

Mission Rosetta

Invitations pédagogiques

Charles Sol pour [@eduMediaTweets](#)- 8/11/2014

10 ans de voyage pour parcourir 5.000.000.000 km et atterrir sur une comète difforme de 5 km dans sa plus grande longueur avec une précision de 100 m, c'est comme lancer depuis la Terre une bille de 1 mm de diamètre sur un disque de 20 cm de diamètre placé sur la Lune et la faire atterrir au centre à 0,5 cm près. #GoodLuckRosetta

Cela mérite bien quelques pistes pédagogiques (lumière, onde, gravitation, math, énergie)....

Petit Glossaire :

Comète : Mot issu du grec *komêtês* (« chevelu »). Petit corps à trajectoire fortement elliptique qui orbite autour du Soleil. À l'approche du Soleil, la comète se réchauffe et expulse de la matière sous la forme d'une « queue » ou « chevelure » dans la direction opposée au Soleil.

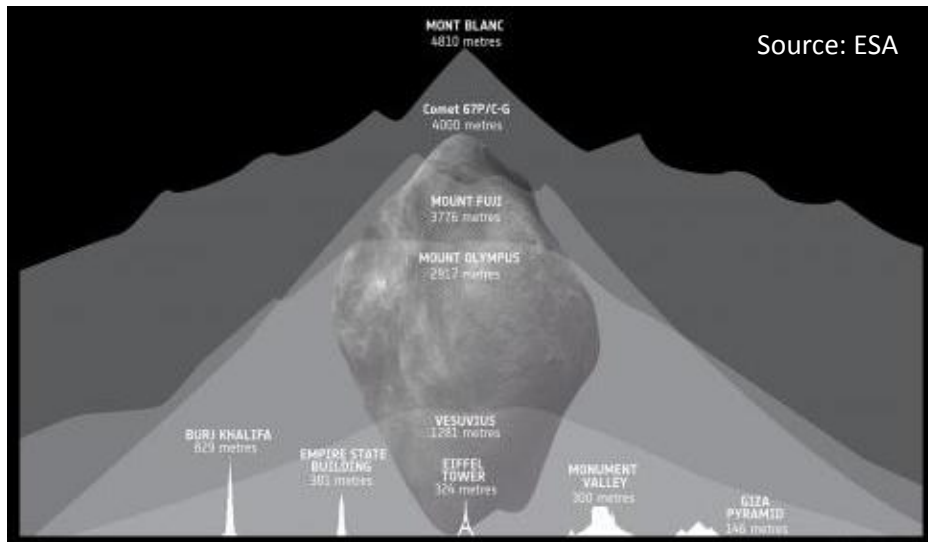
67P/Churyumov–Gerasimenko : Nom de la comète. « Tchuri » ou « Chury » pour les intimes. Elle est découverte par les astronomes Klim Churyumov et Svetlana Guerasimenko en septembre 1969.

Rosetta : Sonde de l'ESA (Agence Spatiale Européenne) lancée en mars 2004 par une fusée Ariane 5. Objectifs : observer deux astéroïdes de la ceinture d'astéroïdes (Šteins et Lutetia) puis se poser sur la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko.

Philae : Petit atterrisseur de 100 kg embarqué sur Rosetta qui s'en détachera le 12 novembre 2014 pour atterrir sur 67P/Churyumov-Gerasimenko.

u.a. : Unité Astronomique = distance Terre-Soleil – 150 millions de km ($1,5 \cdot 10^{11}$ m)

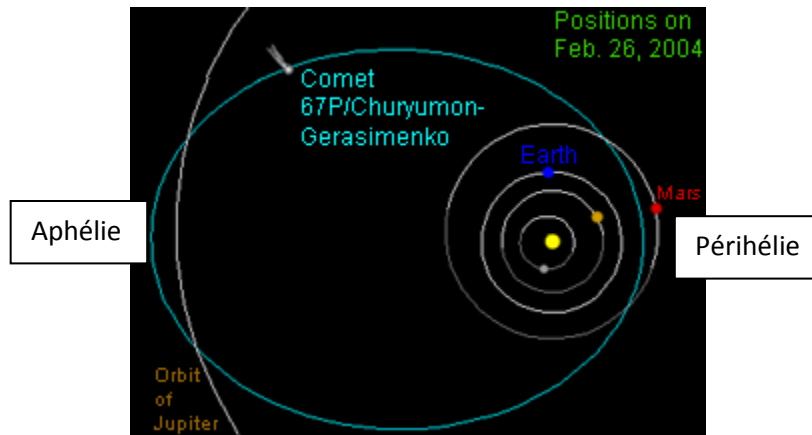
La comète 67P/Churyumov-Gerasimenko en image



Chury à l'échelle de NewYork - Une forme surprenante pas du tout sphérique.



Une trajectoire entre Jupiter et Mars



67P/Churyumov-Gerasimenko en chiffres

- 2 km - 5 km de longueur/largeur.
- 1.10^{13} kg (masse de la Terre : 6.10^{24} kg)
- 400 kg/m^3 (densité de 0,4) Chury flotterait sur l'eau !
- Période de 6,5 ans
- Vitesse au périhélie : 34 km/s
- Vitesse à l'aphélie : 7.5 km/s
- Vitesse à la rencontre avec Rosetta : 18 km/s
- Température -70°C
- 4 % Albedo. Très sombre, couleur charbon. Lune = 7 %

Ordres de grandeurs ... astronomiques

- 5.000.000.000 km : Distance totale parcourue par Rosetta avant la rencontre (5.10^9 km = 30 u.a. = 15 A/R Terre - Soleil)
- 750.000.000 km : Distance au Soleil de ce rendez-vous spatial = 5 u.a.
- 10 ans : Durée du voyage
- 1 Mds € : Prix de la mission
- Gravité sur Chury $\approx 10^{-4} \text{ m.s}^{-2}$ (Terre : 9.8 m.s^{-2} presque 100.000 fois plus)
- 7h : Durée de la chute libre de Philae larguée à 20 km d'altitude. Sur Terre, la durée d'une telle chute libre serait de 3 minutes (frottements négligés)
- 65.000 km/h (18 km/s) : Vitesse par rapport au Soleil de Chury et Rosetta au moment de leur rencontre (balle de fusil = 3000 km/h)
- Vitesse d'évasion $\approx 1 \text{ m.s}^{-1}$ (un simple saut pourrait suffire pour nous placer en orbite, ou même quitter la comète)

Chronologie

Des échelles de temps à l'échelle du projet:

- 1969 : Découverte de la comète par Klim Churyumov et Svetlana Guerasimenko
- 1993 : ESA décide la construction de Rosetta
- 2004 : Lancement de Rosetta par Ariane 5
- 2008 : Survol de l'astéroïde Steins
- 2010 : Survol de l'astéroïde Lutetia
- 2011 : Mise en sommeil de la sonde pour 31 mois
- Janvier 2014 : Réveil de la sonde Rosetta
- Mars 2014 : Réveil de l'atterrisseur Philae

- 12 Novembre 2014 : Atterrissage de Philae
- Août 2015 : passage au périhélie
- Décembre 2015 : fin de la mission

Pistes pédagogiques

Ci-dessous quelques approches thématiques de niveau secondaire, sans les détailler. La documentation est nombreuse pour ces thèmes. Cette liste n'est pas exhaustive.

Merci de répondre @eduMediaTweets pour faire des commentaires ou d'autres propositions.

Vitesse de la lumière :

- Comment recevoir ou envoyer de l'information à Rosetta depuis les centres de commande sur Terre ? Ondes radio seule possibilité. #eduMedia : <http://www.edumedia-sciences.com/fr/a189-spectre-electromagnetique>.
- Peut-on piloter Rosetta et Philae à distance pour contrôler l'atterrissage avec précision ? Non, Les signaux émis par Rosetta mettent 30 minutes pour nous parvenir. Aucune commande en direct n'est possible.

Masse, volume, densité :

- Comment connaître la masse d'une comète qui orbite autour du Soleil ? Ce n'est pas si simple en effet. La troisième loi de Kepler $\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$ relie la période T et le demi-grand axe a de l'ellipse de la comète à la masse M du Soleil. Il n'y a aucune information sur la masse m de la comète. Ce serait donc plus simple si 67P possédait un satellite. La trajectoire de son satellite (a_s, T_s) aurait révélé sa masse par application de la loi de Kepler $\frac{a_s^3}{T_s^2} = \frac{Gm}{4\pi^2}$, mais 67P n'a pas de satellite... mais si... il a maintenant Rosetta. Les instruments de Rosetta détectent un champ gravitationnel compris entre 10^{-4} et 10^{-3} m.s^{-2} . L'approche par segments triangulaires de Rosetta autour de 67P permet justement d'évaluer sa masse (par l'écart que fait Rosetta avec une trajectoire rectiligne).
- Le volume est facilement calculé par des prises de vue. On mesure une densité de 0,47 (tonne/m³). La densité de la Terre ou de la Lune est presque 10 fois plus. Celle de l'eau deux fois plus. 67P flotte sur l'eau! Flotter ou couler dépend de la densité par rapport à un fluide. #eduMedia Flotte ou Coule : <http://www.edumedia-sciences.com/fr/a459-flotte-ou-coule>

Gravitation :

Attention de ne pas confondre poids et masse ! #eduMedia <http://www.edumedia-sciences.com/fr/v41-poids-et-masse>

- Si le champ de pesanteur sur la comète est 100.000 fois plus faible que sur Terre, qu'est ce que cela change ? Très complexe de rester en orbite autour de la comète. Un tout petit excès de vitesse et vous échappez (définitivement) à son attraction. Il est aussi très compliqué d'atterrir. Sol trop mou et Philae s'enfonce, surface trop dure et Philae rebondit.
- Calculer la vitesse d'évasion sur 67P/Churyumov–Gerasimenko. En approximant sa forme par une sphère de rayon 2 km, sa masse de 10^{13} kg, on applique (ou démontre) la formule :

$$V_l = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = 0,7 \text{ m.s}^{-1}$$

Cette vitesse est proche de 1 m.s^{-1} (elle est de 11 km.s^{-1} sur Terre). S'il faut toute la puissance d'une fusée pour s'arracher à l'attraction terrestre, une bonne flexion/extension des genoux pourrait éjecter un astronaute !

- Si on suppose la constante de gravitation $g = 10^{-4} \text{ m.s}^{-2}$ constante sur 20 km autour de 67P (ce qui est très faux) combien de temps dure la chute libre de Philae quand il est largué par Rosetta de cette altitude sans vitesse initiale ? Application du PFD pour aboutir à $z = \frac{1}{2}gt^2$, on trouve 5h30. Le calcul réel en tenant compte des variations de g est facile dans une approximation sphérique avec un calcul intégral assez simple. La durée corrigée est alors de 7h.

Astronomie :

- Qu'est-ce qu'une comète ? De nombreux documents sur le sujet mènent aux origines du système solaire.
- Pourquoi s'intéresser à une comète et s'engager dans un projet aussi complexe ? Ce sont des corps primitifs témoins de la genèse du système solaire. Ils sont restés figés depuis leur formation il y a 4.5 Mds d'années.
- Avec une inclinaison de 7° , la comète Chury est quasiment dans le plan de l'écliptique. Est-ce un hasard ? C'est un indice qui laisse penser que cette comète provient de la ceinture de Kuiper (corps proches de l'écliptique), et non pas du nuage d'Oort (répartition plus sphérique). (<http://moulindeetoiles.wordpress.com/le-systeme-solaire/>).

- Quelle est la trajectoire d'une comète ? Une ellipse ou une parabole. #eduMedia <http://www.edumedia-sciences.com/fr/a243-lois-de-kepler>
- Une comète sans chevelure ? La chevelure de la comète n'apparaît que lorsqu'elle se réchauffe à l'approche du Soleil. C'est un des défis de la mission Rosetta de déposer Philae avant le réveil de la comète. La chevelure est constituée de la matière volatile expulsée par action du vent solaire, pression de radiation.
- Pourquoi une comète ou un astéroïde ont une forme bizarre alors que les étoiles, les planètes et les lunes sont plutôt sphériques ? Passé une masse critique, la force de pesanteur empêche la formation de montagnes trop hautes qui s'effondrent sous leur propre poids. En limitant les reliefs, la gravité aplatit les surfaces.

Techniques spatiales :

- Comment lance-t-on une sonde spatiale ? Échapper à l'attraction terrestre prend une fusée : #eduMedia : Lanceur Ariane : <http://www.edumedia-sciences.com/fr/a61-ariane5>
- Comment vole la sonde jusqu'à son objectif ? Elle a ses propres moteurs mais pour des missions longues, elle doit obligatoirement utiliser le principe de l'assistance gravitationnelle (effet de fronde) en passant proche des planètes massives. http://fr.wikipedia.org/wiki/Assistance_gravitationnelle (Rosetta a utilisé ce principe à quatre reprises). Cette vidéo résume la trajectoire complète des 10 ans et identifie bien les 4 effets de fronde : 3 de la Terre et un de Mars: <https://www.youtube.com/watch?v=iEQuE5N3rwQ#t=69>
- Comment se propulser dans le vide ? Principe d'action réaction. #eduMedia <http://www.edumedia-sciences.com/fr/a463-principe-d-action-reaction> avec ce problème que pour éjecter de la masse, il faut au préalable l'avoir emporté. Or la masse est limitée à bord !
- Équipements ? Plus d'une vingtaine d'appareils de mesure, dont caméras multi-longueur d'onde, spectromètre de masse, sismographe.
- Quelle source d'énergie électrique pour les équipements ? Aucun ravitaillement possible. La sonde doit être autonome = panneaux photovoltaïques de grande taille. L'énergie lumineuse reçue décroît avec le carré de la distance. À 750.10^6 km du Soleil, l'énergie lumineuse reçue par un panneau photovoltaïque de Philae est donc 25 fois plus faible que le même panneau sur Terre (150.10^6 km du Soleil).

Les questions ci-dessous encadrent assez bien une démarche d'investigation de l'élève.

Mission : « Se poser sur une comète » :

- Qu'est ce qu'une comète ?
- Pourquoi aller là bas ?
- Quoi emporter ? Pour analyser quoi ?
- Partir de la Terre avec moins de 3 tonnes et être totalement autonome.
- S'arracher à l'attraction terrestre.
- Ajuster sa trajectoire dans l'espace.
- Économiser l'énergie.
- Comment communiquer avec la sonde ?
- Quand se poser sur la comète ?
- Où se poser quand on ne découvre qu'une fois rendu la forme incroyable ?
- Pourrait-on vivre sur une comète ?

Des noms évocateurs : Rosetta, Philae, Agilkia ?

Tous ces noms font références à l'Égypte antique. Champollion est celui qui a redécouvert l'écriture hiéroglyphique égyptienne. Il étudie pour cela une fameuse pierre découverte dans la ville de Rosette (embouchure du Nil sur la Méditerranée) mais aussi d'autres inscriptions dont celles de l'obélisque de Philae (île sur le Nil).

Déchiffrer les secrets d'une comète nous replonge dans notre très lointaine histoire, à l'image de la pierre de Rosette qui a permis de redécouvrir une civilisation oubliée de l'antiquité.

La pierre de Rosette est un symbole minéral (la pierre comme la roche de la comète) mais aussi linguistique. Les sondes Philae et Rosetta ne reviendront pas sur Terre. Elles finiront là où la comète voudra bien terminer sa course. Une plaque de nickel avec des textes en 1000 langues « microgravées » a été embarquée sur Rosetta. L'objectif est de re-créeer une nouvelle pierre de Rosette que nos lointains descendants sauront déchiffrer.

Agilkia pour sa part est le nom donné au site d'atterrissage de Philae sur la comète. Agilkia est tout comme Philae une île Égyptienne. Avec la construction du Barrage d'Assouan, sur le Nil, dans les années 1970, l'île de Philae allait être submergée par les eaux du barrage de retenue. Les monuments de Philae ont été transférés sur l'île voisine d'Agilkia. Philae a donc atterri littéralement sur Agilkia.

Bibliographie

Site du CNES : <http://www.rosetta-cnes.fr/rosetta/index.html>

Données en temps réel : <http://www.livecometdata.com/comets/67p-churyumov-gerasimenko/>

Localisation 3D temps réels : http://sci.esa.int/where_is_rosetta/

Article intéressant de Serge Brunier (Sciences et Vie) : <http://www.science-et-vie.com/2014/08/rosetta-philae-missions-en-terra-incognita/>

Présentation « ultra » complète de Pierre Thomas (ENS de Lyon) <http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/objets/Images/Rosetta-Chury/Rosetta-Chury.pdf>