



## L'effet Doppler

Les galaxies apparaissent d'autant plus rouges qu'elles s'éloignent plus vite. C'est l'effet Doppler, qui permet de mesurer leur vitesse d'éloignement.

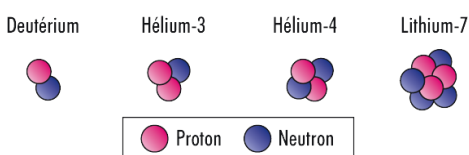
## Edwin Hubble

Les premières mesures ont été faites par Edwin Hubble en 1920. Hubble a inventé une méthode pour mesurer les distances aux échelles astrophysiques. Il a découvert qu'en moyenne, plus les galaxies sont loin, plus elles s'éloignent rapidement.

Cette dilatation globale de l'Univers au cours du temps, rend l'Univers de moins en moins dense et de plus en plus froid.

## Comment les premiers éléments se sont-ils formés ?

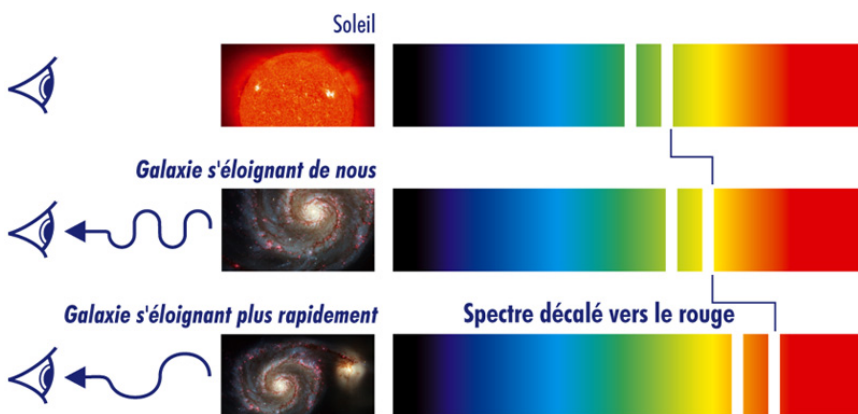
Les premiers éléments



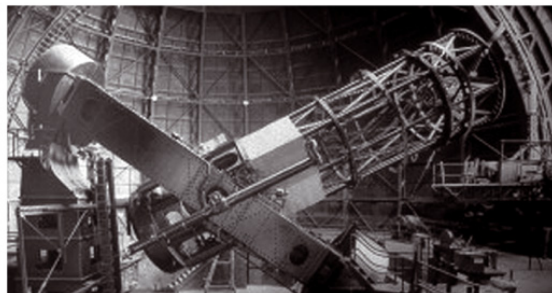
Par des réactions de fusion thermonucléaire dans l'Univers primordial, quand il était dense et chaud.

Le modèle du Big-Bang s'est bâti, au long du XX<sup>ème</sup> siècle, sur 3 observations :

- L'Univers est en expansion, les galaxies s'éloignent de nous d'autant plus vite qu'elles sont loin.



Edwin Hubble



Télescope de 100 pouces au Mont Wilson

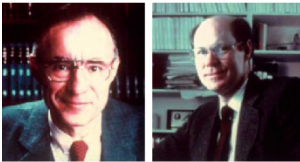
- La composition des étoiles en hydrogène, hélium, deutérium, ..., ne peut s'expliquer que par une formation de ces éléments lors du refroidissement de l'Univers primordial, initialement extrêmement dense et chaud.

- Dans son enfance, l'Univers était très dense et très chaud, et donc très lumineux. Cette première lumière a été considérablement diluée par l'expansion de l'Univers. On observe encore son éclat dans tout le **ciel**, appelé **rayonnement** fossile, dans le domaine micro-ondes (entre l'infrarouge et les ondes radio).

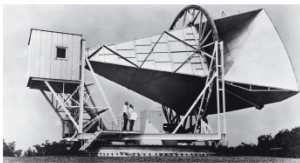
Ces 3 observations constituent la base empirique sur laquelle les théories cosmologiques contemporaines sont bâties.



George Gamow avec ses élèves



Arno Penzias Robert Wilson



Antenne de la découverte

## Historique

- Prédit dès 1948 par l'américain G. Gamow
- Découvert fortuitement en 1965 (Penzias & Wilson, prix Nobel 1978) et interprété par Dicke, Peebles, Roll et Wilkinson.
- Étudié par COBE (Mather & Smoot, prix Nobel 2006), WMAP et bientôt Planck