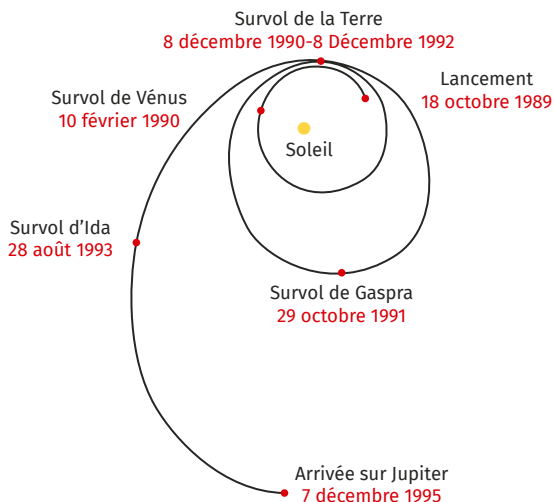


3 Survol des satellites de Jupiter

La sonde spatiale *Galileo* a été développée par la NASA pour étudier Jupiter et ses satellites. Lancée le 18 octobre 1989, elle entre dans le système jovien en 1995, après avoir survolé la Terre, Vénus et deux astéroïdes. La sonde collecte alors de nombreuses informations inédites sur les quatre plus grands satellites de Jupiter : Io, Europe, Ganymède et Callisto. En 2003, ses réserves de carburant (nécessaire pour ajuster sa trajectoire) étant épuisées, *Galileo* termine sa mission en se désintégrant dans l'atmosphère de Jupiter, au cours de sa 35^e orbite.

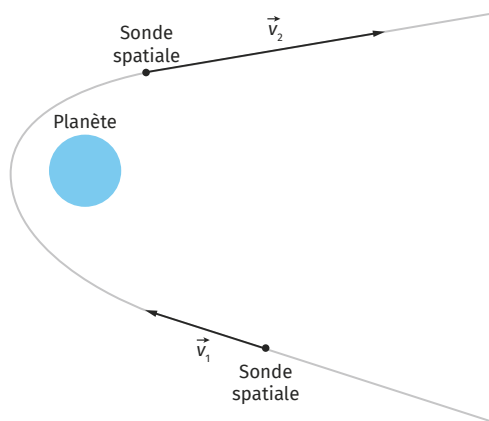
Doc. 1 Trajectoire de *Galileo* de la Terre à Jupiter

Au cours de son voyage de six ans entre la Terre et Jupiter, la sonde *Galileo* survole une fois Vénus et deux fois la Terre. À chaque fois, elle reçoit l'assistance gravitationnelle des planètes. La sonde survole également les astéroïdes Gaspra et Ida, trop petits pour lui fournir une assistance.



Doc. 2 Principe de l'assistance gravitationnelle

L'assistance gravitationnelle est une technique utilisant l'attraction gravitationnelle d'un corps céleste pour modifier la trajectoire d'une sonde.



Donnée

• Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Questions

1. Assistance gravitationnelle

- 1.1 Entre deux assistances gravitationnelles, préciser quelle est la seule force subie par la sonde. Justifier la forme de la trajectoire observée à l'aide d'une loi de Kepler.
- 1.2 Expliquer l'origine de la modification de la trajectoire de la sonde lors de l'assistance gravitationnelle.
- 1.3 L'assistance gravitationnelle à proximité d'une planète peut conduire à accélérer la sonde. Interpréter cette observation en termes d'échanges d'énergie entre la planète et la sonde.

Doc. 3 Caractéristiques des satellites galiléens

Jupiter possède 79 satellites naturels connus. Les premiers ont été découverts par Galilée en 1610 : il s'agit de Io, Europe, Ganymède et Callisto. En voici certaines caractéristiques :

	Diamètre (km)	Masse (kg)	Rayon de l'orbite (km)	Période de révolution (j)
Io	3643	$8,9 \times 10^{22}$	421800	1,769
Europe	3122	$4,8 \times 10^{22}$	671100	3,551
Ganymède	5262	$1,5 \times 10^{23}$	1070400	7,155
Callisto	4821	$1,1 \times 10^{23}$	1882700	16,69



Questions

2. Masse de Jupiter

On considère que la planète Jupiter et ses satellites sont des corps sphériques dont la répartition de masse est homogène. Les rayons des orbites sont supposés grands devant les dimensions de Jupiter ou de ses satellites.

2.1 On s'intéresse au mouvement du satellite Io de masse M_{Io} . On note R le rayon de son orbite.

Représenter sur un schéma :

- Jupiter (noté J) et Io (noté I) ;
- la trajectoire de Io ;
- un vecteur unitaire \vec{u} orienté de Io vers Jupiter ;
- la force d'interaction gravitationnelle \vec{F} exercée par la planète sur son satellite.

2.2 Donner l'expression vectorielle de \vec{F} .

2.3 En considérant la seule action de Jupiter,

établir l'expression vectorielle de l'accélération \vec{a} de Io dans le référentiel du centre de Jupiter, supposé galiléen, en fonction de G , M_J , R et du vecteur unitaire \vec{u} .

2.4 Montrer que dans le cas d'un mouvement circulaire, la valeur de la vitesse du satellite a pour expression :

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_J}{R}}$$

2.5 Définir la période de révolution T du satellite. Exprimer cette période en fonction de la vitesse v et de la distance R .

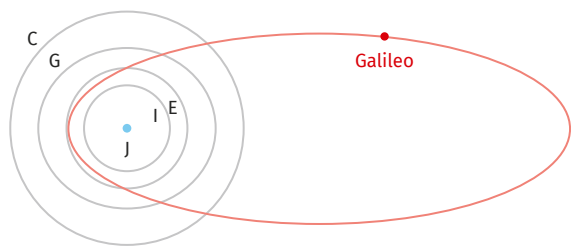
2.6 À partir des deux dernières questions, retrouver la troisième loi de Kepler dans le cas d'un mouvement circulaire :

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_J}$$

2.7 En utilisant les données du doc. 3, déterminer le plus précisément possible la masse de Jupiter.

Doc. 4 Mise en orbite de Galileo autour de Jupiter

Le 7 décembre 1995, la sonde *Galileo* a effectué la manœuvre permettant sa mise en orbite autour de Jupiter. Pour cela, elle a commencé par survoler Europe et Io, à faible distance pour permettre un freinage important, par assistance gravitationnelle. Puis elle a mis en marche sa propulsion principale pour réduire sa vitesse de $645 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Elle s'est ainsi placée sur une orbite très allongée. Cette orbite d'une période de sept mois a été choisie, car même si elle ne permettait de recueillir des informations que sur des durées très limitées (lorsque la sonde se trouvait proche de Jupiter et de ses satellites), elle a permis une faible consommation de carburant lors de sa mise en orbite.



J : Jupiter
I : Io

E : Europe
G : Ganymède

C : Callisto

Questions

3. Orbite de Galileo

La deuxième loi de Kepler stipule que, pour une même durée de parcours, les surfaces balayées par *Galileo* sont égales.

3.1 Comparer alors les vitesses de *Galileo* aux points A et P.

La troisième loi de Kepler appliquée dans le cas d'un corps en orbite elliptique autour de Jupiter est donnée par la formule suivante :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_J}$$

3.2 À l'aide du doc. 4, déterminer le demi-grand axe de l'ellipse parcourue par *Galileo*. On précise la masse de Jupiter à considérer $M_J = 1,898 \times 10^{27} \text{ kg}$.

