

## L2 Summer Camp - OCEVU

# LE BIG BANG « CLASSIQUE »

### Exercice préparatoire : Galaxies et Univers par raisonnement dimensionnel

Cet exercice est tiré du livre « Physique et Mécanique : une initiation aux méthodes de résolution des problèmes de physique » (J.-M. Virey, édition PUP) dont vous pouvez trouver des extraits et plus d'information sur le site <http://www.cpt.univ-mrs.fr/~virey/ens.php>

Nous vous demandons de préparer cet exercice avant de venir assister au cours prévu mardi 27/06 à 9h. Merci d'essayer de faire par vous-même les questions avant d'en regarder les solutions!! Elles sont faciles ...

#### 1) Galaxies

*Le Soleil se situe à environ 30000 années-lumière (AL) du centre de la galaxie et effectue un tour complet en 250 millions d'années. L'année-lumière est surtout utilisée pour vulgariser les distances astronomiques, elle correspond à la distance parcourue par la lumière en une année. Le Soleil est une étoile « standard » permettant ainsi de considérer sa masse comme la masse moyenne des étoiles. On supposera que le mouvement du Soleil est circulaire et uniforme.*

- Calculer la valeur de l'année lumière en mètres.*
- Calculer la vitesse de déplacement du Soleil au sein de notre galaxie.*
- Calculer la masse de la galaxie.*
- En déduire le nombre moyen d'étoiles qu'elle contient.*

#### 2) Univers

*En 1929, Hubble montre que les galaxies, en général, s'éloignent de nous avec des vitesses proportionnelles aux distances qui nous en séparent :  $v_{exp} = H_0 r$  (loi de Hubble) où  $r$  est la distance entre nous et la galaxie considérée, et  $H_0$  est la constante de Hubble. Les mesures de la constante de Hubble donnent la valeur moyenne  $H_0 = 72 \text{ km.s}^{-1}.\text{Mpc}^{-1}$ . Le Megaparsec (Mpc) correspond à la distance moyenne entre les galaxies. Par exemple, la galaxie d'Andromède, qui est la galaxie spirale la plus proche de notre galaxie la Voie Lactée, est située à une distance de 778 kpc. Le parsec, contraction de parallaxe-seconde, est l'unité de distance utilisée en astronomie : 1 pc correspond à la distance à laquelle une unité astronomique sous-tend un angle de  $\theta = 1''$ . La seconde d'arc est telle qu'un angle de 1 degré soit égal à 60 minutes d'arc ( $1^\circ = 60'$ ) et que 1 minute d'arc soit égale à 60 secondes d'arc ( $1' = 60''$ ).*

- Calculer la vitesse d'éloignement d'Andromède par rapport à nous due à l'expansion de l'Univers. En fait Andromède se rapproche de nous à la vitesse de 300 km/s, quelle conclusion en tirez-vous ?*
- Faire un dessin montrant la définition du parsec. Calculer la correspondance entre seconde d'arc et radian. En déduire, la valeur du parsec en mètres. Déterminer la correspondance entre parsec et année lumière.*

- c) Relier l'âge de l'Univers  $t_U$  à la constante de Hubble  $H_0$  à l'aide d'un raisonnement dimensionnel. Donner la valeur de  $H_0$  en  $s^{-1}$  et en déduire l'âge de l'Univers en secondes et en années.
- d) La densité critique de l'Univers  $\rho_c$  (masse volumique) est reliée à la constante de Hubble  $H_0$  et à la constante gravitationnelle  $G$ . Calculer l'expression de  $\rho_c$  par raisonnement dimensionnel. Nous verrons lors du chapitre 8, à travers la première équation de Friedman, qu'il manque un facteur  $3/(8\pi)$  à cette expression. Calculer cette densité critique en  $kg/m^3$  et en protons/ $m^3$ . Comparer ce chiffre au nombre de nucléons présents dans un  $m^3$  d'eau.
- e) L'horizon classique de l'Univers ( $R_U$ ) correspond à la distance à partir de laquelle la vitesse d'expansion dépasse la vitesse de la lumière. Calculer cette distance (en m, en AL et en Gpc) et essayer de l'interpréter.
- f) En déduire une estimation de la masse de l'Univers observable. En déduire le nombre de protons qu'il contient.
- g) Estimer le nombre de galaxies présentes dans l'Univers observable.