

**Feuille d'évaluation à rendre obligatoirement avec la copie**

**Activité documentaire n°6.1 :  
L'assistance gravitationnelle.**

Questions	Capacités attendues	Compétence visée	Points attribués
	Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites sur des supports variés.	<b>Analyser</b>	/4,75
<b>Total 1:</b>	<b>Remarques :</b>	<b>/4,75</b>	

**Notation individuelle :**

CLASSE :		NOMS – PRENOMS des élèves du groupe		Élève n° 1 :		Élève n° 2 :		Élève n° 3 :	
				..... .....		..... .....		..... .....	
Activité	Capacités attendues	Compétence visée	Points attribués	Signatures	Points attribués	Signatures	Points attribués	Signatures	
Séance en groupe	Travailler en équipe, partager des tâches, s'engager dans un dialogue constructif, respecter ses camarades, son professeur et les lieux de travail ...	<b>Être autonome et faire preuve d'initiative</b>	/0,25		/0,25		/0,25		
<b>TOTAL 2</b>			/0,25		/0,25		/0,25		
<b>Total 1 + 2</b>			/5		/5		/5		

**Introduction.**

Une sonde spatiale est un véhicule spatial sans équipage lancé pour étudier les objets célestes qui se trouvent dans le Système solaire : planète, lune, comète, astéroïde, et le milieu interplanétaire ou interstellaire. Elle peut être amenée à franchir de grandes distances et à fonctionner loin de la Terre et du Soleil.

**Comment une sonde rejoint-elle des objets aussi lointains ?**

## Document 1 : Le principe de la fronde gravitationnelle.

Pour se déplacer, une sonde n'utilise que les lois de l'espace auxquelles elle est soumise pendant son voyage. En orbite autour du Soleil ou des planètes qu'elle rencontre, elle se déplace grâce à la gravitation universelle.

La stratégie de l'exploration interplanétaire consiste donc à profiter de l'attraction mutuelle des corps pour diriger les sondes et ajuster leur vitesse.

Un engin peut cependant être doté de moteurs, qui ne sont utilisés qu'occasionnellement pour effectuer de petits changements de trajectoire, de plan orbital ou d'orientation.

Sans dépense d'énergie supplémentaire, une sonde peut modifier sa trajectoire, sa vitesse et même son inclinaison par rapport au plan de l'écliptique. Elle utilise pour cela un principe directement lié aux lois de la gravitation universelle qu'on appelle l'**assistance gravitationnelle** ou **fronde gravitationnelle**.

Lorsque l'engin passe à proximité d'une planète, il entre dans sa zone d'influence. L'attraction qu'il subit a pour conséquence de le faire "tomber" vers l'astre : sa trajectoire se courbe et sa vitesse augmente. La sonde contourne la planète et s'en éloigne en perdant autant de vitesse qu'elle en a gagné à l'arrivée. La manœuvre n'est pas nulle pour autant : la planète, en se déplaçant autour du Soleil, a communiqué une partie de sa vitesse à la sonde (**Fig 1 et 2**).

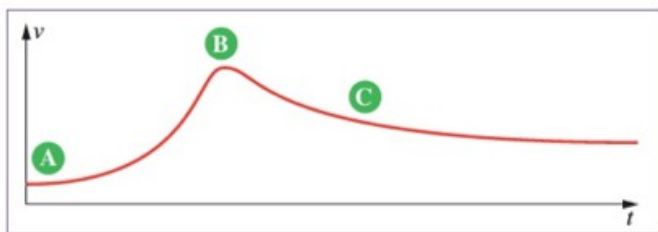


Fig.1 : Variation de la vitesse d'une sonde au cours de l'assistance gravitationnelle d'une planète.

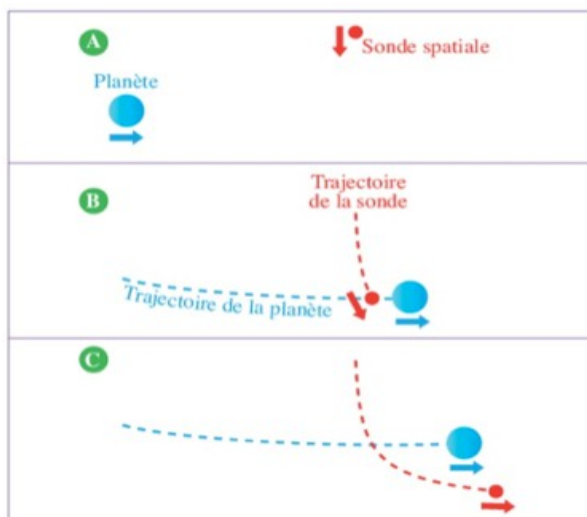


Fig.2 : Trajectoire d'une sonde au cours de l'assistance gravitationnelle d'une planète.

La modification de vitesse et la déviation de la trajectoire de l'engin dépendent de la masse de l'astre survolé, de l'altitude du survol et de la vitesse relative à laquelle la manœuvre s'effectue. Si le survol s'effectue dans le sens de déplacement de la planète autour du Soleil, la sonde gagne de la vitesse. Si le survol s'effectue dans le sens inverse, la sonde perd de la vitesse.

La trajectoire est à l'évidence calculée très précisément à l'avance afin que l'engin survole les planètes qu'il rencontre sans s'y écraser.

## Document 2 : Le voyage de la sonde Cassini-Huygens.

La sonde spatiale Cassini-Huygens a été lancée le 15 octobre 1997. Elle avait pour mission d'aller vers Saturne afin de l'étudier.

Elle a effectué 2 survols de Vénus en 1998 et 1999 et un survol de la Terre en 1999. La vitesse ainsi acquise lui a permis d'atteindre le système solaire externe. Enfin, une dernière assistance gravitationnelle autour de Jupiter en 2000 lui a fourni l'énergie nécessaire à rejoindre Saturne en 2004 (**Fig.3**).

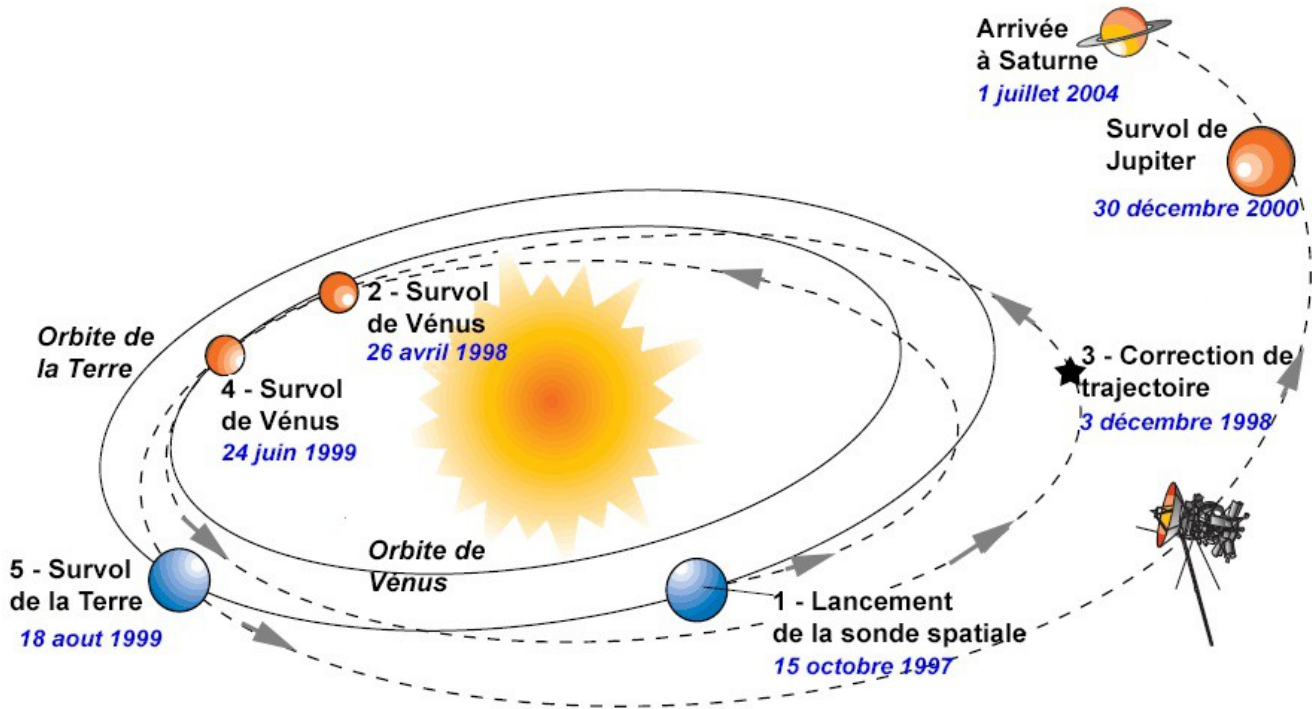


Fig.3 : Trajectoire de la sonde Cassini-Huygens.

## Document 3 : Le voyage de la sonde Rosetta.

Rosetta est une sonde spatiale conçue par l'Agence spatiale européenne (ESA), ayant pour objectif de récolter des informations sur la comète Churyumov-Gerasimenko. Elle a été la première à se mettre en orbite autour d'une comète et également à déposer un atterrisseur sur sa surface.

La sonde a effectué un parcours de 5 milliards de kilomètres. Pour augmenter la vitesse de la sonde, tout en utilisant le moins de carburant possible, les ingénieurs de l'ESA ont joué de l'effet d'assistance gravitationnelle. Rosetta a utilisé par quatre fois du procédé, en frôlant la Terre (2005, 2007 et 2009) et Mars (2007).

Elle est arrivée à proximité de la comète Churyumov-Gerasimenko vers le mois de mai 2014 et est entrée en orbite autour au mois d'août de la même année.

## Document 4 : Le principe d'inertie.

Lorsque la force totale exercée sur un objet est nulle, ce dernier a un mouvement rectiligne uniforme. On parle du principe d'inertie.

Un système qui n'est soumis à aucune force ou soumis à des forces qui se compensent est soit immobile ( $\vec{v} = \vec{0}$ ), soit en mouvement rectiligne uniforme ( $\vec{v} = \vec{cste}$ ).

Contraaposée :

Si entre deux instants voisins, un système n'est ni immobile, ni en mouvement rectiligne uniforme, les forces s'exerçant sur lui ne se compensent pas : son vecteur vitesse  $\vec{v}$  varie.

Lorsque la force totale exercée sur un système n'est pas nulle, le mouvement du système est modifié.

La trajectoire est modifiée si la force totale n'est pas parallèle à la trajectoire : celle-ci s'incurve dans le sens et la direction de la force.

La valeur de la vitesse est modifiée si la force totale n'est pas perpendiculaire à la trajectoire.

- Mouvement accéléré : la force totale est dans le même sens que le vecteur vitesse.

- Mouvement ralenti : la force totale est dans le sens inverse du vecteur vitesse.

### Quelques questions

1. **Représenter** les trois situations de la **Fig.2** du **Doc.1** en représentant la planète par un point P et la sonde par un point S. Représenter sur ces trois schémas la force, notée  $\vec{F}_{P/S}$ , modélisant l'attraction gravitationnelle exercée par la planète sur la sonde.
2. Sans calcul, **justifier** dans lequel de ces trois cas elle est la plus grande.
3. A l'aide de la **Fig.1** du **Doc.1**, **indiquer** la position dans laquelle la sonde a une vitesse maximale (dans le référentiel héliocentrique).
4. **Montrer** que l'effet de fronde gravitationnelle a permis d'augmenter la vitesse de la sonde (dans le référentiel héliocentrique).
5. **Expliquer** quels sont les effets d'une assistance gravitationnelle sur le mouvement d'une sonde spatiale (dans le référentiel héliocentrique) ?
6. Quel serait le mouvement d'une sonde spatiale n'étant sous aucune influence gravitationnelle y compris celle du Soleil ?

### **Conclusion**

**Répondre** à la question d'introduction.