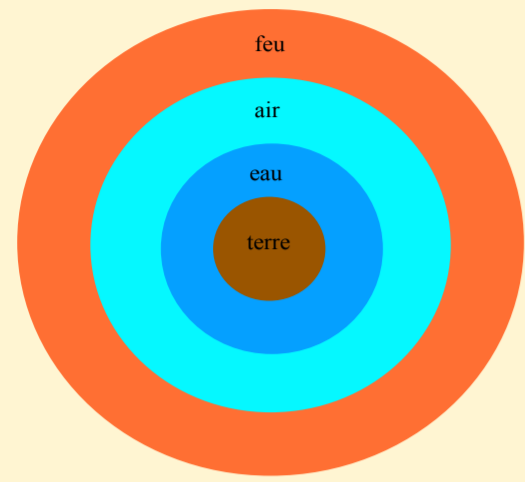
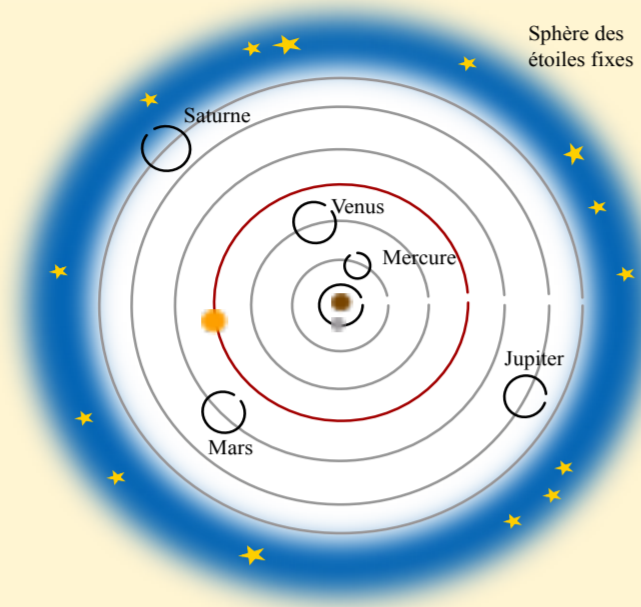


# Les révolutions coperniciennes

Lois fondamentales de la physique d'une époque ↔ Modèle cosmologique courant

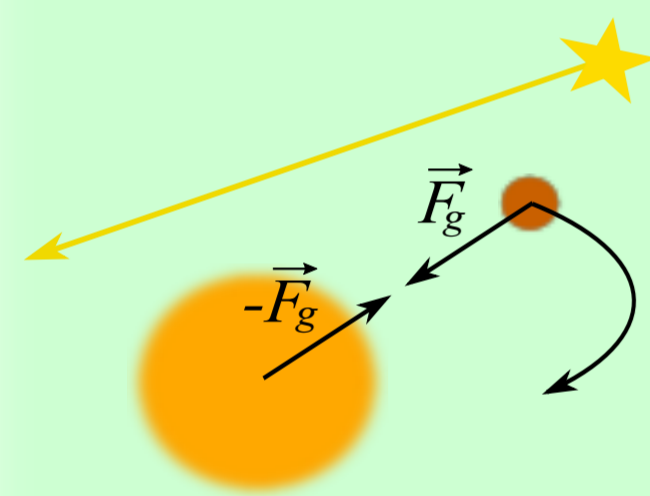


Théorie des 4 éléments (Empédocle, V<sup>e</sup> siècle. av. J.C.).

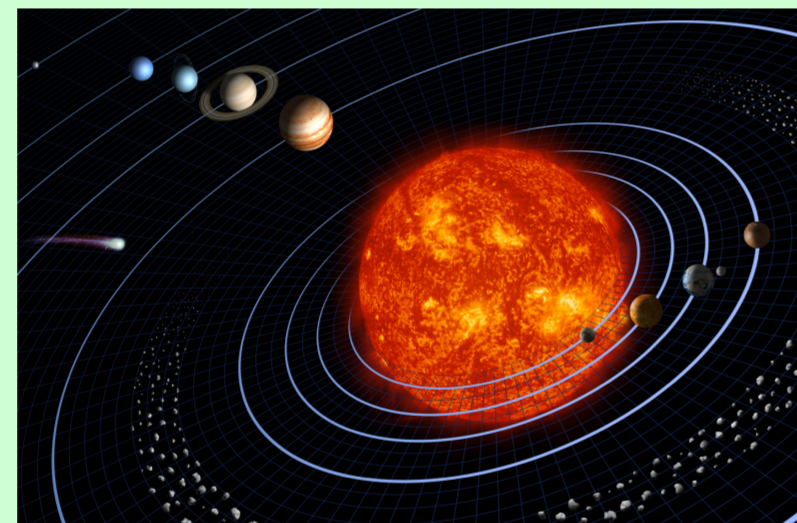


La Terre au centre (Aristote et Ptolémée).

1<sup>re</sup> révolution copernicienne



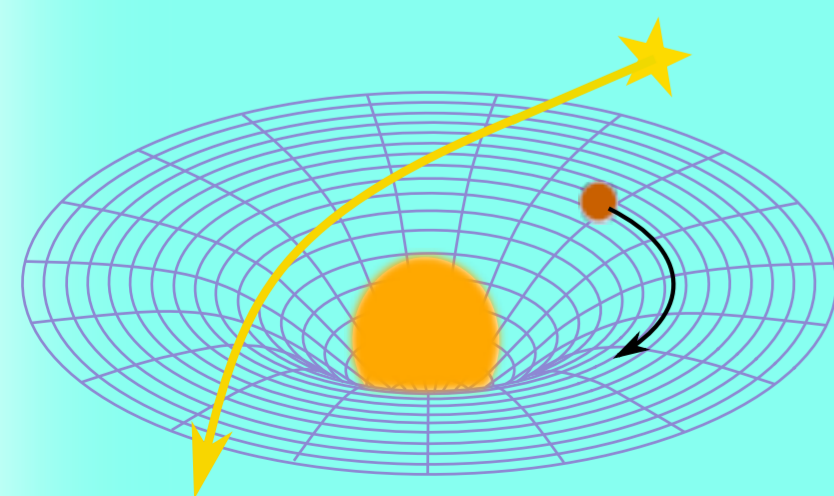
Physique de Newton et Galilée (fin du XVII<sup>e</sup>).



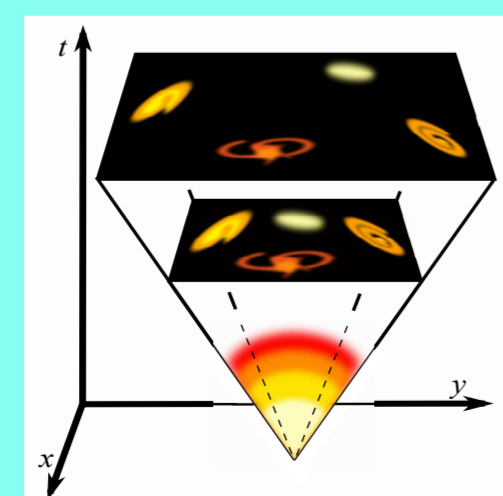
H. Smith, L. Generosa (NASA).

Le Soleil au centre (Kepler, XVIII<sup>e</sup>).

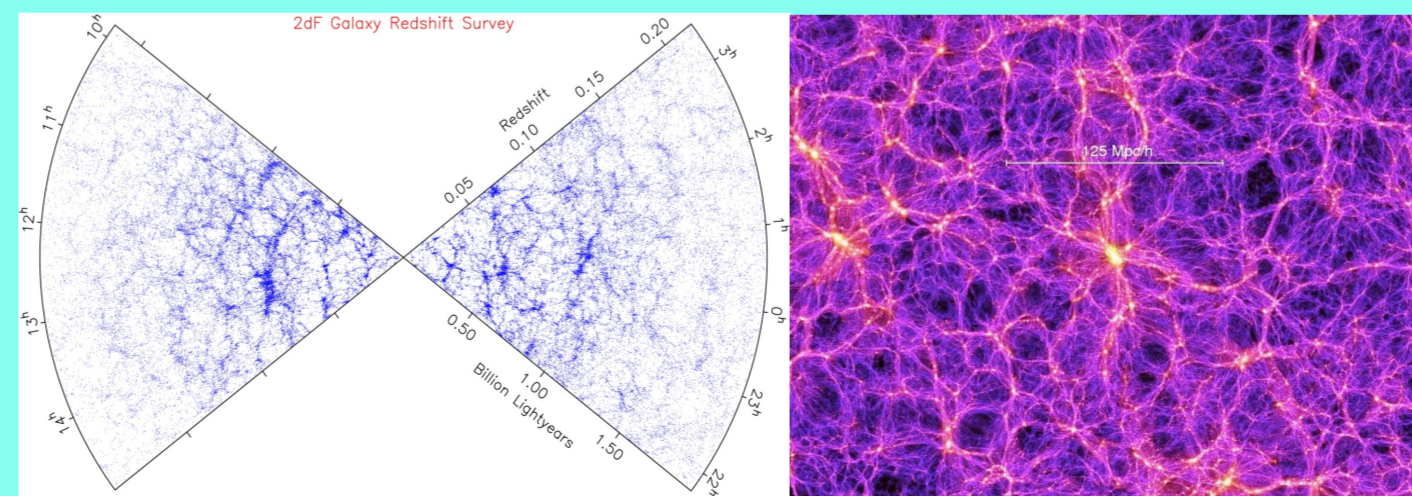
2<sup>e</sup> révolution copernicienne



Théorie de la Relativité Générale (Einstein, XX<sup>e</sup>).

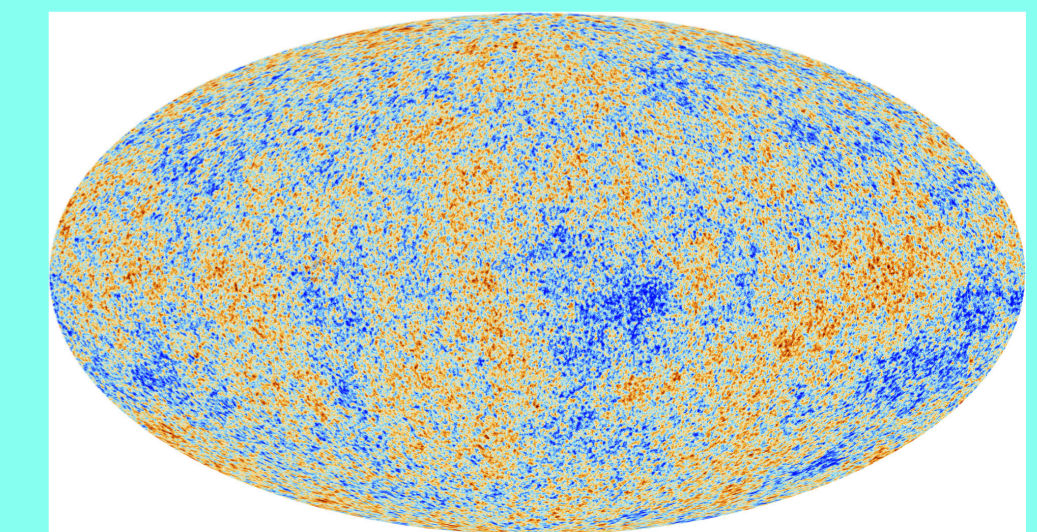


Observation de l'expansion de l'univers (Hubble, années 1920).



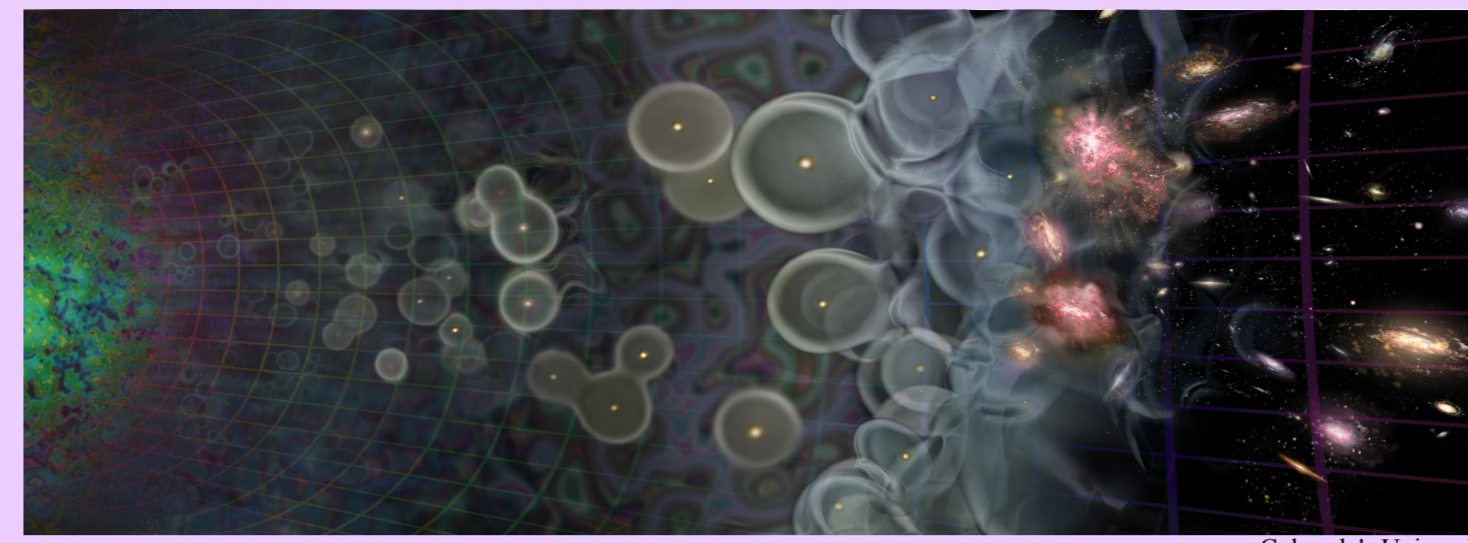
Observation de la distribution des galaxies à très grande échelle (à gauche) et simulation "Millennium" (à droite).

Il n'y a pas de centre: l'univers est homogène (pas de point privilégié) et isotrope (pas de direction privilégiée).



Planck (2015).

Image des fluctuations du CMB (cosmic microwave background) par le satellite Planck (2015): la distribution de matière/énergie dans le "bébé" univers était déjà très homogène et isotrope.



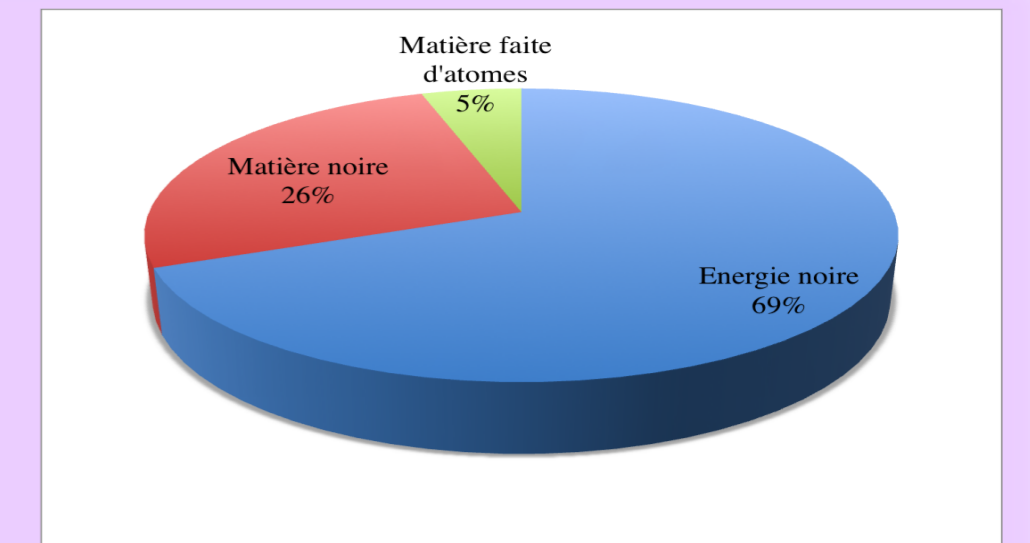
Colorado's University.

La mesure de la vitesse de galaxies très lointaines - grâce à des explosions de supernovae - indique que l'univers est en expansion accélérée. L'énergie nécessaire à cette accélération est encore énigmatique; elle a été baptisée énergie noire.



"SN Ia dans NCG4516" (NASA/ESA, 1994).

Une explosion de supernova peut être observée à de grandes distances: sa luminosité est comparable à celle de cent milliards d'étoiles, soit celle d'une galaxie entière!



Répartition de l'énergie dans l'univers. Le 70% est de forme inconnue: l'énergie noire.

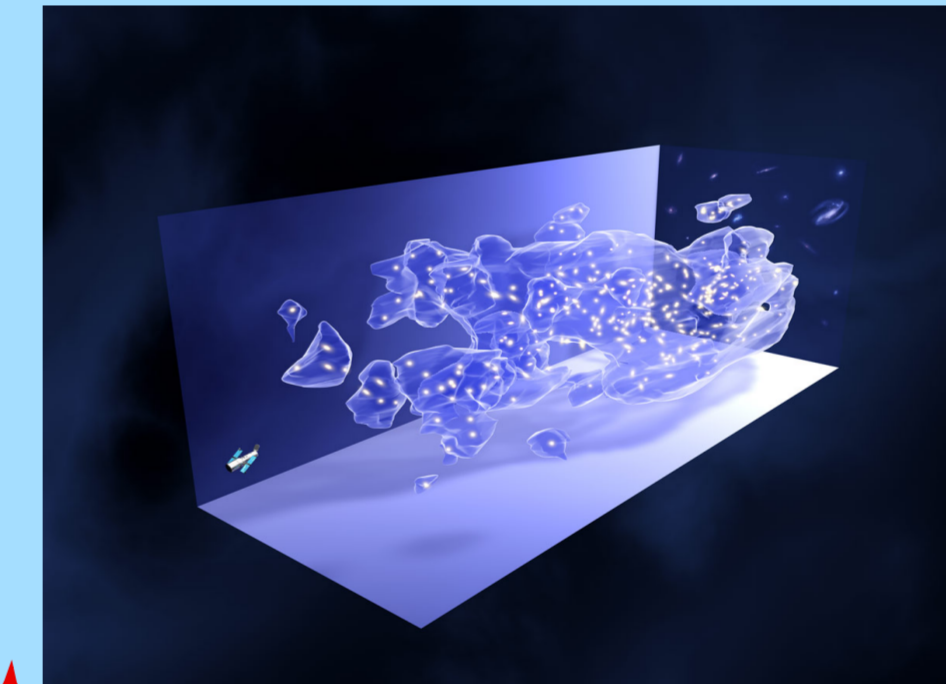
4<sup>e</sup> révolution copernicienne

La matière faite d'atomes ne représente qu'environ 15% de la matière dans l'univers, le reste est composé de particules qui n'interagissent pas électromagnétiquement: la matière noire.



"Bullet Cluster", M.Markevitch et al.; D.Clowe et al. (NASA). "Gravity's grin" J.Irwin (NASA/CXC/STScI).

Observation de la matière noire par l'effet de lentille gravitationnelle (à partir des années 2000).



NASA.

Reconstruction de la distribution de la matière noire faite en étudiant l'effet de lentille gravitationnelle. Les galaxies sont les points lumineux.

3<sup>e</sup> révolution copernicienne