

La station ISS

Groupe de production de ressources

Académie : Aix-Marseille

Année scolaire : 2017 - 2018

Niveau : Seconde

Thème : univers

Type d'activité : Activité expérimentale

Durée indicative : 1,5 h

Auteurs : FREYCHET Mikaël LEVASSEUR Olivier

Extrait de programme :

http://cache.media.education.gouv.fr/file/18/95/5/ensel512_physique_757955.pdf

NOTIONS ET CONTENUS	COMPETENCES ATTENDUES
Relativité du mouvement. Référentiel. Trajectoire.	Comprendre que la nature du mouvement observé dépend du référentiel choisi.
La gravitation universelle. L'interaction gravitationnelle entre deux corps. La force de pesanteur terrestre.	Savoir que la force de pesanteur terrestre résulte de l'attraction terrestre.
Effets d'une force sur le mouvement d'un corps : modification de la vitesse, modification de la trajectoire. Rôle de la masse du corps. Mouvements de la Terre et des planètes.	Savoir qu'une force s'exerçant sur un corps modifie la valeur de sa vitesse et/ou la direction de son mouvement et que cette modification dépend de la masse du corps. <i>Mettre en œuvre une démarche d'expérimentation utilisant des techniques d'enregistrement pour comprendre la nature des mouvements observés dans le système solaire.</i> Analyser des documents scientifiques portant sur l'observation du système solaire.

Description du document :

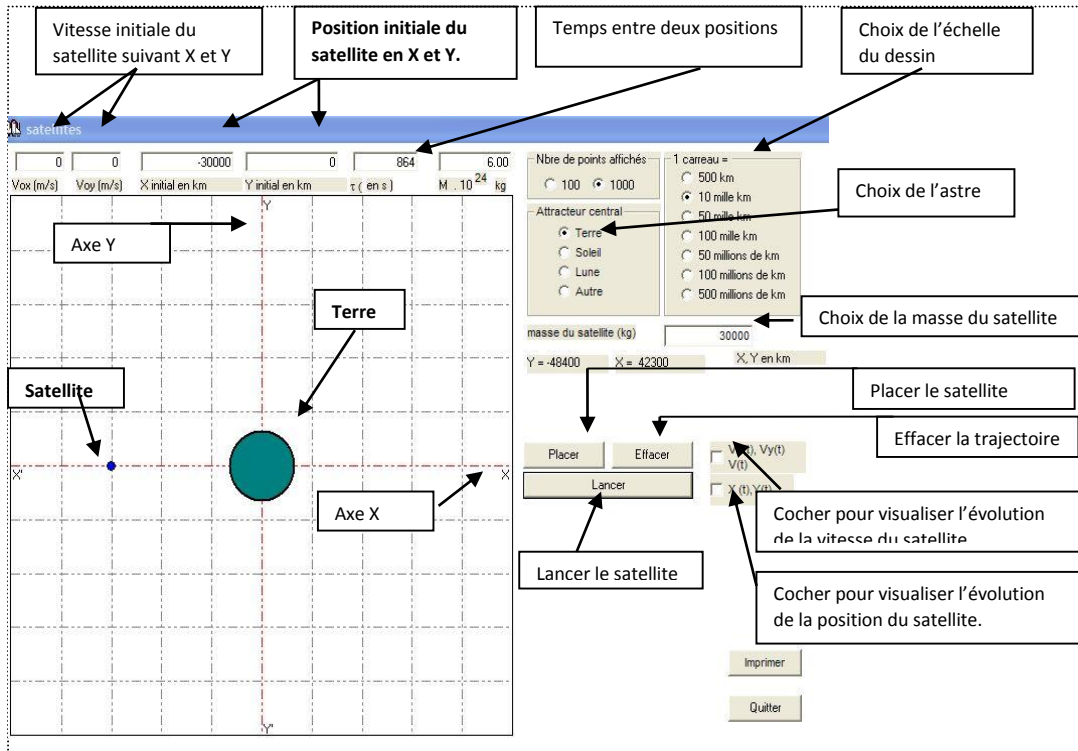
- Un document préparatoire qui permet aux élèves une prise en main du logiciel « Satellites » (à télécharger sur <http://libergiersciences.free.fr/> menu « Téléchargement ») et de mettre en évidence les conditions de lancement d'un satellite.
- À l'aide de 3 documents, formulation et résolution d'une problématique sur le ravitaillement de la station ISS
- Aides proposées à la résolution du problème à fournir aux élèves si besoin.

Activité élève :

Document préparatoire : Quel est le mouvement d'un satellite ?

Le logiciel « Satellite » simule, en utilisant les lois de la mécanique, le lancement et le mouvement d'un satellite soumis à l'attraction gravitationnelle d'une planète. Ce logiciel permet de faire des prévisions.

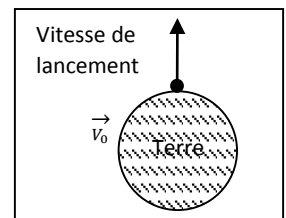
- Lancer le logiciel « **Satellites** » et observer les différents champs :



1. Lancement d'un satellite à partir de la Terre

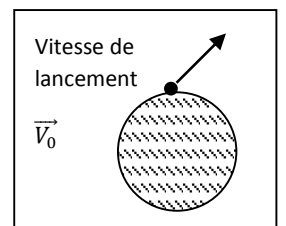
Avec une vitesse de lancement radiale (selon le rayon terrestre)

- Choisir l'échelle suivante : 1 carreau = 500 km.
- Placer le satellite à la surface de la Terre tel que : $X_{\text{initial}} = 0$ km et $Y_{\text{initial}} = 6380$ km.
- Choisir uniquement une vitesse verticale V_{0Y} (inférieures à 8 000 m/s)
- Réaliser plusieurs lancements avec des vitesses différentes.
- Noter le mouvement du satellite.



Avec une vitesse de lancement non verticale

- Changer l'échelle : 1 carreau = 10 mille km
- Modifier les valeurs de V_{0Y} et V_{0X} pour avoir une vitesse initiale \vec{V}_0 inclinée par rapport à la verticale depuis la même position de lancement.
- Réaliser plusieurs lancements avec des vitesses différentes.

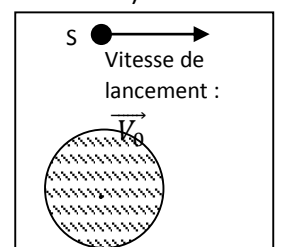


CONCLUSION : D'après les simulations réalisées par ce logiciel, peut-on mettre un satellite en orbite circulaire depuis la Terre ?

2. Lancement à partir de l'espace

Le satellite S, une fois en dehors de l'atmosphère, est lancé perpendiculairement au rayon (TS) avec une vitesse \vec{V}_0

- Choisir une distance de départ autour de 30 000 km du centre de la Terre ($X_{\text{initial}} = 0$ et $Y_{\text{initial}} = 30000$ km)
- Choisir le nombre de points affichés = 100.
- Réaliser 5 tests de lancer pour $V_{0X} = 0$, $V_{0X} = 1000$ m/s, $V_{0X} = 3000$ m/s, $V_{0X} = 3650$ m/s et $V_{0X} = 10000$ m/s (en choisissant $V_{0Y} = 0$ m/s)
- Choisir ($X_{\text{initial}} = 0$ et $Y_{\text{initial}} = 40000$ km) et chercher la vitesse horizontale de lancement pour que le satellite se mette en orbite circulaire autour de la Terre.



CONCLUSION : Comment mettre un satellite en orbite circulaire ? Donner une explication aux différents mouvements observés. Quelle est la nature du mouvement du satellite quand il est en orbite circulaire ?

La STATION ISS

En tant qu'ingénieur de l'ISS, les dirigeants de la capsule Cygnus vous demande un compte rendu présentant les deux paramètres à surveiller lors d'un ravitaillement.

Document 1 : Présentation de l'ISS : « D'après Wikipédia »

La **Station spatiale internationale** (en anglais *International Space Station* ou **ISS**) est une station spatiale placée en orbite terrestre basse, occupée en permanence par un équipage international qui se consacre à la recherche scientifique dans l'environnement spatial. Ce programme, lancé et piloté par la NASA, est développé conjointement avec l'agence spatiale fédérale russe (FKA), avec la participation des agences spatiales européenne, japonaise et canadienne.



Document 2 : Caractéristiques de l'ISS :

<u>Caractéristiques</u>	
<u>Organisation</u>	NASA, Roscosmos, JAXA, ESA, ...
<u>Domaine</u>	biologie, cosmologie, astronomie, ...
<u>Type de mission</u>	station spatiale
<u>Masse</u>	420 tonnes
<u>Lancement</u>	1998
<u>Orbite</u>	Orbite terrestre basse
<u>Dimension</u>	Longueur L = 110 m Largeur l = 73 m



Document 3 : D'après un extrait d'articles sciences et avenir :

« **1600 kg** de ravitaillement sont attendus par les astronautes de l'ISS. Ils sont dans la capsule Cygnus, lancée le 13 juillet, et qui doit arriver mercredi sur la Station spatiale internationale. »

<https://www.sciencesetavenir.fr/espace/1-600-kg-de-ravitaillement-attendus-par-les-astronautes-de-l-iss-34174>



Capsule motorisée apportant le ravitaillement

Proposition d'organisation de l'activité :

Activité par petits groupes avec distribution d'aides au fur et à mesure en fonction du niveau des groupes.

- **1^{er} temps** : Distribution du document préparatoire pour connaître le mouvement d'un satellite. Temps d'adaptation au logiciel à l'aide des questions posées. (25 min) Le logiciel servira d'outil d'investigation pour la suite.
- **2^{ème} temps** : Rédaction bilan. Distribution de l'aide n°1 pour structurer le compte rendu, si besoin. (15 min)
- **3^{ème} temps** : Bilan global avec la classe sur les conditions d'une mise en orbite circulaire. (5min)
- **4^{ème} temps** : Distribution de l'activité sur le ravitaillement de l'ISS. Discussion en petit groupe du « risque » que peut présenter ce ravitaillement (Doc 1, 2 et 3) et rédaction de la problématique. Distribution de l'aide n°2 si besoin (10 min)
- **5^{ème} temps** : Recherche et mise en œuvre d'un protocole à l'aide du simulateur permettant de répondre à la problématique et finalisation du compte rendu. Distribution de l'aide n°3 si besoin (25 min)

Éléments de réponse élèves :

Aide n° 1 : Quel est le mouvement d'un satellite ?

- a) Décrire le mouvement (trajectoire, vitesse) de l'ISS en précisant le référentiel utilisé.
- b) Donner les conditions de lancer d'un satellite (on accompagnera l'explication de schémas précisant les différents tests réalisés)



Aide n°2 : Formulation de la problématique.

- c) Que peut modifier l'arrivée de la capsule sur la station ISS ?



Aide n°3 : Rédaction de la réponse à la problématique.

- d) Présenter les paramètres pouvant influencer la trajectoire de l'ISS (on accompagnera la présentation de simulations de mesures et des conclusions des expériences réalisées).
- e) Mettre en place un protocole permettant de répondre à la problématique.
- f) Répondre à la problématique.



Éléments de réponse PROF :

Aide n° 1 : Quel est le mouvement d'un satellite ?

- a) Décrire le mouvement du satellite en précisant le référentiel utilisé.
Dans le référentiel géocentrique, le mouvement de ISS est circulaire uniforme.
- b) Donner les conditions de lancer d'un satellite (on accompagnera l'explication de schémas précisant les différents tests réalisés)
On ne peut pas mettre en orbite circulaire un satellite depuis le sol.
Pour une trajectoire circulaire uniforme, il faut lancer le satellite avec une vitesse initiale tangente à la trajectoire et judicieusement choisie pour ne pas qu'il s'écrase ou qu'il quitte la trajectoire prévue.

Aide n° 2 : Formulation de la problématique.

- c) Rédiger une introduction présentant la problématique.

Le ravitaillement (augmentation de la masse et modification de la position et/ou de la vitesse de la station) va-t-il modifier la trajectoire suivie par ISS ?

Aide n°3 : Rédaction de la réponse à la problématique.

- d) Présenter les paramètres pouvant influencer la trajectoire de l'ISS (on accompagnera la présentation de mesures et des conclusions des expériences réalisées).

Les paramètres pouvant influencer le mouvement du satellite sont :

- L'altitude du satellite ou sa vitesse.
- La masse du satellite.

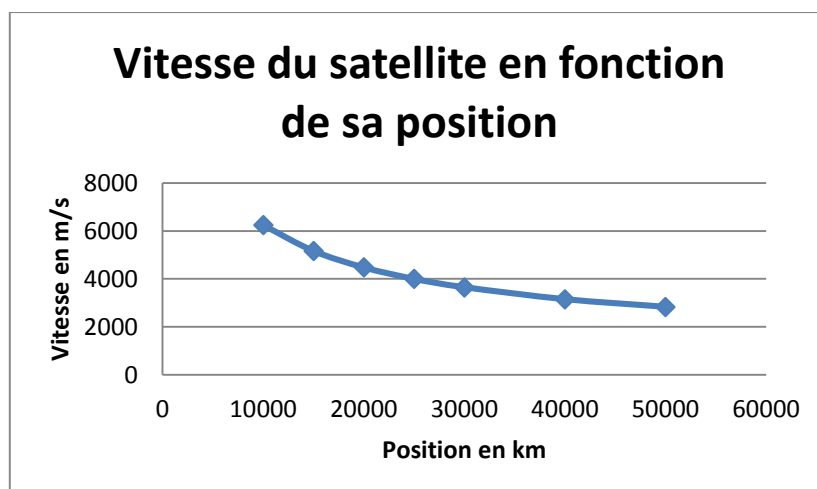
- e) Mettre en place un protocole permettant de répondre à la problématique

Influence de l'altitude : Faire varier l'altitude de lancer du satellite sans modifier la masse du satellite. Rechercher la vitesse de lancement permettant d'obtenir une trajectoire circulaire.

Regrouper les résultats sous forme d'un tableau pour $m = 30\,000\text{ kg}$

$Y_i(\text{km})$	10000	15000	20000	25000	30000	40000	50000
$V\text{ (m/s)}$	6250	5170	4480	4000	3650	3150	2830

Tracé du graphique $V = f(Y)$ pour les experts +



Conclusion : Si l'altitude change, la vitesse permettant de rester sur un orbite circulaire change aussi. Inversement si la vitesse change, la trajectoire circulaire s'obtient pour une autre altitude. Si la vitesse ou la position de l'ISS sont modifiées par l'arrivage de la capsule, la trajectoire de l'ISS ne serait plus circulaire.

Influence de la masse : Faire varier la masse du satellite sans modifier l'altitude et rechercher la vitesse de lancement permettant d'obtenir la trajectoire circulaire.

Regrouper les résultats sous forme d'un tableau pour $Y = 30\,000\text{ km}$

M en kg	30000	20000	10000	50000
V (m/s)	3650	3650	3650	3650

Conclusion : La masse n'a pas d'influence sur la vitesse de lancer qui permet d'obtenir une trajectoire circulaire.

f) Répondre à la problématique.

Le changement de masse lors du ravitaillement ne va donc pas modifier la trajectoire circulaire du satellite. Il faut tout de même faire attention à ne pas modifier la vitesse ou l'altitude du satellite sous peine de ne plus avoir les conditions de trajectoire circulaire pour l'ISS.

Compétences mises en jeu et évaluation possible :

Activité non évaluée

La liste des capacités attendues n'est pas exhaustive.

Sont indiquées **en rouge** les compétences mises en œuvre dans les niveaux expert et intermédiaire.

Compétences et coefficient	A	B	C	D	Capacités attendues	Indicateurs de réussite permettant d'attribuer le niveau de maîtrise « A »
S'approprier Expert (coef) Intermédiaire Initiation					Extraire des informations des documents.	Les masses. Suivre une notice
					Dégager la problématique principale dans le monde réel.	Le satellite risque-t-il de s'écraser
					Reformuler la problématique avec des mots de la physique.	Influence de la masse, la position et de la vitesse sur le mouvement du satellite.
					Mobiliser et organiser ses connaissances.	Utilisation du logiciel
					Introduire des arguments issus des connaissances personnelles.	
					Identifier la complémentarité d'informations présentées sous des formes différentes	
Analyser Expert Intermédiaire Initiation					Proposer une stratégie de réponse	Tester plusieurs valeurs de chaque paramètre identifié (masse et altitude)
					Formuler une hypothèse	Influence de la masse et/ou de l'attitude sur la vitesse de rotation du satellite
					Relier qualitativement et quantitativement différents éléments issus des connaissances ou des documents	Relier la variation d'un facteur à l'effet sur la trajectoire du satellite (logiciel)
					Concevoir un protocole	Proposez un protocole de test des différents facteurs d'influence (un par un).
Réaliser Expert Intermédiaire Initiation					Conduire les calculs.	
					Réaliser une expérience.	Utilisation du logiciel
					Respecter les règles de sécurité	
					Tracer un graphe à partir de données	Possibilité de tracer un graphe de $v = f(h)$
					Utiliser un modèle décrit	
Valider Expert Intermédiaire Initiation					Revenir sur le problème et la question de départ.	Conclure et apporter une réponse à la problématique en analysant les résultats obtenus lors de l'expérimentation.
					Repérer les points faibles de l'argumentation	
					Faire preuve d'esprit critique.	La trajectoire du satellite est peut-être elliptique
					Valider ou infirmer une information	
Communiquer Expert Intermédiaire Initiation					Rendre compte à l'écrit.	Dans le compte rendu : Présenter avec soin.
					Schématiser une expérience.	Utiliser un vocabulaire scientifique adapté et rigoureux. Maîtriser les compétences langagières.
					Rédiger une synthèse, une argumentation	Réaliser un schéma clair et légendé.