

**Contrôle continu, 13 janvier 2004, durée: 2 heures**

Calculatrices et documents *de cours* autorisés

NB. la plupart de questions sont indépendantes

**Quelques quantités utiles:**

**Constante de gravitation:**  $G \sim 6.67 \times 10^{-11} \text{ uSI}$

**Masse du Soleil:**  $M_{\odot} \sim 2 \times 10^{30} \text{ kg}$

**Masse de la Terre:**  $M_{\oplus} \sim 3 \times 10^{-6} M_{\odot}$

**Masse de la Lune:**  $M_L \sim 0.0123 M_{\oplus}$

**Masse de Jupiter:**  $M_J \sim 10^{-3} M_{\odot}$

**Distance Terre-Lune:**  $a_L \sim 3.8 \times 10^8 \text{ m}$

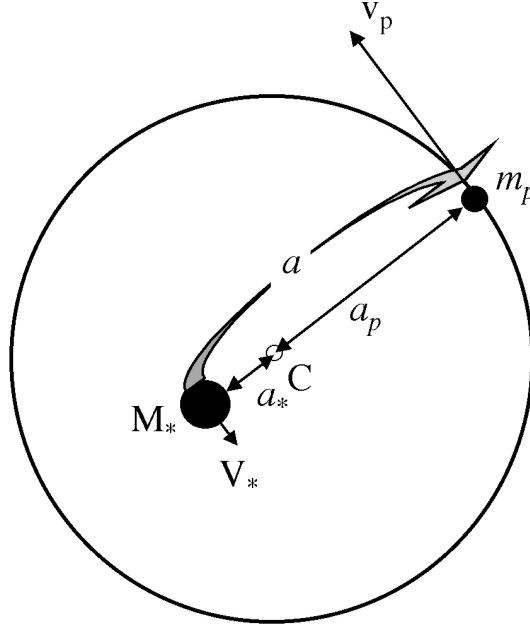
**Distance Terre-Soleil:**  $a_{\oplus} \sim 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$

**Distance Jupiter-Soleil:**  $a_J \sim 5.2 \text{ Unités Astronomiques}$

- 1- Décrire deux méthodes possibles de mesure de la distance Terre-Lune.
- 2- Expliquer soigneusement le phénomène de parallaxe annuelle des étoiles.
- 3- Quelle est la définition de l'unité astronomique (UA), du parsec (pc)?
- 4- Donner la distance typique des étoiles les plus proches du Soleil, des galaxies les plus proches de la nôtre. Donner le diamètre typique de notre Galaxie.
- 5- Quel est l'âge approximatif de l'Univers? Du Système Solaire?
- 6- Pourquoi la Terre est-elle à peu près sphérique?
- 7- Donner l'expression de l'accélération de marée maximum,  $\gamma(L)$ , causée par la Lune à la surface de la Terre. [On exprimera  $\gamma(L)$  en fonction du rayon de la Terre,  $R_{\oplus}$ , de la masse de la Lune,  $M_L$ , de la distance de la Lune à la Terre,  $a_L$ , et de constante(s) physique(s)].
- 8- Comparer les accélérations de marée que subit la Terre de la part du Soleil,  $\gamma(S)$ , et de la part de la Lune,  $\gamma(L)$ . Conclusion?

## Détection de planètes extra-solaires

**9-** On considère une planète de masse  $m_p$  se déplaçant à la vitesse angulaire constante  $\omega$  sur une orbite circulaire, à la distance  $a$  d'une étoile de masse  $M_* \gg m_p$ .



On appelle  $V_*$  (resp.  $v_p$ ) le module de la vitesse de l'étoile (resp. la planète) par rapport au centre de masse  $C$  du système étoile-planète. D'autre part, on appelle  $a_*$  (resp.  $a_p$ ) la distance de l'étoile (resp. de la planète) au centre de masse  $C$ . On a donc  $a = a_* + a_p$ .

**10-** On peut montrer qu'on a alors:

$$G(M_* + m_p) = a^3 \omega^2$$

Comment appelle-t-on cette relation?

**11-** On a également  $M_* a_* = m_p a_p$ . D'où vient cette relation? En déduire que:

$$M_* V_* = m_p v_p$$

**12-** En utilisant  $v_p = a_p \omega$  et  $M_* \gg m_p$ , montrer que:

$$m_p \sim \frac{M_* V_*}{(G M_* \omega)^{1/3}} \quad (1)$$

**13-** On observe le système étoile-planète par la tranche (autrement dit l'observateur est dans le plan de la figure).

Par quelle méthode peut-on mesurer pratiquement  $V_*$ ? Même question pour  $\omega$ ?

Comme on a en général une bonne estimation de  $M_*$  (via la physique stellaire), la relation (1) permet de déterminer  $m_p$ , une fois que  $V_*$  et  $\omega$  sont mesurés. Il s'agit donc là d'une méthode de détection de planètes extra-solaires.

**14-** On peut écrire l'équation (1) sous une autre forme équivalente, faisant intervenir  $a$  et non plus  $\omega$ .

Montrer d'abord que la relation  $GM_* \sim a^3\omega^2$  permet de montrer que  $v_p \sim \sqrt{GM_*/a}$ . Dédurre de certaines des relations déjà établies ci-dessus que:

$$V_* \sim \sqrt{\frac{GM_*}{a}} \times \frac{m_p}{M_*}$$

**15-** Commenter pourquoi on a tendance à détecter, avec la méthode actuellement utilisée, des planètes plutôt massives et plutôt proches de leur étoile respective.

**16-** Estimer  $V_*$  dans le cas où l'étoile est identique au Soleil ( $M_* = M_\odot$ ) et où la planète est identique à Jupiter en masse et en distance ( $m_p \sim 10^{-3}M_\odot$  et  $a_p \sim 5.2$  UA).

**16-** La technologie actuelle permet de mesurer des vitesses stellaires  $V_*$  à condition qu'elles soient supérieures à environ 2 mètres par seconde.

La planète identique à Jupiter considérée dans la question précédente est-elle alors détectable?

**17-** Même question si on essayait de détecter une planète identique à la Terre ( $m_p \sim 3 \times 10^{-6}M_\odot$  et  $a_p = 1$  UA).