

Phys131 - TD Initiation à l'astrophysique

I Mouvement du Soleil dans notre Galaxie

Notre Galaxie est constituée d'étoiles, de gaz, de grains de poussière interstellaire et de matière noire. Justifier succinctement vos réponses.

- Un objet en orbite autour du centre de notre Galaxie. Quelles sont les deux observations permettant une détermination de la masse du centre galactique :
 - la masse et la vitesse de l'objet
 - l'âge de l'objet et la distance du centre galactique
 - la masse et l'âge de l'objet
 - la vitesse de l'objet et la distance du centre galactique.
- Le Soleil est en mouvement circulaire uniforme autour du centre galactique. Il se déplace à la vitesse $V=220 \text{ km s}^{-1}$ et se situe à $\sim 8500 \text{ pc}$ du centre galactique. Quel est le nombre de tours de notre Galaxie que le Soleil a fait depuis sa naissance ? Depuis que l'homme existe ?
- Déterminer la masse de notre Galaxie dans un rayon galactique inférieur à 8500 pc (hors Halo). On exprimera le résultat en masse solaire.
- Quelque centaine de milliards d'étoiles sont observées dans notre Galaxie. Est-ce compatible avec votre résultat précédent ?
- Donner la masse du gaz interstellaire dans ce même rayon galactique.

II Courbe de rotation de notre Galaxie et matière noire

En première approximation, une galaxie se divise en deux parties sur le plan dynamique : (1) la région centrale ($r < 5 \text{ kpc}$, avec r la distance au centre Galactique), qui tourne en bloc, à la manière d'un solide (on dit rotation rigide) : les étoiles ont leur vitesse V qui est proportionnelle à r la distance au centre galactique ; (2) la région périphérique, loin du centre galactique, dans laquelle la rotation est différentielle ou Képlerienne.

- Tracer l'allure de la courbe de rotation $V(r)$ attendue pour cette première approximation. On supposera que l'essentielle de la masse se trouve dans un rayon galactique $< 10 \text{ kpc}$ là où se concentre l'essentielle des étoiles.
- La courbe réellement mesurée est montrée dans la Figure 1. Que pouvez-vous en conclure ? Quelle composante de la Galaxie cette mesure met-elle en évidence ?
- A un rayon galactique $r=230 \text{ kpc}$, une distance bien supérieur à celle du Soleil ($\sim 8.5 \text{ kpc}$), on mesure que les étoiles ont une vitesse $V=177 \text{ km s}^{-1}$. En considérant un mouvement circulaire uniforme des étoiles, calculer la masse totale de notre Galaxie.
- Comparer cette valeur à la masse déduite précédemment (exercice I) dans un rayon galactique de $\sim 8.5 \text{ kpc}$. Que pouvez-vous en conclure ?

III Exploration spatiale dans notre Galaxie

Justifier succinctement chaque réponse.

- Supposons un observateur éloigné disposant de capacités observationnelles tellement remarquables qu'il puisse observer la vie sur la Terre. Si cet observateur était situé au centre de la Galaxie, à quel stade observerait-il la race humaine ?

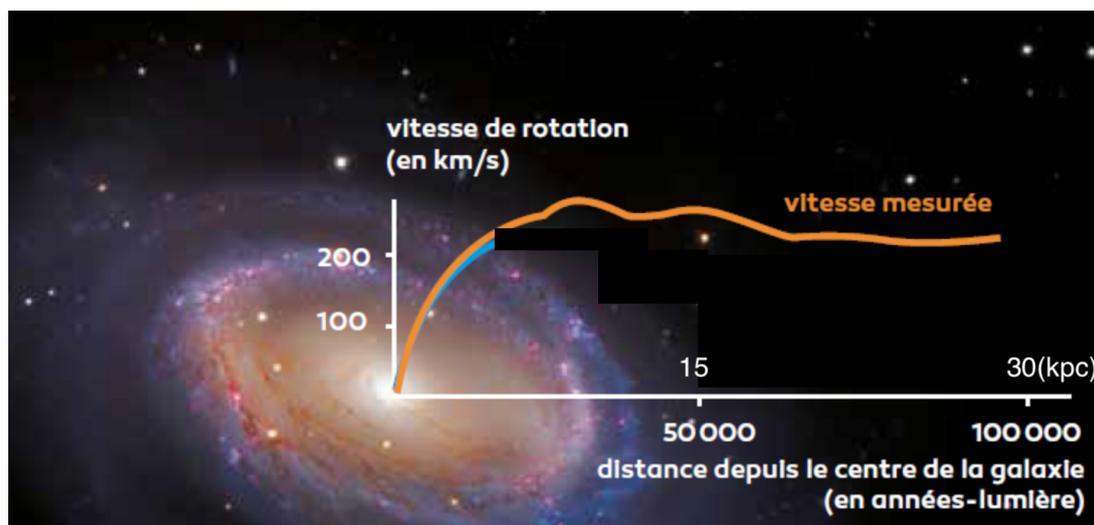


FIGURE 1 – Courbe de rotation de la Galaxie.

- Combien de temps faudrait-il pour envoyer et recevoir un signal radio à destination et en provenance d'une sonde spatiale autour de l'étoile la plus proche du Soleil.
- La sonde Voyager I, lancée fin des années 80, a traversé notre système solaire, avec une vitesse d'environ $60\,000\text{ km h}^{-1}$. Elle est maintenant entrain d'explorer l'espace inter-stellaire. En combien de temps Voyager I pourrait atteindre le système planétaire le plus proche du Soleil ?
- Afin que la durée du voyage pour atteindre le système planétaire le plus proche du Soleil soit inférieure à la durée d'une vie humaine, de combien faut-il augmenter la vitesse ? L'énergie cinétique de la sonde ?

Formulaire. On donne :

- G la constante gravitationnelle : $6.67384 \cdot 10^{-11}\text{ m}^3\text{ kg}^{-1}\text{ s}^{-2}$
- h la constante de Planck : $6,62607 \cdot 10^{-34}\text{ m}^2\text{ kg s}^{-1}$
- k la constante de Boltzmann : $1,38064 \cdot 10^{-23}\text{ m}^2\text{ kg s}^{-2}\text{ K}^{-1}$
- c la vitesse de la lumière dans le vide : $299\,792\,458\text{ m s}^{-1}$
- m_p la masse d'un proton : $1,67262 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$
- La distance Terre-Soleil est de 150 millions de km
- La masse solaire est de $1.9884 \cdot 10^{30}\text{ kg}$
- Le rayon solaire est de $6,957 \cdot 10^8\text{ m}$
- L'unité S.I. de mesure d'un angle (rapport entre 2 distances) est le radian (rad)
- $1'' = 1^\circ/60/60$
- $1' = 1^\circ/60$
- Vitesse de la lumière dans le vide : $c \approx 300\,000\text{ km/s}$
- Equation de l'effet Doppler : $v/c = \pm(\lambda - \lambda_0)/\lambda_0$
- Loi d'approximation du corps de noir de Wien : $\lambda_{max} \cdot T \approx 3000$ avec T en K et λ en μm
- Le principe fondamental de la dynamique pour un corps de masse m en mouvement circulaire uniforme autour d'un corps de masse M s'écrit

$$\frac{m V^2}{r} = \frac{Gm M}{r^2} \quad (1)$$

avec r la distance entre les deux corps et G la constante gravitationnelle.