

Prise en main Opale Advanced 3.3

Parcours Complet - Trame de cours

Titre du module

Histoire et Nature des Comètes

Métadonnées

Mots clés

Comètes – Astrophysique

Paramétrage des supports de publication

Auteur

UTC - UI ICS

Date de publication du support

02 Décembre 2011

Version

3

Logo page d'accueil / page de garde



Objectifs du module

A la fin de ce module vous devez avoir acquis une connaissance générale des comètes : vous pourrez notamment expliquer la distinction entre les comètes et les autres corps lumineux (météores, étoiles filantes etc.), maîtriser le vocabulaire relatif aux comètes (coma, queue, périhélie), replacer les grandes comètes dans l'histoire générale de l'astronomie de Tycho Brahé à Newton, être capable de rendre compte synthétiquement du phénomène astrophysique des comètes (origine, évolution et extinction).

Introduction

Ce module aborde la compréhension des comètes sous un angle historique et problématique : si les comètes sont des astres, et non de simples phénomènes atmosphériques comme on l'a longtemps supposé, comment comprendre leur mouvement atypique et leur extinction ?

Chapitre I

L'énigme des comètes

Grain de contenu 1

1.1 Les comètes avant Halley

Partie

1.1.1 - Apparitions

Le mot comète signifie «astre chevelu». Le mouvement des comètes, comme celui des planètes, se réfère à leur position par rapport au « fond céleste » que constituent les constellations d'étoiles, dont la forme et la disposition relative semble immuable. Sur ce fond les comètes se déplacent bien plus vite que les planètes. Le phénomène est très spectaculaire car certaines comètes sont très grandes et très lumineuses.

Remarque

On a gardé trace d'environ 1500 apparitions de comètes. De nos jours les comètes reçoivent les noms de ceux qui les premiers ont signalé leur apparition.

Partie

1.1.2 - Comètes et astéroïdes

Comètes, astéroïdes, météorites, météores et étoiles filantes diffèrent les uns des autres.

Les astéroïdes sont de petits corps rocheux de forme quelconque et de dimensions kilométriques ou un peu plus. Comme les planètes, ils orbitent autour du soleil.

Les météorites leur ressemblent. Ce sont des rochers d'une taille de quelques dizaines de mètres. Les météores, plus petits, sont des pierres plus ou moins grosses.

Une étoile filante est la trace lumineuse provoquée par un météore qui pénètre dans l'atmosphère terrestre.

Partie

1.1.3 - Phénomène astronomique ou atmosphérique?

Les anciens se représentaient le système solaire comme un ensemble de planètes, chacune en mouvement circulaire autour de la terre. Ils imaginaient au delà des planètes une vaste sphère sur laquelle les étoiles occupaient une position fixe. Les comètes ne trouvaient aucune place dans cette représentation, n'étant ni fixes par rapport aux étoiles ni en mouvement circulaire autour de la terre. C'est pourquoi, d'Aristote à Tycho Brahé, les comètes furent considérées comme un **phénomène atmosphérique** comparable aux étoiles filantes, bien que leur déplacement sur la voûte céleste soit beaucoup plus lent.

Fondamental

Mais en 1577, Tycho Brahé détermine, par une méthode de triangulation, la distance de la "grande comète" apparue cette année là. Il trouve qu'elle est bien plus éloignée de nous que la lune ! Cette observation ruina totalement l'hypothèse atmosphérique, plaçant définitivement les comètes parmi les astres du système solaire. Mais comment dès lors expliquer leur mouvement ? Et pourquoi s'allument elles pour ensuite s'éteindre ?

1.2 Kepler, Newton, Halley et la comète de 1682

Titre court

Les comètes

Rappel

L'image que les anciens se faisaient du système solaire a subi par la suite quelques modifications. Copernic a proposé un modèle héliocentrique dans lequel toutes les planètes, y compris la terre, tournent à vitesse constante sur des orbites circulaires *autour du soleil*. Mais ceci ne permettait pas de rendre compte du mouvement de la planète Mars, observé avec précision par Tycho Brahé. Kepler a surmonté cette difficulté en énonçant en 1609 ses trois célèbres lois, dans lesquelles il substitue au géocentrisme, l'héliocentrisme de Copernic, et à l'ancien concept de mouvement circulaire, celui de mouvement elliptique.

Voici l'énoncé des lois de Kepler :

- Les planètes décrivent des ellipses dont le soleil occupe un foyer.
- Le rayon qui joint le soleil à la planète balaie des aires égales en des temps égaux.
- Le carré du temps mis par une planète à parcourir son orbite est proportionnel au cube du grand axe de cette orbite.

Kepler ne proposait aucune justification de ses lois, qu'il ne concevait que comme une description du mouvement des planètes. C'est à Newton qu'il revint d'en comprendre l'origine. L'idée lui vint, sous un pommier dit on, qu'une pomme qui tombe le fait parce qu'elle est attirée vers la terre par une force, « d'attraction gravitationnelle ».

En généralisant grandement cette idée, Newton formula, en 1687, sa théorie de la gravitation universelle qui s'énonce ainsi :

1. Tout corps exerce sur tout autre une force d'attraction gravitationnelle.
2. Cette force varie comme l'inverse du carré de la distance entre les corps.
3. Tout corps subit une accélération proportionnelle à la force à laquelle il est soumis et inversement proportionnelle à sa masse.

1.3 - De la nature physique des comètes

Les comètes étant reconnues comme des astres du système solaire à part entière, il a fallu s'interroger sur les raisons de leur morphologie si particulière.

Titre image : La comète Hale Bopp



Texte alternatif (pour accessibilité) pour l'image « La comète Hale Bopp » :

Illustration photographique montrant la comète Hale Bopp en phase de dégazage sur laquelle on repère très nettement la queue de comète.

Le noyau de quelques comètes a été observé directement lors de survols rapprochés par des sondes spatiales. La figure ci dessus montre une photographie du noyau de la comète de Halley, dont les dimensions sont à peu près de 16 x 8 x 8 Km.

Texte illustré - titre image : La comète de Halley

Texte illustré - légende :

Cette photo, qui est un composite, montre le noyau de la comète de Halley photographié par la mission spatiale Giotto de l'ESA le 14 Mars 1986, lorsque la sonde était à une distance de 600 Km environ de la comète. Le noyau est l'objet sombre. Les traces claires sont des jets de gaz qui s'échappent du côté du noyau éclairé par le soleil.



Complément

Vous pouvez également :

- Visiter le site de la NASA : http://www.nasa.gov/worldbook/comet_worldbook.html
- Télécharger le cours complet d'initiation à l'astrophysique : [< lien vers le fichier pdf >](#)

Chapitre II

L'origine des comètes

Grain de contenu 1

2.1 - Les comètes : des astres d'origine parfois lointaine

Les propriétés orbitales de quelques comètes sont montrées dans le tableau suivant. Le périhélie est le point où la comète approche le soleil au plus près. Sa distance au soleil est indiquée en unité astronomique.

Titre tableau XML : Propriétés orbitales des comètes

| Nom de la comète | Période en années | Excentricité | Périhélie (en UA) |
|------------------|-------------------|--------------|-------------------|
| Halley | 76 | 0.967 | 0.586 |
| Encke | 3,3 | 0.848 | 0.34 |
| Ikeya Seki | 880 | 0.9991 | 0.0078 |
| Hale Bopp | 4200 | 0.9951 | 0.9141 |

Plus la période d'une comète est longue, plus elle vient de loin. En effet, la troisième loi de Kepler permet de calculer le grand axe de son orbite connaissant sa période.

Exemple

Dans le cas de la comète de Halley, on trouve que son aphélie (sa position la plus éloignée du soleil) se situe à une distance du soleil de 35.3 UA. Pour comparaison, la planète Pluton, la plus lointaine du système solaire, orbite à environ 40 UA du soleil. L'aphélie de la comète Hale Bopp se situait, avant son passage dans le système solaire interne en 1997, à environ 540 UA du soleil.

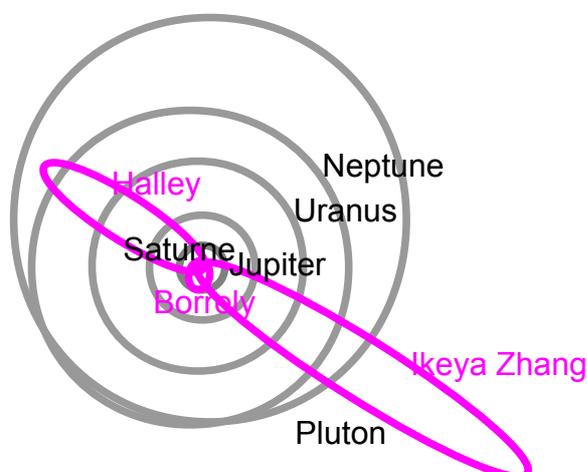
Insérer ici le tableau Open Office : rencontres_halley.ods

Grain de contenu 2

2.2 - L'évolution orbitale des comètes

Le graphique suivant montre en projection sur le plan de l'écliptique les orbites de quelques comètes connues.

Titre schéma : Évolution orbitale des comètes



2.3 - L'exploration spatiale des comètes

Il a été fait à plusieurs reprises allusion au fait que les astronomes de notre époque ont entrepris l'exploration spatiale des comètes. Ci dessous, sont résumées, sans exhaustivité, quelques missions importantes de ce programme d'exploration.

- ICE - Lancée le 12 août 1978. Mission de la NASA.
 - Traversée de la queue de la comète Giacobini-Zinner.
 - Traversée de la queue de la comète de Halley.
- GIOTTO - Lancée le 2 Juillet 1985. Mission de l'ESA.
 - Survol de la comète de Halley à 600 Km de distance le 14 Mars 1986.
 - Survol de la comète Grigg-Skjellerup à 200 Km de distance le 10 Juillet 1992.
- GALILEO - Lancée le 18 Octobre 1989 par l'ESA. Mission vers Jupiter.
 - A fourni des images de la collision de Juillet 1997 entre les fragments de la comète Shoemaker-Levy 9 (SL9) et Jupiter.
 - Ces fragments sont issus de la destruction de SL9 par les forces de marée de Jupiter.
- ROSETTA - Lancée le 2 Mars 2004. Mission de l'ESA.
 - Survol à 800 Km de l'astéroïde Steins le 5 Septembre 2008.
 - Rendez vous avec la comète Churyumov- Gerasimenko en août 2014.
 - Mise en orbite autour de la comète pour 18 mois.
 - Dépôt sur le sol de celle-ci en Novembre 2014 d'un atterrisseur muni de moyens de diagnostic de la surface de la comète.
- DEEP IMPACT - Lancée le 12 Janvier 2005. Mission de la NASA.
 - A largué le 4 Juillet 2005 un impacteur de 372 kg qui a percuté la comète Tempel 1.
 - L'analyse des éjecta par les instruments placés à 500 Km sur le vaisseau spatial confirme le caractère hétérogène de la composition du noyau.

2.4 - L'équation de l'orbite dans son plan

Vous lisez ci-dessous l'équation de l'orbite dans son plan.

En notant r la distance de la comète au soleil, r_0 la distance de son périhélie au soleil, θ l'angle périhélie soleil comète et e l'excentricité de l'orbite, on a :

$$r = r_0 \frac{1+e}{1+e \cos \theta}$$

Note : la formule ci-dessus est en LaTeX et l'effet à obtenir est celui-ci : $r = r_0 \frac{1+e}{1+e \cos \theta}$

Chapitre III

Pour aller plus loin

Grain de contenu 1

3.1 – Un peu de théorie

La poussée qu'exerce la lumière solaire sur les poussières les fait migrer dans la direction opposée au soleil, ce qui fait que cette queue s'écarte de l'orbite de la comète dans la direction antisolaire. De leur côté, les ions moléculaires sont brutalement entraînés dès leur formation à des vitesses de plusieurs centaines de Km par seconde par le *vent solaire**. Cette vitesse est bien plus grande que la vitesse qu'acquièrent les poussières sous l'effet de la lumière du soleil. C'est pourquoi les ions forment derrière la coma une seconde queue, de couleur bleutée, qui se dispose exactement selon la direction opposée au soleil. Des images de ce phénomène sont disponibles sur le site de la [NASA](#)*.

Glossaire

*Le vent solaire est un rayonnement corpusculaire d'ions et d'électrons que le soleil émet en permanence et qui entraîne avec lui un champ magnétique qui capte au passage toute particule chargée qu'il rencontre.

Abréviation

*NASA : *National Aeronautics and Space Administration*

Consigne pour le Web

Cliquer sur les curseurs de l'animation interactive pour visualiser la trajectoire d'une comète dans le temps, en fonction de la taille de son orbite et de son excentricité.

Insérer ici l'animation : [custom_comet.swf](#)

Alternative statique (publication papier)

The image shows a screenshot of an interactive simulation titled "Comet: your custom comet". The interface is divided into two main sections: a control panel on the left and a visualization area on the right.

Control Panel (Left):

- Navigation:** Three buttons labeled "Backward", "Stop", and "Forward" with corresponding arrow icons.
- Speed Control:** A slider labeled "Slower" on the left and "Faster" on the right, with a central knob.
- Date:** A text field showing "Date: 1 July 2011".
- Orbit Size:** A slider labeled "Orbit Size = 11.63 AU".
- Eccentricity:** A slider labeled "Eccentricity = 0.1".
- Labels:** A checkbox labeled "Show labels of comet and planets" which is checked.
- Zoom:** A slider labeled "Zoom in" on the left and "Zoom out" on the right, with a central knob.

Visualization Area (Right):

- Orbits:** A diagram of the solar system showing the Sun at the center and the orbits of Mercury, Venus, Earth, Jupiter, and Saturn. The comet is shown on an elliptical orbit that passes between Saturn and Jupiter.
- Labels:** The planets and the comet are labeled with their names: "Mercury", "Venus", "Earth", "Jupiter", "Saturn", and "comet".

On the far right of the control panel, there are four vertical labels: "Orbits", "Closeup", "Pick Comet", and "Credits", each with a corresponding icon.

3.2 - Le programme Giotto

Dans la nuit du 13 Mars 1986, la sonde Giotto est passée à 600 km du noyau de la comète de Halley. Lancé huit mois plus tôt le 2 Juillet 1985, Giotto fut le premier vaisseau spatial à visiter le noyau d'une comète. Giotto faisait partie d'une petite armada de vaisseaux spatiaux envoyés en direction de Halley - deux soviétiques, deux Japonais et un de la NASA.

Au total 2112 images du noyau de la comète de Halley ont été enregistrées. Elles ont révélé un noyau allongé qui était plus grand que prévu (15 km de long, de 70 à 10 km de large). Une des surprises de la mission principale de Giotto cependant, a été la découverte que les comètes ne sont pas des boules de neige sale, mais sont surtout composées de poussière embarquées dans de la glace.

Titre Information : Le noyau cométaire (extrait - vidéo embarquée)

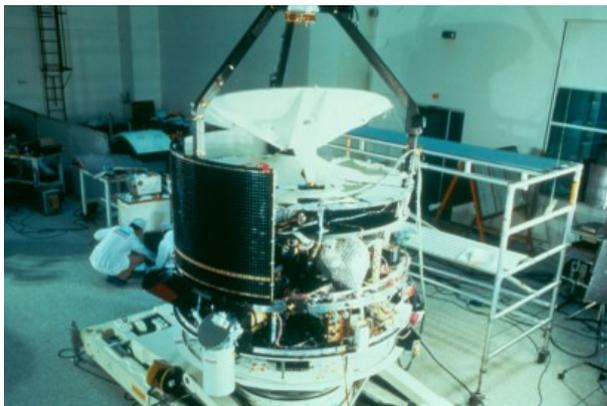
Insérer ici un extrait de la vidéo du CERIMES : [noyau_cometaire.flv](#)

Titre Information : Le noyau cométaire (vidéo en streaming)

Insérer ici la vidéo complète du CERIMES disponible sur le site de Canal U à l'adresse suivante : http://www.canal-u.tv/producteurs/cerimes/dossier_programmes/ciel_et_terre/cometes

Titre Information : Le programme Giotto en images

Titre de la galerie : Quelques images de la sonde GIOTTO et des clichés de Halley





Copyright et description complète (de gauche à droite et de haut en bas)

1 - © ESA | Giotto spacecraft half enclosed by the solar cell array //// 2 - © Lowell Observatory and the National Optical Astronomy Observatories | Comet Halley on 19 May 1910 photographed at the Lowell Observatory. //// 3 - © ESA | The Giotto spacecraft approaching Halley's Comet. //// 4 - © ESA | Main Control Room at the European Space Operations Centre (ESOC) in Darmstadt, W. Germany //// 5 - © Courtesy JPL | Artist's concept of a cometary nucleus. //// 6 - © Courtesy of D. A. Klinglesmith and J. Rahe | Reproduction of one of the original plates of Comet Halley taken on 25 May 1910 at Helwan, Egypt

Question de synthèse

Récapituler le phénomène cométaire.

Références générales

Bibliographie et Webographie

- J. Crovisier et T. Encrenaz, « Les Comètes », 1995, CNRS Éditions, Belin.
- A. Brahic, « Les Comètes », 1993, Presses Universitaires de France.
- D. Bockelée-Morvan et J. Crovisier, « Les molécules des Comètes », 1994, dans La Recherche, volume 271, pages 1272-1278.

Ainsi que les sites Web suivants :

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Comet>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Comet_nucleus
- http://www.seds.org/~spider/spider/Comets/c_missions.html
- http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/comets/comet_model_interactive.html