

# LANCEMENT ET MISE EN ORBITE D'UN SATELLITE OU D'UNE SONDE SPATIALE



## Capacité(s) contextualisée(s) mise(s) en jeu durant l'activité :

- ✓ Etablir et exploiter les expressions du travail d'une force constante (force de pesanteur dans le cas d'un champ uniforme).
- ✓ Etablir l'expression du travail d'une force de frottement d'intensité constante dans le cas d'une trajectoire rectiligne.
- ✓ Analyser les transferts énergétiques au cours d'un mouvement d'un point matériel.

## But

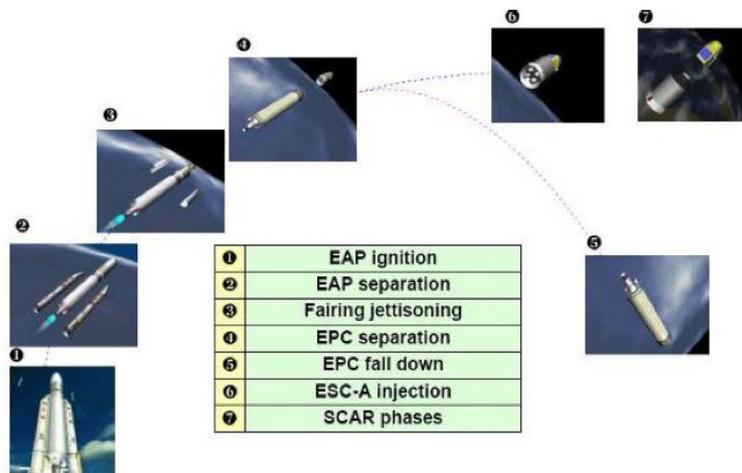
- Calculer et analyser quelques grandeurs relatives au lanceur Ariane 5.
- Découvrir et analyser le principe de fronde gravitationnelle.

## Documents

(s'approprier)



### Doc 1 : Description des différentes phases du vol VA221 d'Ariane 5 (12/2014)



La référence des temps étant  $H_0$  (1 s avant la date d'ouverture de la vanne hydrogène de la chambre du moteur Vulcain de l'EPC), l'allumage du Vulcain est effectué à  $H_0+2,7s$ , la vérification de son bon fonctionnement autorise la mise à feu des deux Etages d'Accélération à Poudre (EAP) (à  $H_0+7,05s$ ) qui entraîne le décollage du lanceur.

La masse au décollage est d'environ 774 tonnes et la poussée initiale de 13 000 kN (dont 90% communiqués par les EAP).

Source : <http://www.space-airbusds.com/>

## Vidéos

[http://www.dailymotion.com/video/x2bxme1\\_decollage-d-ariane-5-6-decembre-2014\\_tech?start=180](http://www.dailymotion.com/video/x2bxme1_decollage-d-ariane-5-6-decembre-2014_tech?start=180)

[http://www.dailymotion.com/video/xffgtd\\_la-trajectoire-d-un-lanceur-le-fil-d-ariane-ep-1\\_tech?start=10](http://www.dailymotion.com/video/xffgtd_la-trajectoire-d-un-lanceur-le-fil-d-ariane-ep-1_tech?start=10)

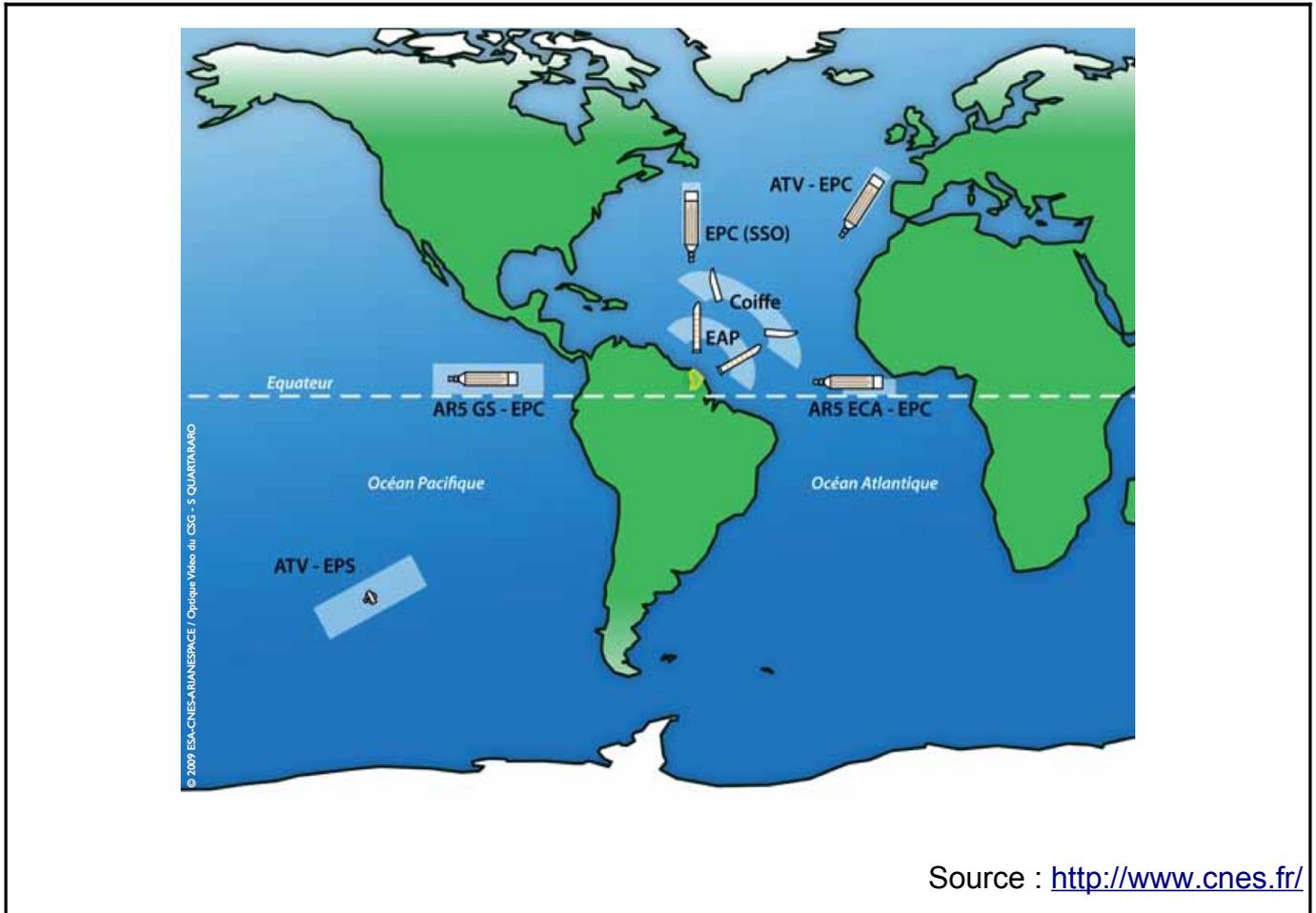
### Doc 2 : Extrait du séquentiel du vol VA221 d'Ariane 5 (12/2014)

temps /H <sub>0</sub> (s)	temps/H <sub>0</sub> (mn)	événement	altitude (km)	masse (t)	Vrel (m/s)
----		<b>Vol propulsé EAP - EPC</b>			---
7,30	0 ' 07 "	Décollage	---	774,5	0
12,48	0 ' 12 "	Début de la manœuvre de basculement	0,09	747,5	36,5
17,05	0 ' 17 "	Début de la manœuvre en roulis	0,34	722,5	76,2
22,6	0 ' 23 "	Fin de la manœuvre de basculement	0,91	691,7	129,1
32,05	0 ' 32 "	Fin de la manœuvre en roulis	2,52	643,2	217,2
48,37	0 ' 48 "	Transsonique (Mach 1)	6,71	578,1	324,9
67,63	1 ' 08 "	Pdyn max.	13,4	499,9	523,3
111,25	1 ' 51 "	Passage à $\gamma_{\max}$ (41,72 m/s <sup>2</sup> )	39,8	307,2	1579,8
139,6	2 ' 20 "	Passage à $\gamma = 6,22$ m/s <sup>2</sup> (H <sub>1</sub> )	65,4	253,5	2009,3
<b>140,4</b>	<b>2 ' 20 "</b>	<b>Séparation EAP</b>	<b>66,1</b>	<b>178,4</b>	<b>2011</b>

Source : <http://www.space-airbusds.com/>

### Doc 3 : Zones de retombée des éléments d'Ariane





### Quelques questions :

1. Montrer que la masse de la fusée ainsi que son poids peuvent être considérés comme constants durant les 5 premières secondes de vol.
2. En déduire à l'aide de la deuxième loi de Newton et des documents précédents l'altitude et la vitesse du lanceur 5 secondes après le décollage.
3. Comparer vos résultats aux valeurs réelles. Conclure.
4. Déterminer, à l'aide du théorème de l'énergie cinétique, le travail de la force de frottement négligée précédemment durant les 5 premières secondes et commenter le signe du résultat.
5. Déterminer, à l'aide du théorème de l'énergie mécanique et des documents précédents, la vitesse des deux morceaux de la coiffe au moment de l'impact avec la surface de l'océan.



On considère dans un premier temps que les deux morceaux de la coiffe sont en chute libre. Ils ne sont donc soumis qu'à leur poids qu'on considérera également comme constant.

6. Commenter ce résultat et conclure.

### Donnée :

- Accélération de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

## Documents (suite)



### Doc.4 : 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 où 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**).

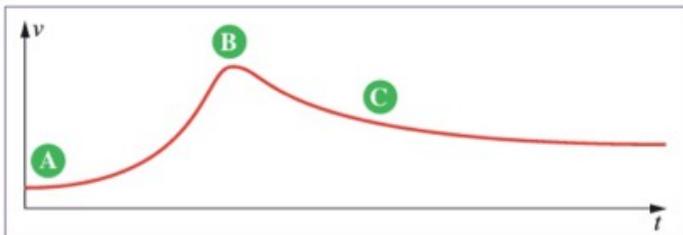


Fig.1 : Variation de la vitesse d'une sonde au cours de l'assistance gravitationnelle d'une planète

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.

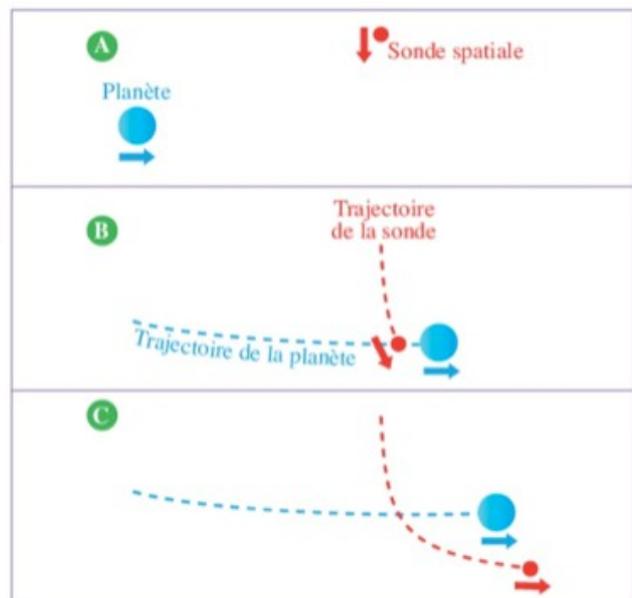


Fig.2 : Trajectoire d'une sonde au cours de l'assistance gravitationnelle d'une planète

## Animations

<http://www.cnes-multimedia.fr/animation/assistance-gravitationnelle.html>

[http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve\\_tulloue/Meca/Planetes/assist\\_grav.html](http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Meca/Planetes/assist_grav.html)

Source : <http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/>

### Doc.5 : 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**).

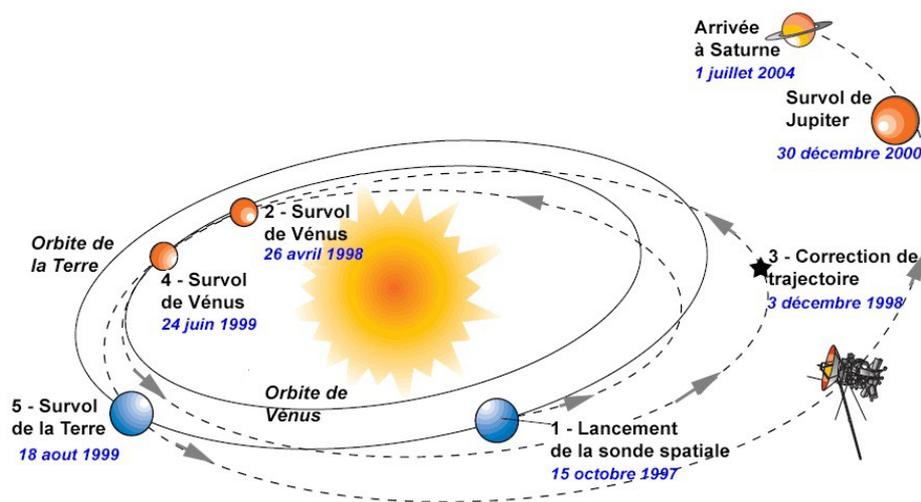


Fig 3 : Trajectoire de la sonde Cassini-Huygens

### Animation

[http://www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Science/Exploring\\_space/Let\\_gravity\\_assist\\_you](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Exploring_space/Let_gravity_assist_you)

### Doc.6 : 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 sera la première à se mettre en orbite autour d'une comète et également à déposer un atterrisseur sur sa surface.

La sonde devrait effectuer 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 va user par quatre fois du procédé, en frôlant la Terre (2005, 2007 et 2009) et Mars (2007). Elle devrait arriver à proximité de la comète Churyumov-Gerasimenko vers le mois de mai 2014 et entrera en orbite autour au mois d'août de la même année.

### Vidéo

[http://www.maxisciences.com/sonde-rosetta/sonde-rosetta-le-chasseur-de-comete-se-reveillera-bientot-de-son-hibernation-spatiale\\_art31065.html](http://www.maxisciences.com/sonde-rosetta/sonde-rosetta-le-chasseur-de-comete-se-reveillera-bientot-de-son-hibernation-spatiale_art31065.html)

## Quelques questions :

1. Dans le référentiel de la planète, à quelle(s) force(s) est soumise une sonde qui la survole ? En déduire l'évolution de son énergie mécanique.
2. Vos résultats sont-ils cohérents avec les données du **Doc.4** ? Pourquoi ?
3. D'où provient l'énergie gagnée par une sonde survolant une planète ?
4. En déduire l'évolution de l'énergie mécanique et de la vitesse de la planète survolée.

## Conclusion :

(analyser, valider, communiquer)



A l'aide des documents précédents, rédiger une synthèse argumentée expliquant les différentes étapes du lancement d'une sonde spatiale depuis la Terre jusqu'à sa mise en orbite autour d'une autre planète.



## Pour les plus curieux...

### **Ariane 5**

### **Intégralité des données relatives au Vol VA221**

[http://www.space-airbusds.com/media/document/dossierdevol\\_va221.pdf](http://www.space-airbusds.com/media/document/dossierdevol_va221.pdf)

### **Assistance gravitationnelle pour augmenter la vitesse**

<http://www.je-comprends-enfin.fr/index.php?/Missions-dans-le-systeme-solaire/assistance-gravitationnelle-pour-augmenter-la-vitesse/id-menu-54.html>