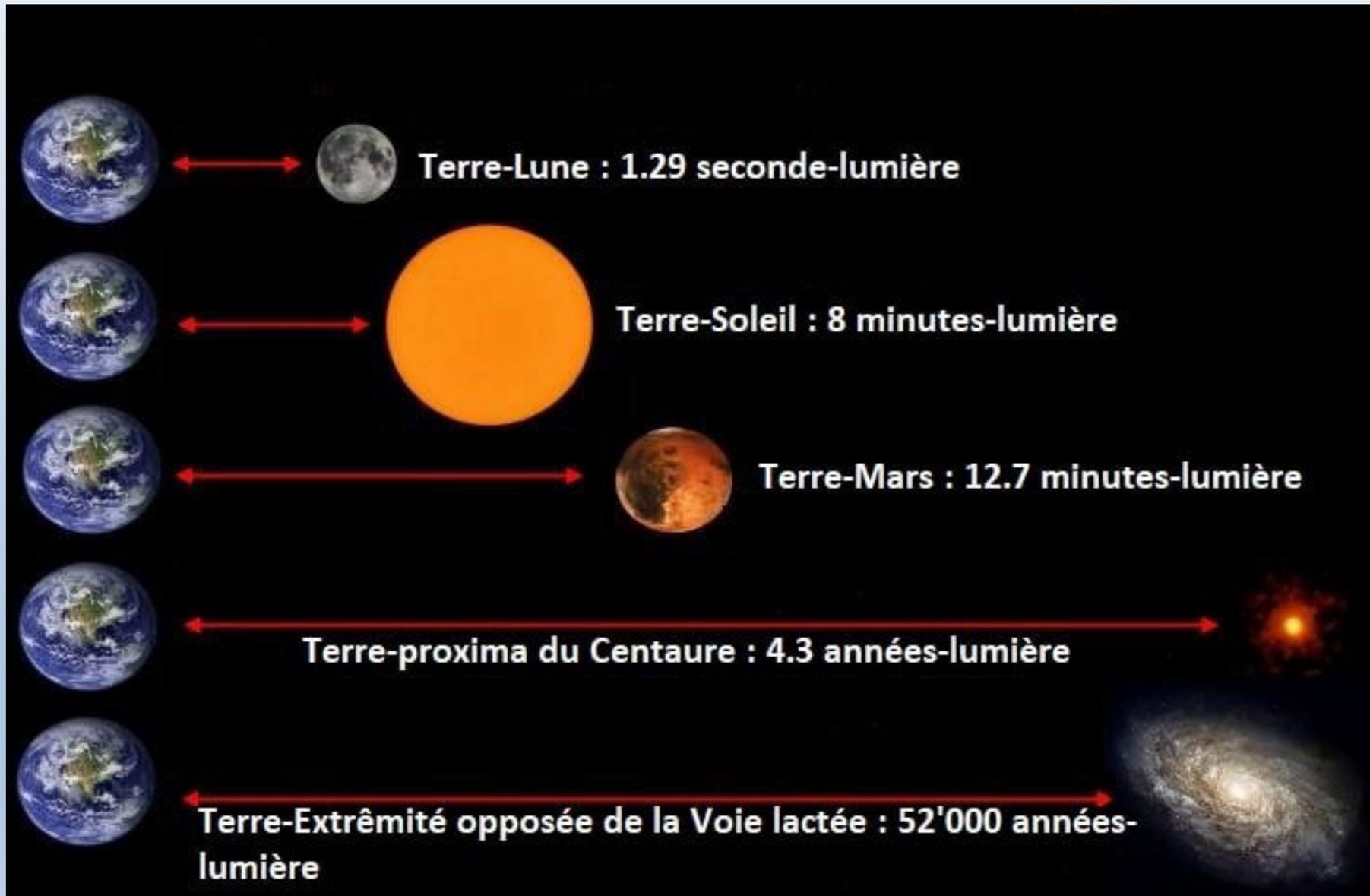
**DISTANCES EN ASTRONOMIE**

**Le mètre**, unité de longueur du SI, est défini par la 17<sup>e</sup> CGPM comme étant **la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1/299 792 458 de seconde.**

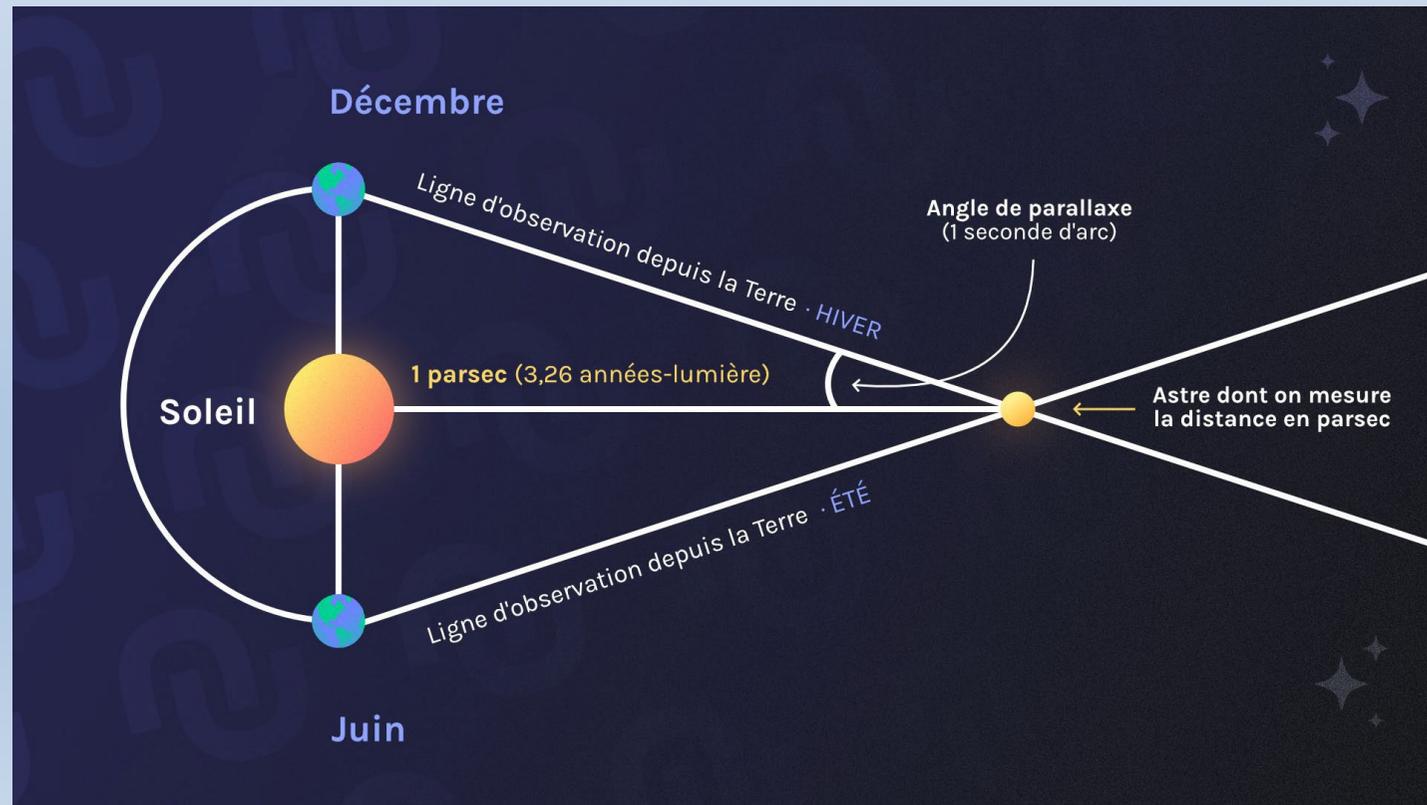
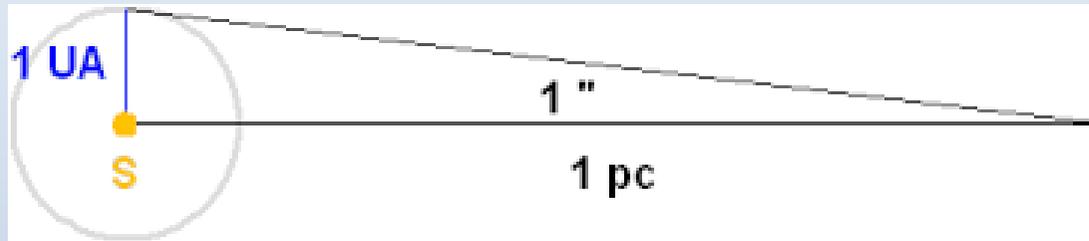
**L'unité astronomique** est désormais définie comme égale à **149 597 870 700 mètres exactement**



**Une année-lumière**, c'est la distance que parcourt la lumière en **un an**. Une année-lumière est égale à 9 500 milliards de kilomètres!

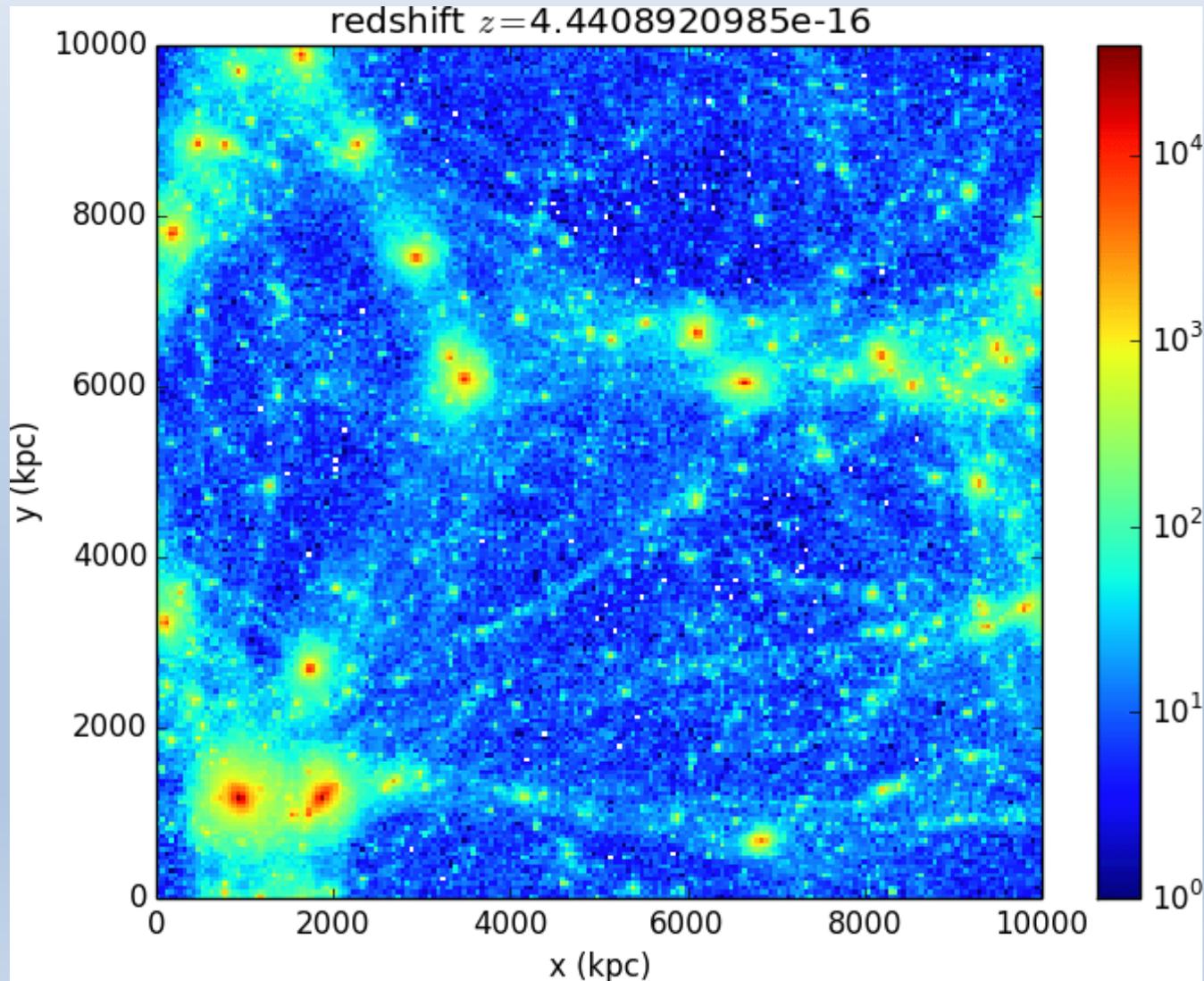


**Un parsec** correspond à 3,26 années-lumière. Sachant qu'une seule année-lumière correspond à 9 461 milliards de kilomètres, cela représente 30 900 milliards de kilomètres — ce qui explique la nécessité d'avoir une unité de mesure plus grande. Inversement, une année-lumière correspond donc à 0,3 parsec. Un parsec est également équivalent à 206 265 unités astronomiques

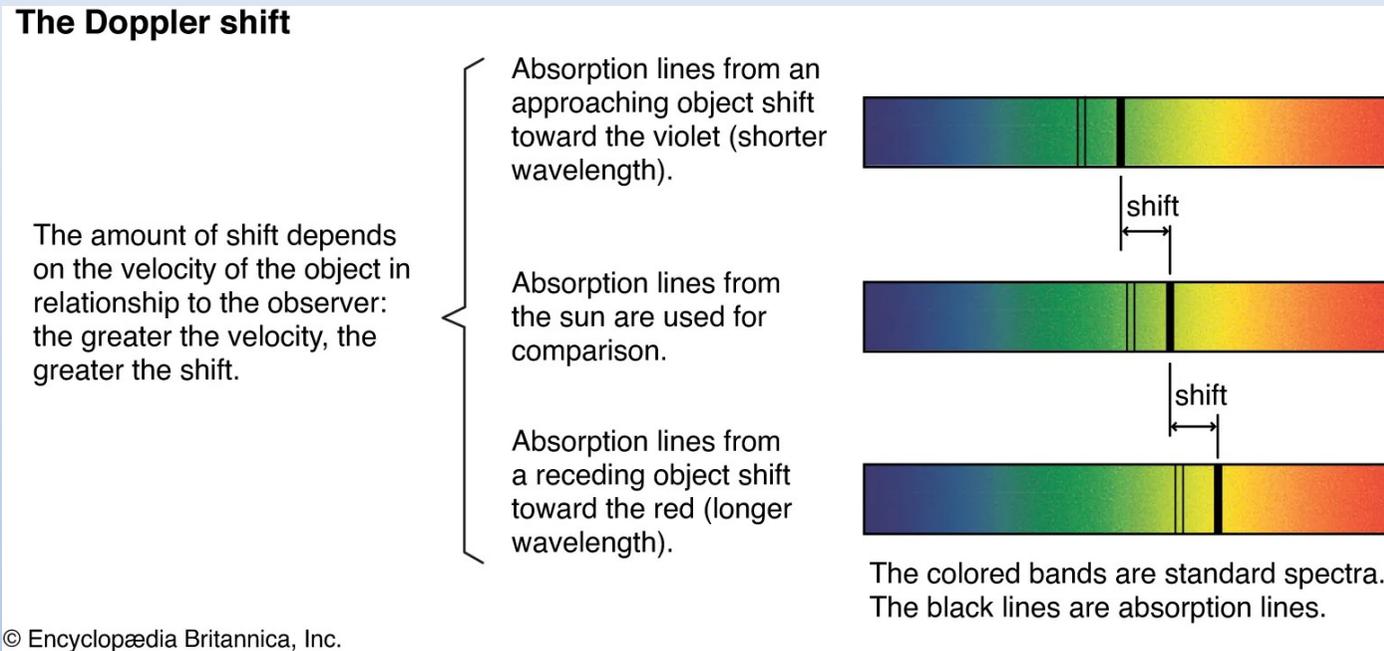


# Megaparsec

Image of the 10 Megaparsec structure from the Gadget-2 simulation with Gperturbations . The most luminous clumps in the structure are galaxy cluster halos of dark matter.



**Le décalage vers le rouge (redshift** en anglais) est un **phénomène astronomique de décalage vers les grandes longueurs d'onde des raies spectrales et de l'ensemble du spectre** — ce qui se traduit par un décalage vers le rouge pour le spectre visible — observé parmi les objets astronomiques lointains.



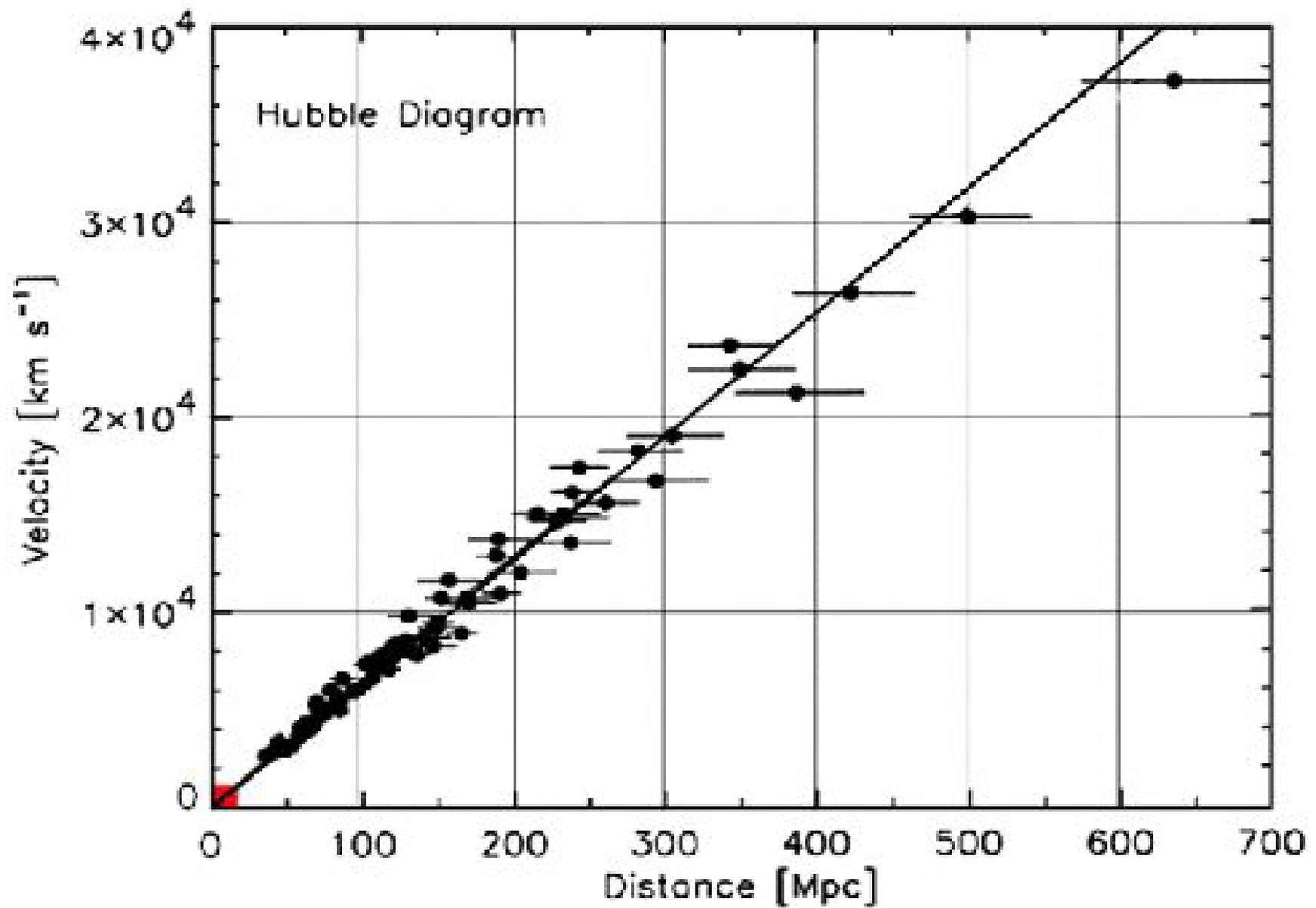
Par exemple, le [fond diffus cosmologique](#) correspond à  $z = 1\ 100$  et  $t = 380\ 000$  ans après le [Big Bang](#).

$$z = \frac{(\lambda_{\text{observé}} - \lambda_{\text{repos}})}{\lambda_{\text{repos}}}$$

Pour mesurer le décalage spectral, les astronomes utilisent les spectres des galaxies (voir Figure). Ils en déduisent la vitesse des galaxies, avec :

$$v = c \times \frac{((z + 1)^2 - 1)}{((z + 1)^2 + 1)}, \text{ où } c \text{ est la vitesse de la lumière, } c=300\,000 \text{ km/s.}$$

Lorsque la vitesse d'éloignement est petite par rapport à la vitesse de la lumière, on peut simplifier l'expression ci-dessus par  $v=cz$ . Connaissant la vitesse d'éloignement d'une galaxie, on en déduit sa distance,  $D=v/H_0$ .



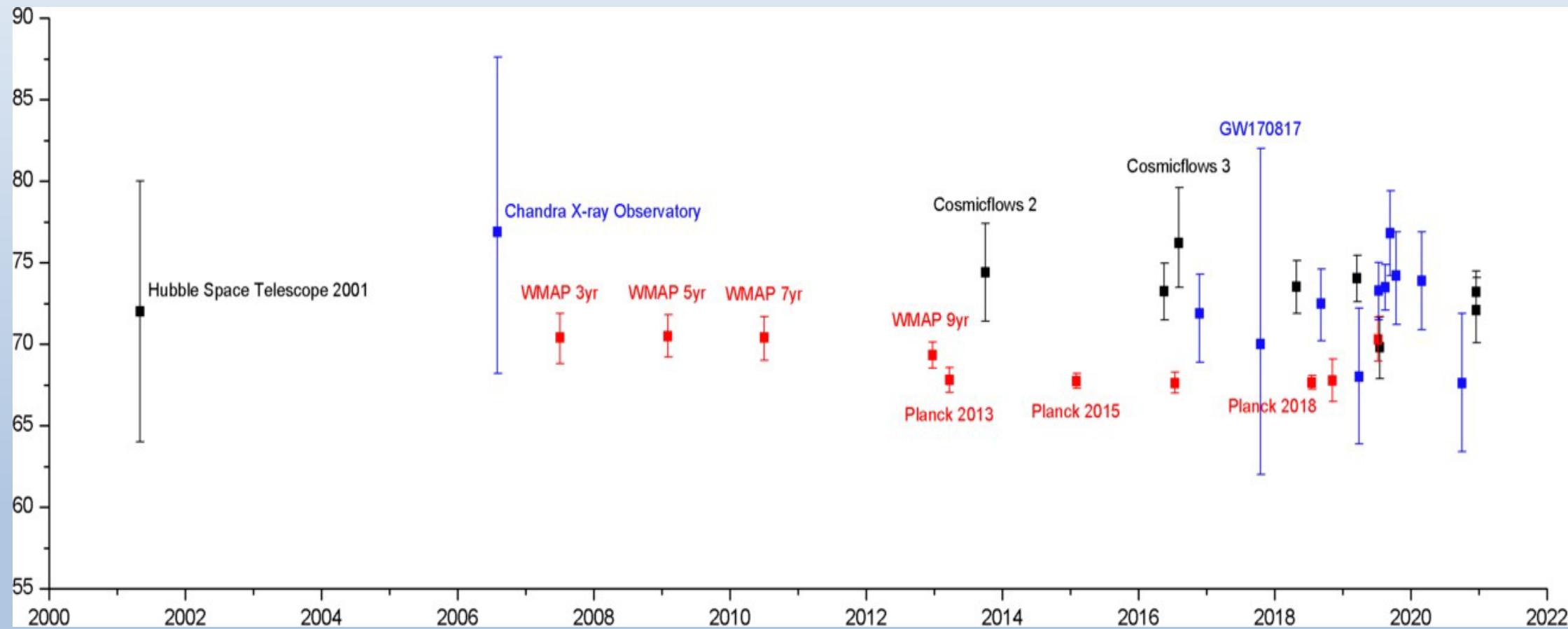
# COMMENT HUBBLE A DÉCOUVERT SA "CONSTANTE"

NE FUYEZ PAS SI VITE

VOUS DEVEZ DEVENIR TOUT ROUGE EDWIN!

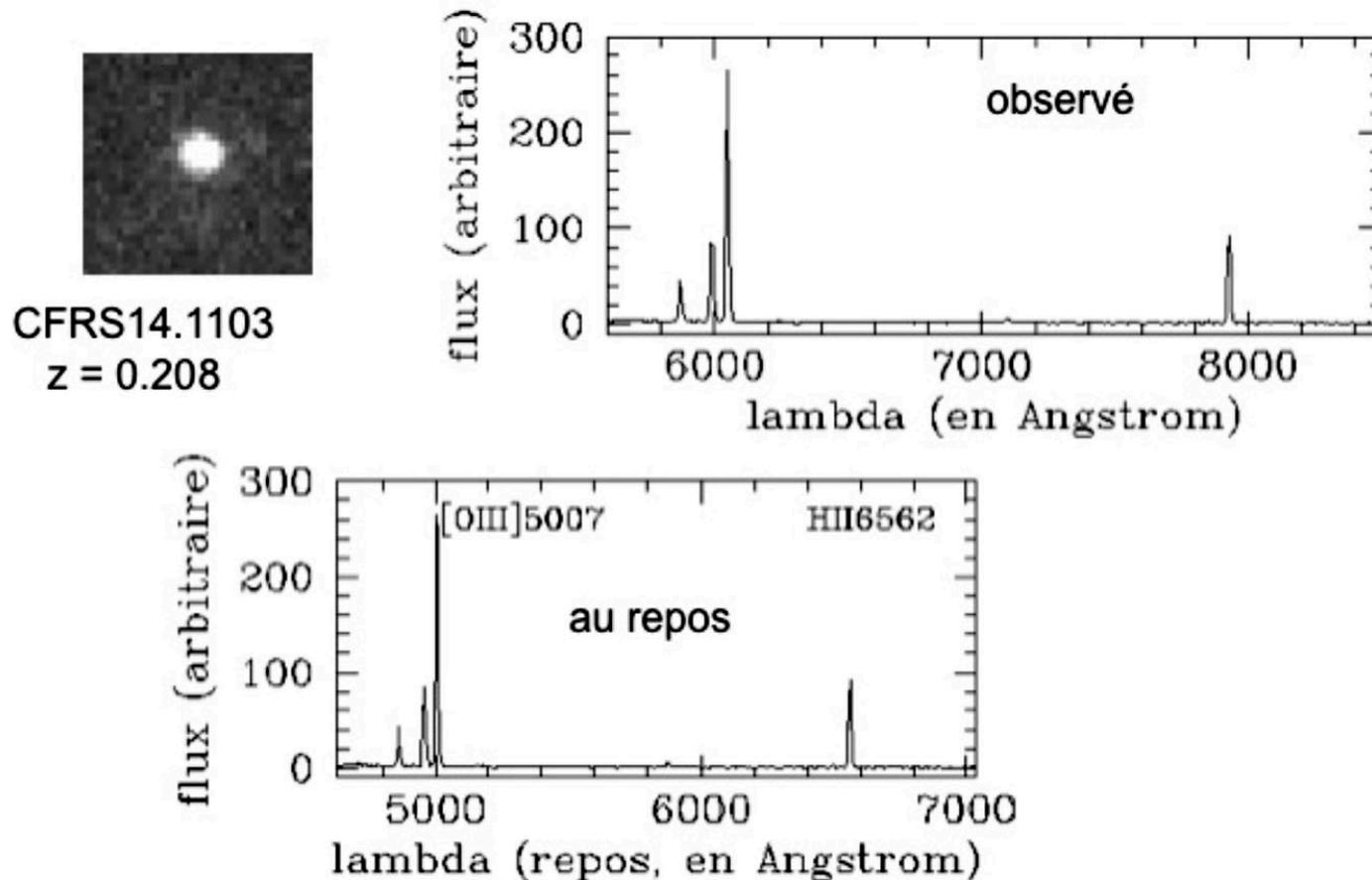


Ho : Sa valeur observationnelle est actuellement d'environ 70 km/s/Mpc



, on en déduit sa distance,  $D=v/H_0$ .

### Spectre d'une galaxie s'éloignant à une vitesse de 56000 km/s



Observation du spectre d'une galaxie, CFRS14.1103, située à environ 3 milliards d'années-lumière. Le spectrographe décompose l'émission de la lumière en fonction de la longueur d'onde ( $\lambda$ ), de la même manière qu'un prisme décompose la lumière en différentes couleurs. Le gaz ionisé de cette galaxie émet un rayonnement sous forme de raies spectrales à des longueurs d'ondes observées de 5007 et de 6562 Angstroms (1 Angstrom=1 dix milliardième de mètre) pour l'Oxygène et l'Hydrogène ionisés (raies [OIII] et H $\alpha$ , voir spectre en bas de la figure). Ces émissions sont observées à 6048 et 7927 Angstroms dans le spectre de la galaxie CFRS14.1103 (spectre en haut de la figure). On en déduit le décalage spectral de cette galaxie,  $z=0,208$ , sa vitesse d'éloignement  $v=56000$  km/s et sa distance,  $D=2,74$  milliards d'années-lumière.

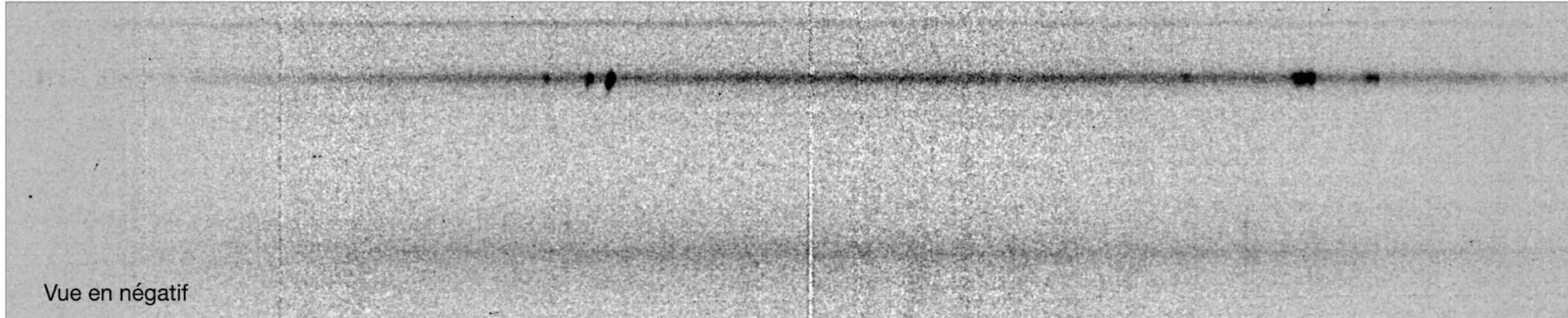
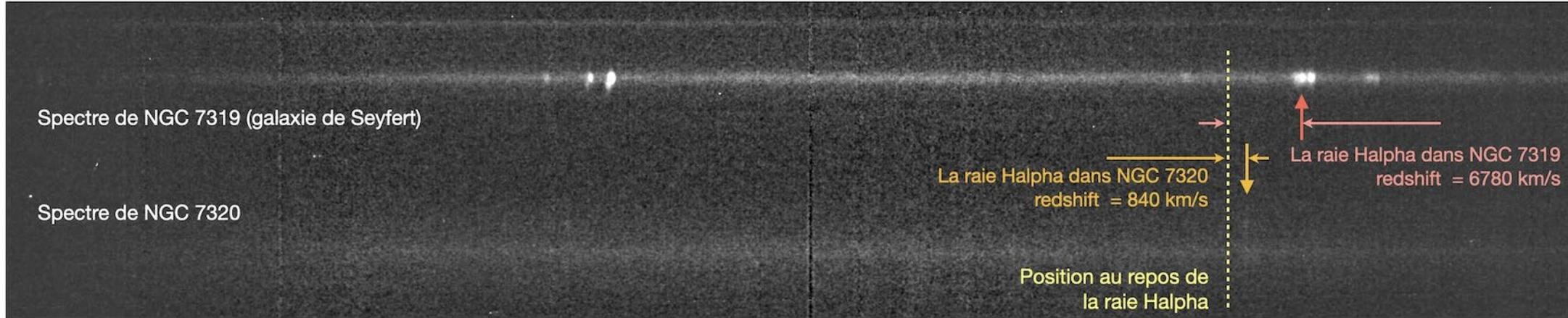
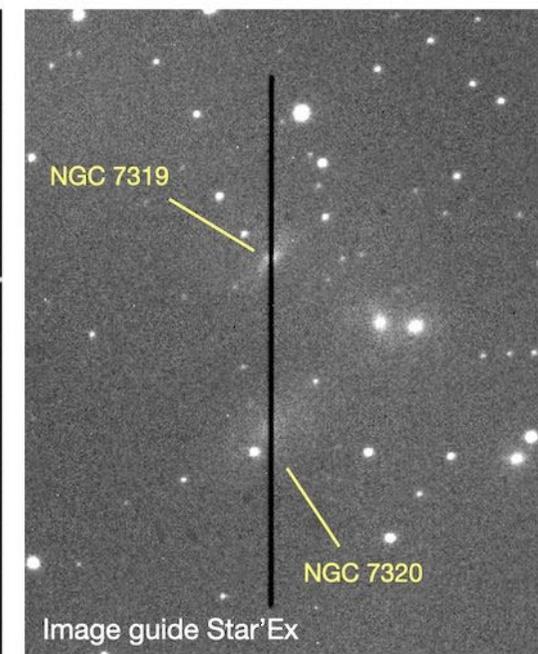
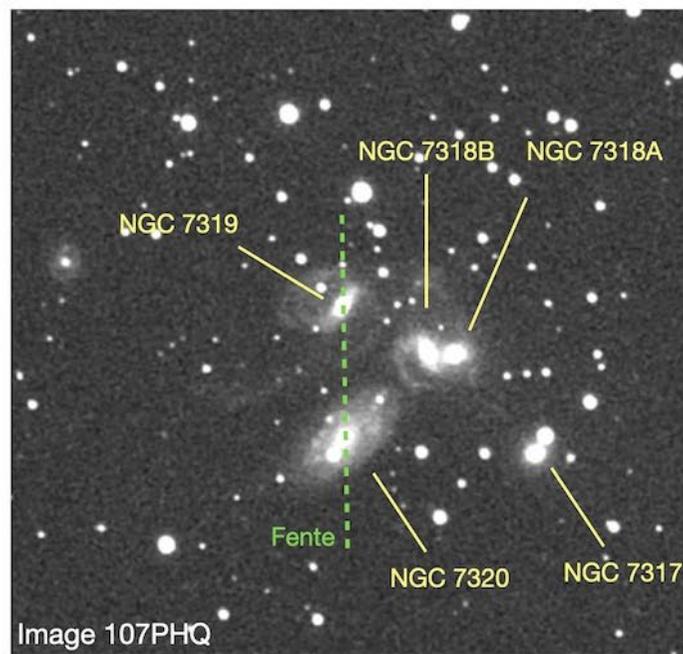
# Perspective cosmique : le quintette de Stephan

*Sujet d'une vive polémique dans les années 70-80 : l'une des galaxies (NGC 7320) qui forment cet ensemble apparemment lié ne présente pas du tout le même décalage vers le rouge que les autres. Est-ce que la loi de Hubble peut être mise en défaut ? La question a été l'objet de grands débats ! Aujourd'hui il est clair que NGC 7320 est bien plus proche que ces voisines, il s'agit donc d'un alignement fortuit (NGC 7320 et NGC 7319 sont respectivement aux distances de 13 Mpc et 109 Mpc).*

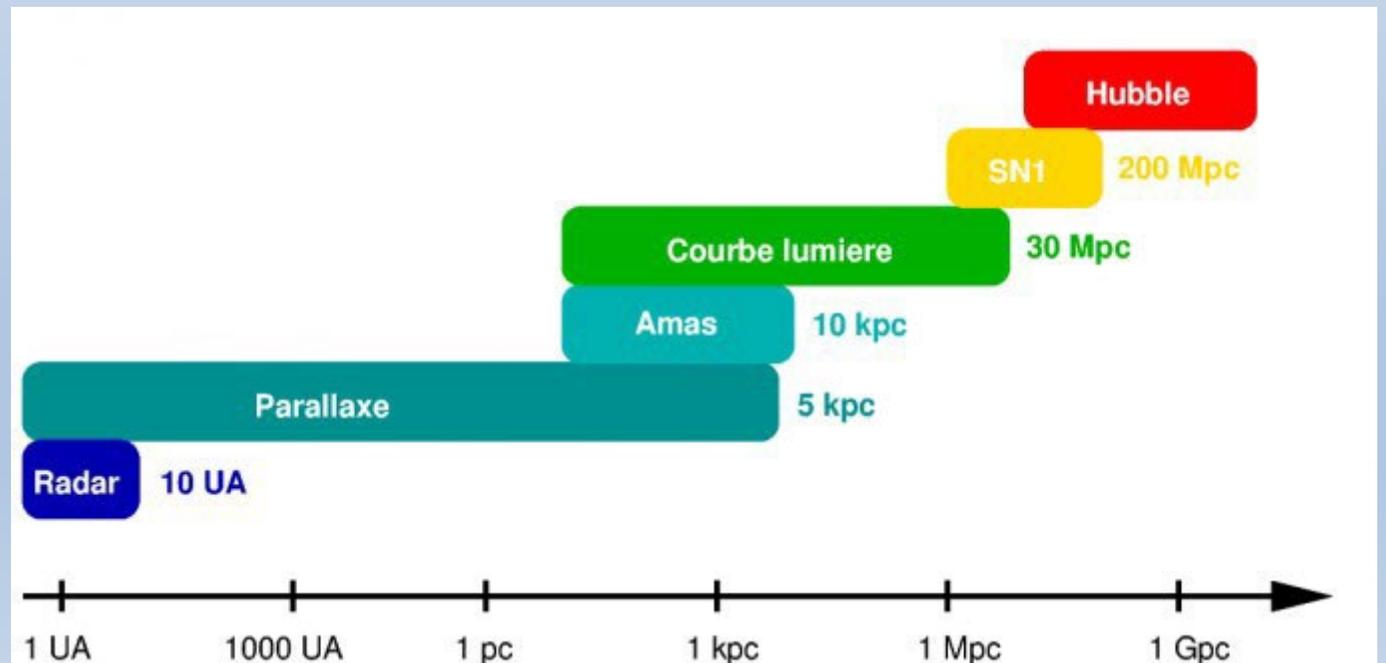
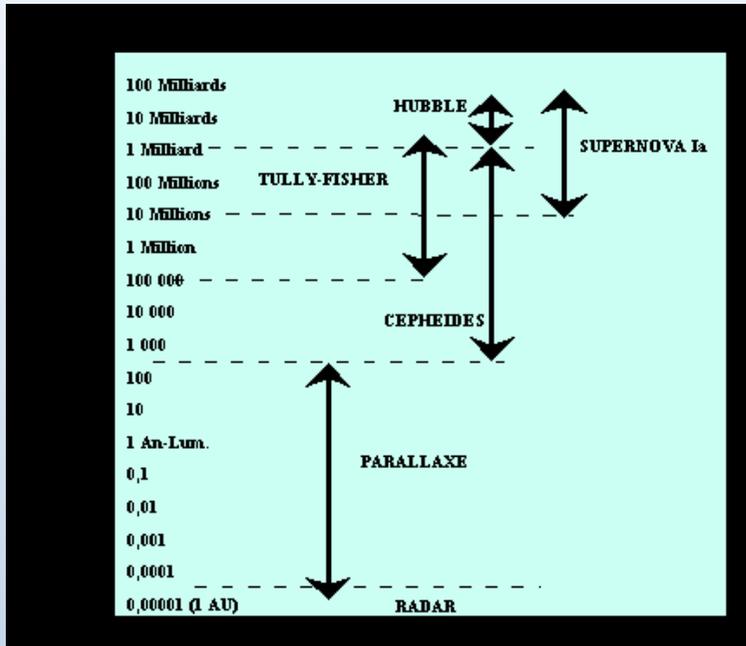
On utilise ici un télescope RC10 F/8 (D = 254 mm) et un spectrographe Star'Ex pour réaliser l'acquisition simulée du spectre de NGC 7319 et de NGC 7320 en orientant la fente de 23 microns judicieusement. Il en découle la mesure historique de l'écart de décalage vers le rouge (redshift) entre ces objets, en une seule image.

La particularité de cette observation, délicate, est d'être faite avec une instrumentation relativement modeste et en milieu quasi urbain (ville d'Antibes). Le temps de pose est de 3 heures (septembre 2023).

Star'Ex : <http://www.astrosurf.com/solex/> - Observateur : Christian Buil



# Mesure des distances



## La relation de Tully-Fisher

La relation de Tully-Fisher, du nom des deux astronomes anglais qui l'ont découverte en 1977, relie la vitesse maximale  $V_m$  de rotation d'une galaxie spirale à sa luminosité. Cette loi empirique prend la forme suivante :

$$M = a \log V_m + b$$

où les coefficients  $a$  et  $b$  représentent la pente et le point-zéro de la relation. Pour la bande photométrique B, les valeurs acceptées actuellement sont :  $a = -5.8$   
et  $b = -8.0$ .

La mesure du maximum de la vitesse de rotation observée permet alors d'estimer la magnitude absolue, et par comparaison avec l'éclat apparent mesuré, d'en déduire la distance. C'est une relation de type masse-luminosité qui rend compte du fait que, plus une galaxie est massive :

1. plus elle tourne vite,
2. et plus elle est lumineuse.

La vitesse de rotation est mesurée à partir de l'émission du gaz contenu dans le disque. Cette mesure se fait essentiellement soit à partir d'une courbe de rotation de la galaxie obtenue en spectroscopie optique (analyse de la raie  $H\alpha$  de l'hydrogène en émission), soit à partir du spectre radio autour de 1420 MHz (analyse de la raie à 21 cm de l'hydrogène neutre). Ce critère permet d'atteindre une précision de 15 à 25 % sur les distances.

On obtient un bon étalonnage de la relation Tully-Fisher en utilisant les étoiles [céphéides](#) qui ont été observées par le télescope spatial Hubble dans une bonne trentaine de galaxies spirales proches.

## Relation période-luminosité

La magnitude absolue des étoiles variables céphéides varie linéairement avec le logarithme de leur [période](#). Cet étalonnage permet de mesurer la distance d'objets plus lointains, pour lesquels on mesure les périodes et [magnitude apparente](#).

# Différentes méthodes de mesure de distance

