

TD 1

- *Le but de ce TD est essentiellement de s'habituer à travailler avec des unités propres à l'astronomie: l'unité astronomique, l'année de lumière, le parsec. Ce faisant, on manipule de grands nombres.*
 - *Rappel de la définition du parsec: 1 pc = distance à laquelle 1 UA sous-tend 1".*
 - *Echelles de temps, distances*
-

1. Echelles de temps

- 1.1.** Voici quelques dates d'événements marquants dans l'histoire de la Terre depuis la naissance du Soleil [$-4,56 \cdot 10^9$ an]: la formation du système solaire [$< 10^8$ an après le Soleil], l'apparition de la vie sur la terre ferme [$-0,4 \cdot 10^9$ an], la disparition des dinosaures [$-65 \cdot 10^6$ an], notre ancêtre Lucy [$-2 \cdot 10^6$ an], la maîtrise de l'écriture [-3300 avant JC], votre naissance [...?], hier. Dater ces phénomènes à l'échelle d'une année.
- 1.2.** L'analyse dimensionnelle montre qu'est associé à un corps de masse M et rayon R le temps caractéristique T , dit temps de chute libre, égal à $\sqrt{R^3/GM}$, où G est la constante gravitationnelle. Calculer T pour la Terre, ainsi que pour notre galaxie, qui compte environ 10^{11} étoiles et a un diamètre de l'ordre de 10^5 AL.

2. Echelles de distances

- 2.1.** Trois unités spécifiques sont couramment utilisées en astrophysique: l'unité astronomique [notée UA, égale au demi-grand axe de l'orbite terrestre], l'année de lumière [notée AL], le parsec [notée pc, distance depuis laquelle l'orbite terrestre est vue sous un angle de 1 seconde d'arc].
- a. Traduire le parsec en AL ainsi qu'en UA, et l'année de lumière en UA ainsi qu'en mètre.
 - b. Que vaut la distance, exprimée en UA, entre 2 étoiles appartenant à un système double éloigné de 15 pc et séparées de $0.1''$

2.2. La taille du Soleil étant rapportée à celle d'une pomme, quelle est à cette échelle la taille de la Terre? Et à quelle distance se situe la pomme la plus proche, l'étoile Proxima du Centaure éloignée de 1,31 pc du Soleil.

2.3. Pourquoi les étoiles les plus proches du Soleil semblent-elles parcourir au cours de l'année dans le ciel une petite ellipse? Quelle relation y'a-t-il entre la taille angulaire du demi-grand axe de l'ellipse [appelée parallaxe annuelle] exprimée en seconde d'arc, et la distance de l'étoile au Soleil exprimée en parsec?

Calculer la parallaxe annuelle de Proxima du Centaure [1,31 pc], ainsi que celle de la galaxie d'Andromède [$2,2 \cdot 10^6$ AL]. Pourquoi cette dernière grandeur n'a-t-elle pas grand sens?

3. Echelle de nombres

- 3.1.** Le ciel entier couvre 4π stéradians.
- a. Combien de poses de $1^\circ \times 1^\circ$ (imagerie grand champ) sont nécessaires pour couvrir tout le ciel?
 - b. Idem, mais avec un champ limité à $20''$ (p.ex. en optique adaptative)?
- 3.2.** On se propose d'estimer l'ordre de grandeur du nombre de particules dans l'Univers.
- a. Combien le soleil contient-il de nucléons?
 - b. A raison de 10^{11} étoiles par galaxie, et de 10^{11} galaxies dans l'Univers, combien de nucléons ce dernier contient-il?
 - c. Suite au big-bang, chaque nucléon est accompagné de 10^9 photons et 10^9 neutrinos. Combien y'a-t-il de particules dans l'Univers?

4. Promenades dans la Voie Lactée

Notre galaxie, la Voie Lactée, a la forme d'une galette d'environ 30 000 pc de diamètre et 2 000 pc d'épaisseur. La région centrale est formée d'un bulbe d'allure sphérique de 2 700 pc de rayon, qui contient l'essentiel de la masse galactique. Le Soleil orbite à 8 000 pc du centre galactique

- Faire un schéma de la Galaxie vue par la tranche.
- Faire un schéma de notre Galaxie dans le groupe local, comprenant entre autres la galaxie d'Andromède, située à $2,2 \cdot 10^6$ AL et de taille comparable à notre galaxie, et le Grand Nuage de Magellan, situé à $1,5 \cdot 10^5$ AL et de diamètre $3,6 \cdot 10^4$ AL. D'après les mesures Doppler¹ effectué sur la raie à 21 cm de l'hydrogène, l'orbite du Soleil est approximativement circulaire, et la vitesse orbitale du Soleil autour du centre galactique est d'environ 220 km.s^{-1} .
- Calculer la période de révolution du Soleil autour de la Galaxie. Combien de révolutions galactiques a effectuées la Terre depuis sa formation ?
- Quelle distance angulaire le Soleil a-t-il parcouru autour du centre galactique depuis les premières observations astronomiques ?
- Le bulbe a une densité moyenne de 3 étoiles par cube de 1 pc de côté. On suppose, pour simplifier, que ces étoiles sont identiques au Soleil. Estimer la probabilité de collision entre une étoile et une station spatiale, de taille $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$, traversant le bulbe. Conclure.
- Il arrive parfois que deux galaxies rentrent en collision. Statistiquement, combien de collisions entre étoiles vont avoir lieu ? [on négligera toute interaction gravitationnelle].

¹Du fait d'une vitesse non nulle v entre la source et l'observateur, un rayonnement de longueur d'onde au repos λ_0 apparaît à la longueur $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda$, avec un décalage relatif $\Delta\lambda/\lambda_0 = v/c$; si l'objet se rapproche, il apparaît plus bleu, plus rouge s'il s'éloigne.

5. Données numériques

Constantes universelles

cte de gravitation	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$
célérité lumière	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
masse du proton	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Grandeurs astrophysiques

masse du Soleil	$M_\odot = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
rayon du Soleil	$R_\odot = 7 \cdot 10^5 \text{ km}$
masse de la Terre	$M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
rayon de la Terre	$R_T = 6400 \text{ km}$
distance Soleil-Terre	$1 \text{ UA} = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$