

Satellites et lois de Kepler

TP de sciences physiques - niveau Terminale

En janvier 1610, Galilée découvrit quatre petits points lumineux qui changeaient de place chaque nuit autour de Jupiter. Aujourd'hui, avec un chronogramme de position et quelques données, tu peux en tirer les lois de Kepler et même la masse de la planète géante. Ce TP sur les lois de Kepler se fait sur documents, avec un tableur ou du papier millimétré.

Ce TP est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Objectif du TP sur les lois de Kepler

Déterminer la période d'un satellite de Jupiter à partir d'un chronogramme, vérifier la troisième loi de Kepler avec quatre satellites, puis en déduire la masse de Jupiter.

Matériel

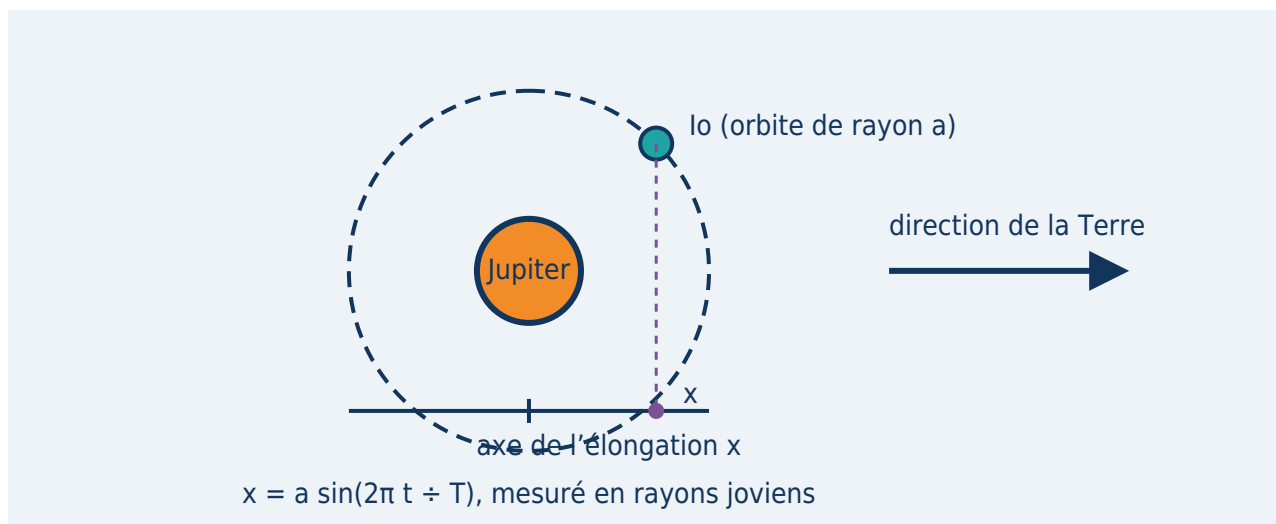
- Documents imprimés : schéma d'observation et chronogramme de l'élongation d'Io
- Tableau des données des satellites de Jupiter (rayon d'orbite, période)
- Tableur ou papier millimétré, règle transparente
- Calculatrice scientifique
- Constantes : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$; rayon de Jupiter $R_J = 7,15 \times 10^7 \text{ m}$
- Feuille de réponses à compléter

Sécurité

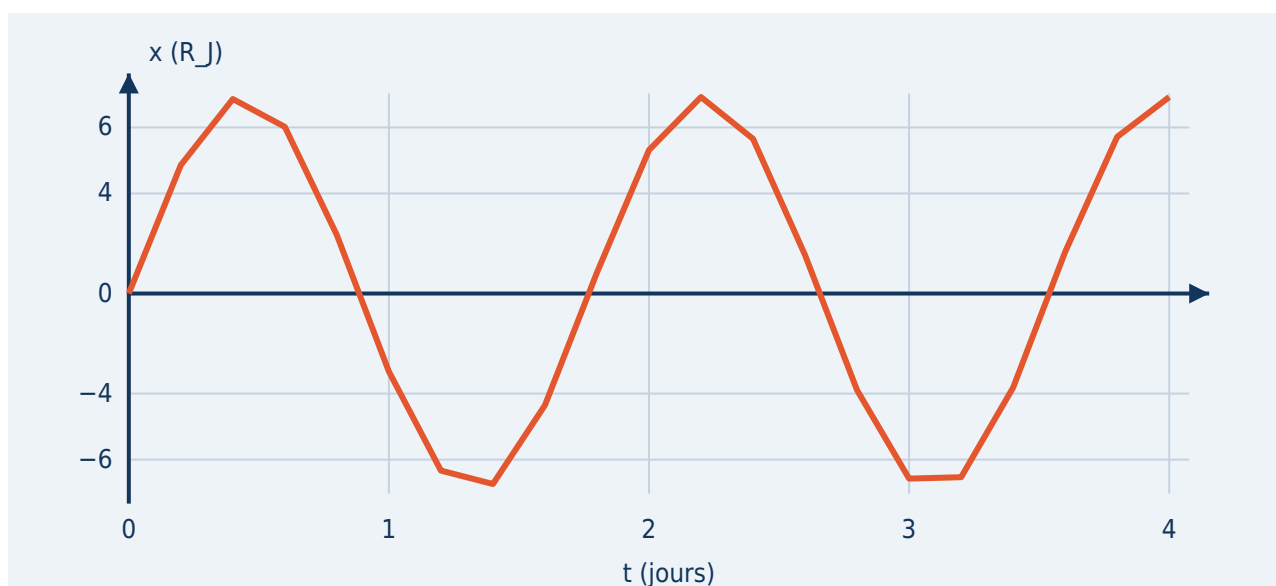
SÉCURITÉ

Ce TP ne comporte pas de manipulation dangereuse. Si tu prolonges l'activité par une observation réelle du ciel, ne regarde **jamais le Soleil**, même avec des jumelles ou un télescope, et observe de nuit en présence d'un adulte, dans un lieu sûr et dégagé.

Protocole



Vue de dessus : de la Terre on ne voit que la projection x de la position d'Io sur une droite perpendiculaire à la direction d'observation.



Document 2 : élongation d'Io (en rayons de Jupiter) en fonction du temps.

1. À l'aide du schéma, explique pourquoi on observe depuis la Terre une oscillation de la position d'Io de part et d'autre de Jupiter.
2. Sur le chronogramme (document 2), repère les instants des maxima de l'élongation (à $\pm 0,05$ j) et déduis la période T d'Io en mesurant la durée entre le premier et le dernier maximum observés, divisée par le nombre de périodes.
3. Relève l'amplitude maximale de l'élongation : elle donne le rayon d'orbite a en rayons joviens.
4. Convertis a en mètres ($R_J = 7,15 \times 10^7$ m) et T en secondes.
5. Pour Europe, Ganymède et Callisto, on donne : $a = 9,4 ; 15,0 ; 26,3 R_J$ et $T = 3,55 ; 7,15 ; 16,69$ jours.
6. Complète le tableau pour les quatre satellites : calcule a en m, T en s, a^3 , T^2 et le rapport $T^2 \div a^3$.
7. Trace T^2 en fonction de a^3 (papier millimétré ou tableur), détermine le coefficient directeur de la droite et déduis-en la masse de Jupiter.

Mesures à relever

Satellite	a (R _J)	a (m)	T (jours)	T (s)	a ³ (m ³)	T ² (s ²)	T ² ÷ a ³ (s ² /m ³)
Io	...	...	...	...	...	...	...
Europe	9,4	...	3,55	...	...	...	...
Ganymède	15,0	...	7,15	...	...	...	...
Callisto	26,3	...	16,69	...	...	...	...

Questions

1. Pourquoi la position apparente d'Io est-elle sinusoïdale alors que son orbite est (quasi) circulaire et son mouvement uniforme ?
2. Détermine la période T d'Io avec son incertitude estimée. Quelle durée d'observation faut-il pour réduire l'incertitude relative ?
3. Quelle est la valeur de l'amplitude a mesurée ? Convertis-la en mètres.
4. Que remarques-tu sur les valeurs du rapport $T^2 \div a^3$ pour les quatre satellites ? Quelle loi cela confirme-t-il ?
5. Écris l'expression de la masse M de Jupiter en fonction de G, a et T puis en fonction du coefficient directeur k de la droite $T^2 = f(a^3)$. Calcule M.
6. Compare ta valeur à la valeur de référence $1,90 \times 10^{27}$ kg (écart relatif). Cite deux sources d'erreur.
7. Pourquoi cette méthode ne permet-elle pas de déterminer la masse d'Io ?

Pour aller plus loin

- Applique la même démarche à la Lune (T = 27,3 jours, a = $3,84 \times 10^8$ m) pour calculer la masse de la Terre.
- Cherche, avec un logiciel de planétarium, à quelle date les quatre satellites sont alignés d'un même côté de Jupiter, et compare avec ta prévision.