

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

**Épreuve pratique de l'enseignement de spécialité physique-chimie
Évaluation des Compétences Expérimentales**

Cette situation d'évaluation fait partie de la banque nationale.

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen : Pour Knowmunity ©	n° d'inscription :

Cette situation d'évaluation comporte **cinq** pages sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses. Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.

En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.

L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

La mission Juno développée par la NASA a pour objectif de collecter davantage d'informations sur Jupiter, la plus volumineuse et massive planète de notre système solaire.

Lors de la phase d'approche de Jupiter en 2016, la sonde Juno a enregistré durant un peu plus de neuf jours, sans interruption, le mouvement des quatre principaux satellites de Jupiter : Io, Ganymède, Callisto et Europa.

Le but de cette épreuve est de déterminer la masse de Jupiter à l'aide de deux méthodes différentes.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Vidéo « mouvement-satellites » :

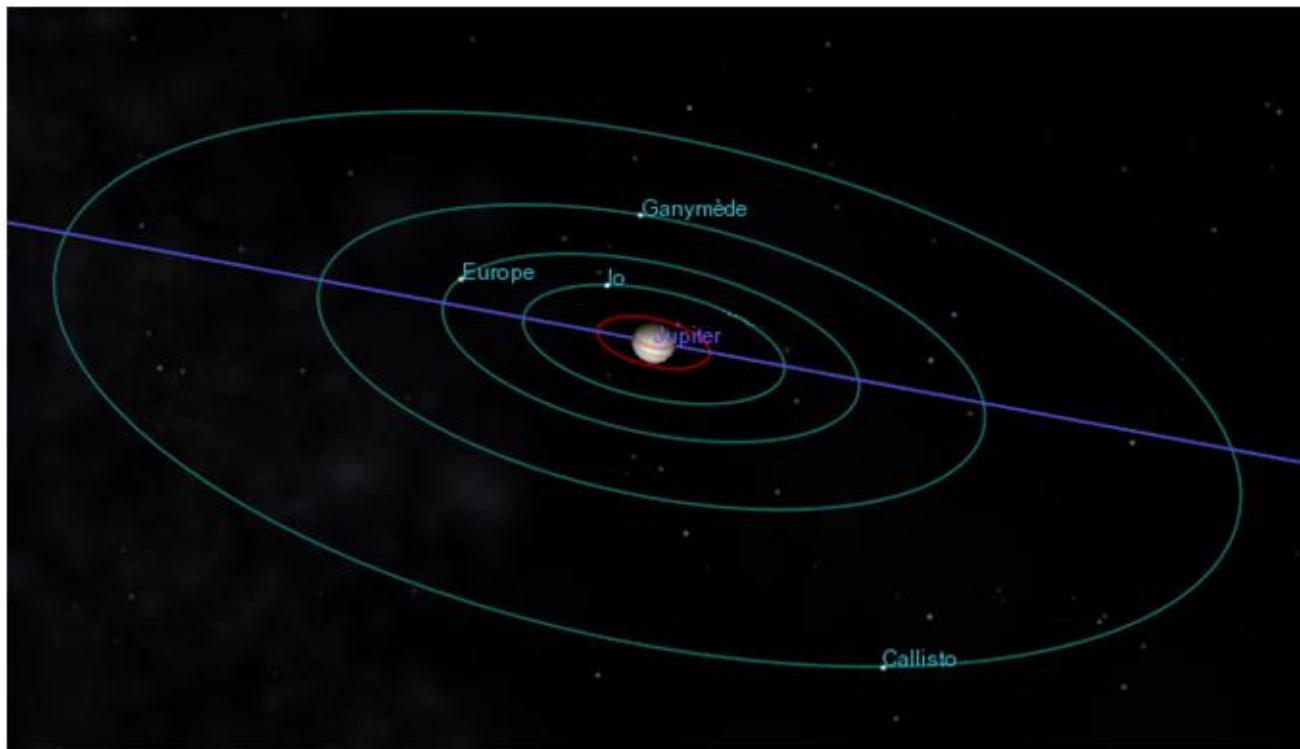
Cette vidéo présente l'enregistrement établi par la sonde Juno lors de son approche de Jupiter pendant un peu plus de neuf jours. Le mouvement des quatre principaux satellites de Jupiter y est visible. Io est le satellite le plus proche de Jupiter. **À la première image de la vidéo, Io est le seul satellite à gauche de Jupiter à l'image.** Dans la suite de ce sujet, on étudiera uniquement le mouvement du satellite Io.

Données utiles :

- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ USI
- diamètre équatorial de Jupiter : $d_{\text{équatorial}} = 1,43 \times 10^8$ m
- diamètre polaire (ou vertical) de Jupiter : $d_{\text{polaire}} = 1,34 \times 10^8$ m

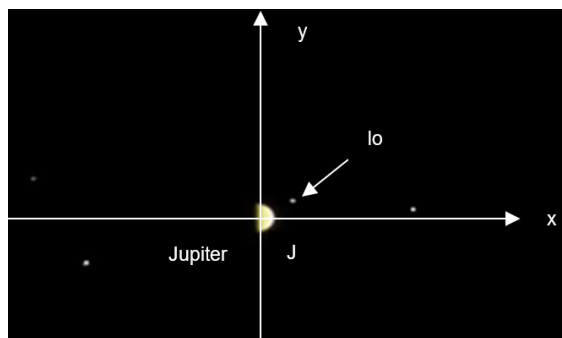
Positions respectives de la planète Jupiter, de quatre satellites et de Juno :

La sonde Juno s'approche selon une trajectoire faiblement inclinée par rapport au plan équatorial de Jupiter qui contient les trajectoires de ses quatre principaux satellites. Sur la figure ci-dessous les dimensions des trajectoires des satellites et la taille de Jupiter sont à la même échelle.



En se plaçant dans un repère plan orthonormé (Jxy) centré sur Jupiter, les coordonnées x et y du satellite Io ont été extraites des images de la vidéo, régulièrement dans le temps et sans interruption.

Ces coordonnées ont été corrigées de manière à compenser l'effet de la diminution de la distance Juno-Jupiter lors de l'approche de la sonde.

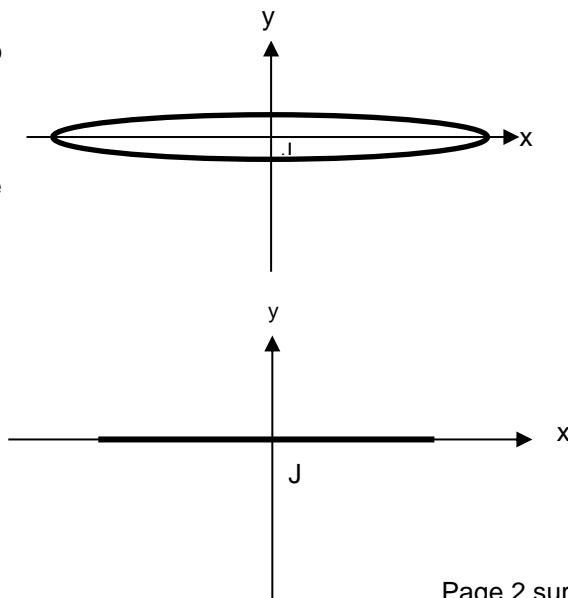


La distance Jupiter-Io est constante mais la trajectoire de Io projetée dans ce repère (Jxy) a la forme d'une ellipse aplatie.

Remarque : le relevé des positions du satellite Io dans ce repère au cours du temps se trouve dans le fichier « *positions-Io* »

Approximations à considérer :

- La distance entre Jupiter et Io est considérée constante au cours du temps.
- Le plan de l'orbite de Io étant peu incliné, on considérera que le mouvement de Io dans le repère (Jxy) se fait uniquement suivant l'axe Jx .



Troisième loi de Kepler :

Pour tout satellite gravitant autour d'une planète, dans l'approximation des trajectoires circulaires, le rapport entre le carré de la période de révolution T du satellite et le cube du rayon de l'orbite r est égal à une constante dépendant de la masse de la planète $M_{planète}$ autour de laquelle gravite le satellite, selon la formule :

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M_{planète}} \quad \text{avec } T \text{ en s, } r \text{ en m, } M_{planète} \text{ en kg et } G \text{ en unité du système international (USI)}$$



TRAVAIL À EFFECTUER

1. Une première méthode de détermination de la masse de Jupiter (30 minutes conseillées)

Le logiciel de pointage permet de faire défiler les images d'une vidéo une par une et de repérer la position d'un système et l'instant associé. La vidéo a été accélérée, sa durée est de 60 secondes alors que la durée totale réelle de la vidéo est de 9,57 jours.

1.1 Visualiser la vidéo « *mouvement-satellites* » sur le logiciel de pointage puis proposer une méthode pour déterminer la période de révolution T du satellite Io autour de Jupiter, sans pointage complet des positions successives de Io.

- Regarder la vidéo
- Suivre Io (satellite naturel le plus proche de Jupiter)
- Relever la durée nécessaire pour effectuer le tour de Jupiter par Io.
- En déduire la période de révolution sachant que $T = \frac{\text{Durée d'un tour (en s)}}{60 \text{ s}} \times 9,57 = X \text{ (en jour)}$

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter la méthode ou en cas de difficulté	



1.2 Mettre en œuvre la méthode. Noter vos résultats et en déduire la valeur de la période T du satellite Io autour de Jupiter.

$$T = \frac{11}{60} 9,57 \approx 1,76 \text{ J}$$

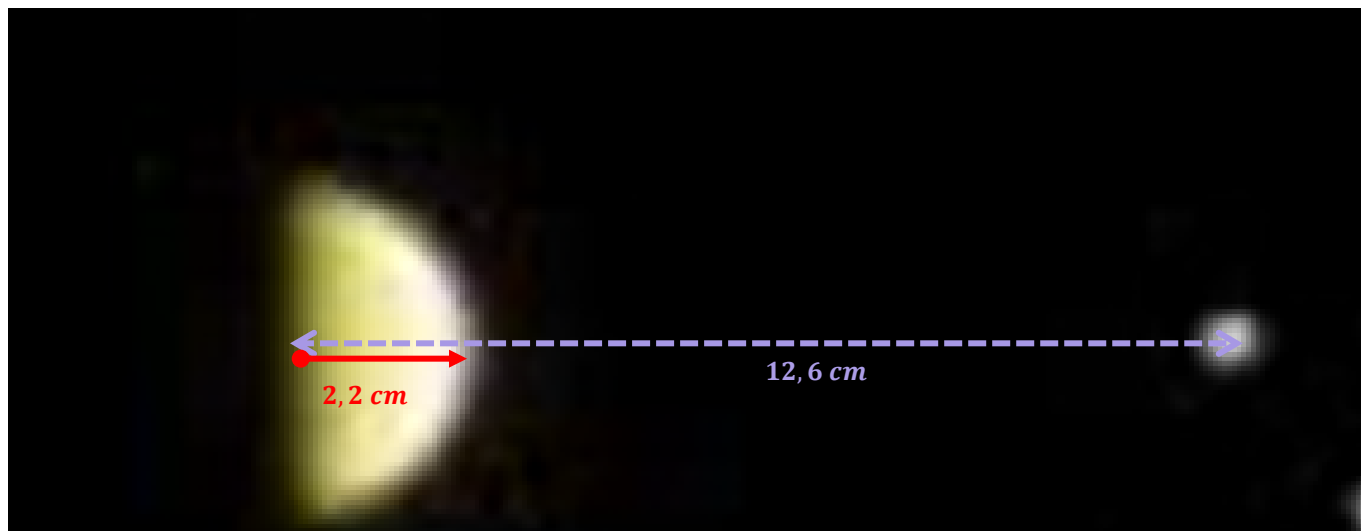
1.3 Proposer maintenant une méthode pour déterminer le rayon r de l'orbite de Io autour de Jupiter.

ATTENTION !!! On ne peut pas utiliser la première image de l'énoncé car les échelles réelles ne sont pas respectées.

- Faire la capture d'écran de la demi-orbite du côté droit quand Io se trouve à l'apoastre de la vidéo (en réalité il n'y a pas d'apoastre puisque la trajectoire est quasi circulaire)
- Mesure le rayon équatorial de Jupiter sur la capture et en déduire l'échelle de la capture d'écran
- Mesurer le rayon sur la capture d'écran et en déduire le rayon réel.

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter la méthode ou en cas de difficulté	

1.4 Mettre en œuvre la méthode proposée. Noter vos mesures et en déduire le rayon r de l'orbite d'Io autour de Jupiter.



On prend une capture d'écran (imprimer si nécessaire)

Comme : $R_{J_{capture}} = 2,4 \text{ cm}$ et $R_J = 7,15 \times 10^7 \text{ m}$

L'échelle est donc : $\frac{7,15 \times 10^7}{2,2} \approx 3,3 \times 10^7 \text{ m.cm}^{-1}$

D'où : $r = 12,6 \times 3,3 \times 10^7 = 4,2 \times 10^8 \text{ m}$

1.5 Dédurre des mesures précédentes et d'un calcul la valeur de la masse M_{J1} de Jupiter.

Comme :

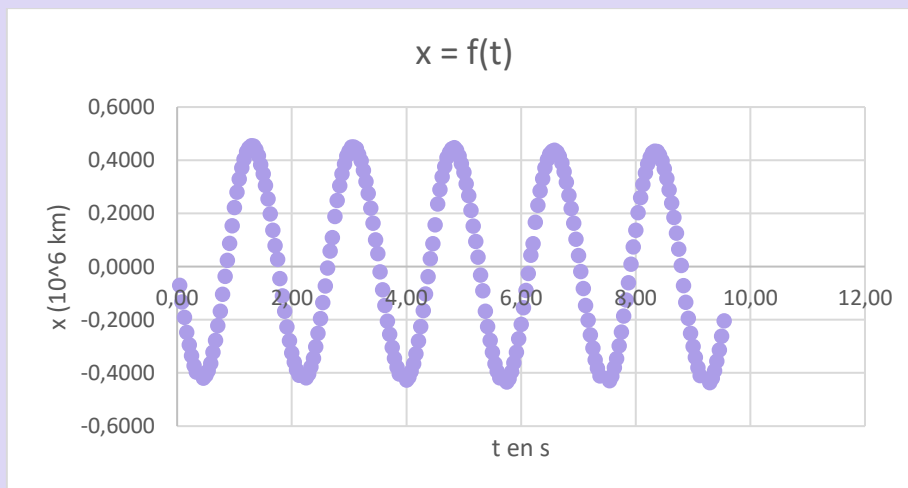
D'après la troisième loi de Kepler :

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M_{J1}} \Leftrightarrow M_{J1} = \frac{4 \cdot \pi^2 r^3}{G \cdot T^2} = \frac{4 \pi^2 \times (4,2 \times 10^8)^3}{6,67 \times 10^{-11} \times (1,76 \times 24 \times 60 \times 60)^2} = 1,90 \times 10^{27} \text{ kg}$$

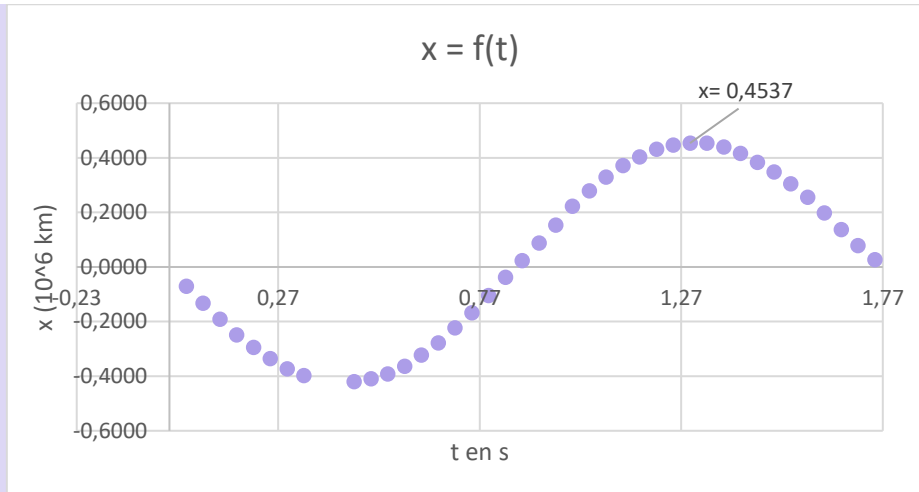
2. Une deuxième méthode de détermination de la masse de Jupiter (20 minutes conseillées)

2.1 En exploitant le fichier « positions-Io » des positions du satellite Io au cours du temps à l'aide d'un tableur-grapheur, déterminer la période de révolution T de Io autour de Jupiter et le rayon r de son orbite. Expliciter la démarche mise en œuvre.



Comme on considère que le mouvement de Io dans le repère (Jxy) se fait uniquement suivant l'axe Jx, représentons x en fonction de t :



Conservons une seule période (un seul motif):



Comme on remarque que le sommet de la fonction vaut $x = 0,4537 \times 10^6$ km, correspondant à l'apogée (Remarque : le périhélie est à la même distance, négative sur le graphique, mais il n'est pas visible) de **l'orbite aplatie** on en déduit que le rayon de l'orbite vaut $4,537 \times 10^5$ km. La période de l'orbite est 1,77 jour.

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter la démarche mise en œuvre ainsi que les résultats obtenus.	

2.2 Déduire de vos résultats et d'un calcul la valeur de la masse M_{J2} de Jupiter.

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M_{J2}} \Leftrightarrow M_{J2} = \frac{4 \cdot \pi^2 r^3}{G \cdot T^2} = \frac{4 \pi^2 \times (4,537 \times 10^8)^3}{6,67 \times 10^{-11} \times (1,77 \times 24 \times 60 \times 60)^2} \approx \boxed{2,39 \times 10^{27} \text{ kg}}$$

3. Comparaison des résultats (10 minutes conseillées)

La valeur connue de la masse de Jupiter est $M_J = 1,90 \times 10^{27}$ kg.

3.1. Comparer les valeurs M_{J1} et M_{J2} avec la valeur connue. Conclure.

$$M_{J1} = M_J \text{ et } M_{J2} > M_J$$

Il semble que la première méthode soit plus précise que la deuxième. Or la première est pourtant sources de plusieurs incertitudes dues aux mesures manuelles. De ce fait on ne peut pas donner de conclusion véritablement convaincante.

3.2. Relever une source d'écart possible entre la valeur expérimentale et la valeur connue pour chacune des 2 méthodes.

Chaque méthode apporte ses incertitudes

- Pour la première, des erreurs de mesures, de conversions, des confusions entre diamètre polaire et diamètre équatorial pourrait être sources d'écart,
- Pour la seconde, les données du tableur pourraient être issues d'un pointage mal étalonné et imprécis.
- Pour les deux méthodes, l'approximation de l'orbite en tant qu'orbite circulaire explique un léger écart.

Défaire le montage et ranger la paille avant de quitter la salle.