

## TD n°4 : vitesse de libération

**Exercice 1 : Atmosphère terrestre et lunaire** On rappelle que la vitesse de libération d'un corps de masse  $M$  pour une particule de masse négligeable se trouvant à une distance  $r$  du corps massif est :

$$V_{\text{lib}} = \sqrt{\frac{2GM}{r}},$$

où  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$  est la constante universelle de la gravitation. La vitesse moyenne d'agitation thermique d'une particule de masse  $\mu$  se trouvant à une température  $T$  est donnée par :

$$V_{\text{th}} = \sqrt{\frac{3kT}{\mu}}$$

où  $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ .

1. Sachant que la masse de la Terre est  $m_{\oplus} = 5,9736 \times 10^{24} \text{ kg}$  et son rayon  $r_{\oplus} = 6\,378 \text{ km}$ , calculer la vitesse de libération à sa surface.
2. Même question pour la Lune dont la masse est  $m_L = 7,349 \times 10^{22} \text{ kg}$  et son rayon  $r_L = 1\,737,3 \text{ km}$ .
3. La masse d'un proton est donnée par  $\mu = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ . Sachant que la masse du noyau de l'atome d'oxygène est  $16\mu$  calculer la vitesse d'agitation de l'oxygène à la surface de la Terre (300 K) et de la Lune (on prendra la température maximale de 396 K).

### Exercice 2 : Vent solaire

1. Sachant que la masse du Soleil est de  $M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$  et que son rayon est de  $r_{\odot} = 6,96 \times 10^5 \text{ km}$ , calculer la vitesse de libération à la surface du Soleil, en UA/an, puis en km/s. On prendra  $1 \text{ UA} = 1,5 \times 10^8 \text{ km}$ .
2. L'étude du vent Solaire au niveau de la Terre (1 UA du Soleil) montre que ces protons ont une vitesse de  $400 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ . En utilisant la conservation de l'énergie totale  $E$  des protons calculer la vitesse de ces protons à  $2R_{\odot}$  du centre du Soleil. On rappelle que l'énergie totale par unité de masse d'un corps allant à la vitesse  $v$  et se trouvant à une distance  $r$  d'un corps de masse  $M$  (les deux corps étant supposés isolés) est donnée par :

$$E = \frac{1}{2}v^2 - \frac{GM}{r}.$$

3. En déduire la température de la couronne à cette distance.

**Exercice 3 :** *Rayon de Schwarzschild* Le rayon de Schwarzschild d'une masse  $m$  est le rayon de la sphère dans laquelle cette masse doit être contenue pour que la vitesse de libération à la surface de la sphère soit supérieure à celle de la lumière. On donne  $c = 3 \times 10^5 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ . On donne la masse de la Terre  $m_{\oplus} = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$ , la masse du Soleil  $M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$  et  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ .

1. Calculer le rayon de Schwarzschild d'une masse égale à celle de la Terre.
2. Même question pour le Soleil.