

FORMATION DES PERSONNES-RESSOURCES EN SCIENCE ET TECHNOLOGIE

LES COMÈTES

André Grandchamps

Marc Jobin

Astronomes

Planétarium de Montréal



Comète de Hale-Bopp - Source : Nasa

DOCUMENT DE TRAVAIL

©2005 - Planétarium de Montréal. Tous droits réservés.

Les comètes

Depuis l'Antiquité, les comètes ont provoqué une multitude de sentiments chez ceux et celles qui les ont observées. Mais jusqu'au Moyen-Âge, elles ont été habituellement mal perçues. Leur arrivée imprévisible ainsi que leurs formes qui rappelaient à certains des épées ou des poignards suspendus dans le firmament, faisaient qu'elles étaient généralement accueillies comme présages de grands malheurs. En effet, épidémies, famines et guerres sont autant de calamités qui ont, parfois, coïncidé avec le passage de comètes brillantes au cours des siècles. Pas étonnant qu'on leur ait fait si mauvaise réputation...

Et la « science » de l'époque n'aidait guère à se faire une idée plus raisonnable des comètes. On se contentait d'affirmer qu'il s'agissait « d'exhalaisons atmosphériques » ou de langues de feu qui circulaient dans l'air. Bref, les comètes relevaient du domaine de la magie et de la superstition, cantonnées dans les recoins les plus sombres de l'esprit humain. Il aura fallu attendre la Renaissance et le retour d'une véritable curiosité scientifique pour que la lumière commence à se faire sur ce phénomène...

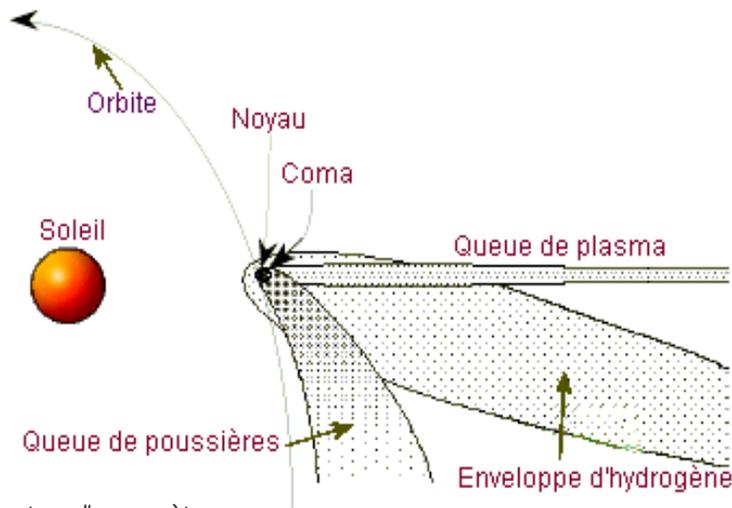
C'est **Tycho Brahé** (1546-1601), astronome danois, qui a donné le coup d'envoi à l'ère moderne de l'étude des comètes. Grâce à ses observations, il a pu montrer que la Grande Comète de 1577 se déplaçait à une distance plus grande que la Lune. Un premier mythe venait de tomber : les comètes ne sont pas des phénomènes atmosphériques, mais se produisent bien au-delà de la Terre.

Jusqu'au 20^e siècle, nos connaissances sur les « astres chevelus » (komêtês, en grec ancien) se limitaient aux données recueillies au cours d'observations minutieuses, tant à l'œil nu qu'au télescope. Celles-ci montrent souvent un **noyau** central minuscule, noyé dans un immense halo lumineux, la tête ou coma, et prolongé d'une ou deux **queues** luminescentes longues de plusieurs millions ou centaines de millions de kilomètres. Ces queues se font plus importantes au fur et à mesure que la comète s'approche du Soleil, et diminuent lorsqu'elles s'en éloignent. On note que les queues pointent généralement à l'opposé du Soleil et précèdent même la comète lorsqu'elle s'en éloigne.

La glace cosmique

Le noyau

Toutes ces constatations ont aidé les astronomes d'aujourd'hui à établir de manière assez précise la structure et le mécanisme des comètes. On sait maintenant que le noyau est composé de glace, d'eau et d'autres gaz surgelés, mêlés de roches et de poussière. Le tout forme une sorte



Structure d'une comète
Source: Cosmovisions.com/structurecomete.gif

de « boule de neige sale », plus sombre que du charbon. Le noyau est habituellement de la grosseur d'une montagne, soit d'une dizaine de kilomètres de diamètre.

Des photos récentes, retransmises par des sondes spatiales, montrent que le noyau des comètes serait criblé de cratères. Comme ce noyau est friable, nous croyons que les cratères se sont formés à la suite d'un affaissement de la surface.

La tête ou coma

Lorsqu'elles s'approchent du Soleil, les comètes deviennent actives. La chaleur de notre étoile provoque la sublimation des glaces contenues dans le noyau, c'est-à-dire qu'elles passent directement de l'état solide à l'état gazeux, formant ainsi la tête de la comète. Habituellement, la tête fait quelques centaines de milliers de kilomètres de diamètre. Elle peut atteindre, dans des cas exceptionnels, jusqu'à deux millions de kilomètres de diamètre. Ce nuage de gaz et de poussière voile le noyau de la comète qui n'a jamais pu être observé directement avec des télescopes à partir de la Terre. Seules des sondes spatiales ont pu réaliser cet exploit.

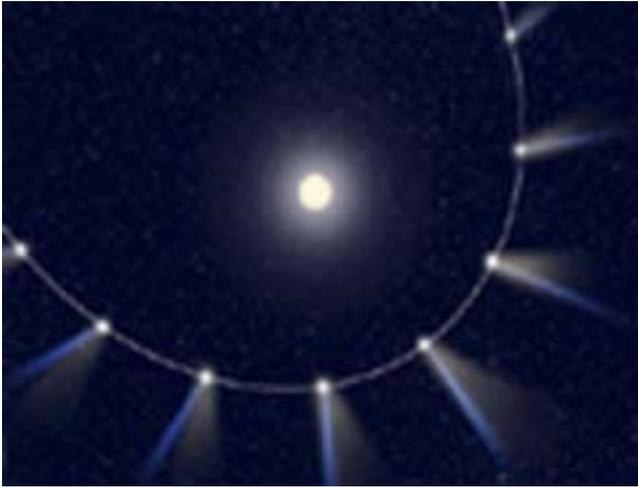
Les queues

Les gaz de la tête de la comète, ionisés par le rayonnement solaire, deviennent fluorescents, ils sont repoussés par le vent solaire (flux de particules chargées qui s'échappe en permanence du Soleil) et forment une queue de gaz rectiligne et bleutée. Les molécules de gaz sont expulsées à grande vitesse et ne sont pas affectées par le mouvement de la comète.

Cependant, les fines particules de poussière sont émises à de plus faibles vitesses. En s'éloignant



Les queues - source : hugoclave.free.fr/comete.jpg



L'orientation des queues
Source : www.atlasphoto.com

du noyau, elles suivent des orbites variées créant une queue large et courbée. La queue de poussière réfléchit la lumière du Soleil, ce qui lui donne une teinte légèrement jaunâtre.

Souvent, la queue de gaz est trop diffuse pour être observable. La comète ne montre alors que la queue de poussière.

Un magnifique exemple de la présence de ces deux queues est celui de la comète Hale-Bopp qui a traversé le ciel en 1997.

Les queues étant formées par le vent solaire ou la chaleur du Soleil, elles sont toujours orientées en direction opposée au Soleil. Elles n'indiquent donc pas le sens du mouvement de la comète. Elles se trouvent derrière la comète lorsque celle-ci s'approche du Soleil et précèdent le noyau lorsqu'elle s'en éloigne. De plus, les queues s'allongent lorsque le noyau s'approche du Soleil et raccourcissent lorsqu'il s'en éloigne.

L'origine des comètes

Les comètes sont des restes glacés de la formation du Soleil et des planètes, survenue il y a environ cinq milliards d'années. Elles sont concentrées dans deux régions. Il y a d'abord la ceinture de Kuiper, située entre quatre milliards et demi et huit milliards de kilomètres du Soleil, soit au-delà de l'orbite de Neptune. Elle contient de la matière qui aurait été expulsée par l'influence gravitationnelle de la planète Neptune. Cette matière se trouvait à l'origine dans les régions internes du système solaire, mais aurait été repoussée à cet endroit à la fin du processus de formation des planètes. On retrouve aussi à cet endroit de nombreux astéroïdes.

Beaucoup plus loin, à environ 50 000 unités astronomiques du Soleil (une unité astronomique représente la distance moyenne de la Terre au Soleil, soit environ 150 000 000 km), on trouve le nuage de Oort. Ce nuage contiendrait quelques milliards de noyaux cométaires. Dans son périple à l'intérieur de la Voie lactée, il arrive qu'une étoile s'approche du Soleil et déloge une comète. La trajectoire du noyau cométaire est alors modifiée et il plonge vers le centre du système solaire.

La mort des comètes

On estime qu'un noyau de comète perd, en moyenne, de un à trois mètres d'épaisseur de matériel à chacun de ses passages à proximité du Soleil. La couche de glace recouvrant les noyaux cométaires étant limitée, les comètes ont donc une durée de vie restreinte, conditionnée par le nombre de passages près du Soleil.

L'un des principaux scénarios de mort d'une comète est l'étouffement, c'est-à-dire l'épuisement de la glace entourant la comète. Dès lors, la comète n'est plus qu'un bloc de roche semblable à un astéroïde. Il y a probablement plusieurs astéroïdes qui sont en réalité d'anciennes comètes.

Il arrive même parfois qu'une comète frôle de trop près notre étoile et que son noyau se brise en plusieurs fragments. D'autres se sont dirigées tout droit sur le Soleil et se sont vaporisées.

Tous les corps du système solaire ayant une surface solide, c'est-à-dire les planètes et les lunes, sont criblés de cratères d'impacts. Ces cratères se sont formés lors de la chute d'une comète ou d'un astéroïde. Nous avons d'ailleurs pu observer une telle collision en 1994, alors qu'une comète est entrée en collision avec la planète Jupiter.



Collision de Shoemaker-Levy 9 avec Jupiter
Source : Nasa

En mars 1993, Caroline et Eugene Shoemaker ainsi que David Levy découvrirent une comète qui allait marquer les annales de l'astronomie : la comète Shoemaker-Levy 9. En 1992, cette comète est passée si près de la planète Jupiter qu'elle s'est brisée en 21 morceaux. Puis, entre le 16 et le 22 juillet 1994, les fragments sont entrés en collision avec Jupiter. Pour la première fois dans l'histoire, les astronomes ont pu assister à une collision cosmique en

direct. Mesurant en moyenne deux kilomètres de diamètre, chaque fragment a dégagé une énergie équivalente à tout notre arsenal nucléaire actuel. En plongeant dans l'atmosphère de Jupiter, les débris se sont transformés en énorme boule de feu dont la température a atteint 7 500 degrés Celsius, température plus élevée que la surface du Soleil. Chaque débris a engendré un nuage de poussière plus grand que le continent asiatique. Cette bande de nuages sombres fut visible pendant de nombreux mois après la collision.

La Terre a elle aussi subi des collisions au cours de son histoire. Entre autres, nous croyons qu'un tel événement aurait entraîné la disparition des dinosaures.

Il y a 65 millions d'années, un corps céleste, une comète ou un astéroïdes de 10 kilomètres de diamètre, a percuté la Terre dans la région du Yucatan, au Mexique. L'impact perfora la croûte terrestre et provoqua des éruptions volcaniques, de violents tremblements de terre et des raz de marée.

Des feux de forêt à l'échelle continentale remplirent l'atmosphère de poussière et de suie, bloquant ainsi la lumière du Soleil. Les températures chutèrent dramatiquement, provoquant un ralentissement important de la photosynthèse et un effondrement des chaînes alimentaires. La nourriture se faisant beaucoup plus rare, les plus grands animaux - les dinosaures étaient majoritairement herbivores - disparurent. Seuls les petits animaux, dont les mammifères, purent survivre à cet hiver planétaire qui dura plusieurs années.

Des visiteurs capricieux

La plupart des comètes qui nous visitent sont non périodiques : elles s'approchent du Soleil puis repartent vers les confins du système solaire pour ne jamais revenir. Par contre, d'autres comètes dont la trajectoire peut être déviée par une planète peuvent être en quelque sorte capturées : elles deviennent alors des comètes périodiques, appelées ainsi parce qu'elles repassent régulièrement près du Soleil. On n'en connaît que quelques centaines, dont la plus réputée est la fameuse comète de Halley.

Les orbites des comètes sont en général fortement allongées; ces orbites elliptiques ont une forte excentricité. Le temps écoulé entre deux passages successifs à proximité du Soleil s'appelle la période. Plus l'orbite est elliptique et allongée, plus la période de la comète est longue.

En général, les comètes de courtes périodes de révolution (une centaine d'années ou moins) proviennent de la ceinture de Kuiper, alors que les comètes de longue période originent du nuage de Oort.

Des comètes célèbres

De nombreuses comètes ont marqué l'histoire. Voici quelques comètes récentes qui ont retenu l'attention.

La plus célèbre est bien sûr la comète de Halley, dont le nom officiel est 1P Halley (voir la section sur la nomenclature des comètes). C'est la première comète dont on a prédit le retour. L'astronome

Edmond Halley, ami intime de Isaac Newton, remarqua que la trajectoire de la comète passée en 1682 était semblable à celle des comètes de 1531 et de 1607. En appliquant la théorie de Newton sur la gravitation, Halley déduisit qu'il s'agissait en fait de la même comète et prédit même son retour en 1757 ou 1758 (il ne pouvait prévoir l'influence des planètes géantes gazeuses sur la trajectoire de la comète). En plus de découvrir la périodicité de certaines comètes, Halley prouva la véracité des lois de Newton et démontra la grande portée de celles-ci. C'est en son l'honneur que l'on a nommé cette comète Halley.

On a répertorié 30 passages de la comète Halley dans les annales de l'histoire. Les chinois sont les premiers à avoir noté son passage, en 240 avant notre ère, et chacun a été, depuis, enregistré par les civilisations. Certains sont passés presque inaperçus alors que d'autres ont créé de



Comète Hale-Bopp - source : www.public.asu.edu/

véritables commotions. Citons, entre autres, le passage de 1910, précédé par la découverte des astronomes, quelques mois auparavant de cyanure en très faible quantité dans les queues de comètes. Or cette année-là, la comète Halley est passée suffisamment près de la Terre pour que notre planète traverse les régions externes des deux queues de la comète. Cela engendra une grande panique dans certains milieux populaires. On en a profité pour vendre un tas de gadgets, entre autres des pilules anti-comète. On rapporta même quelques suicides liés au passage tant craint. Les gens ne

comprenaient pas que la quantité totale de cyanure présent dans les queues de comète était trop faible pour avoir un influence quelconque sur les humains.

Le passage de la comète West est aussi à signaler. Selon les prévisions, cette comète devait s'approcher à 30 millions de kilomètres du Soleil et être facilement visible à l'œil nu en février 1975. En s'approchant du Soleil, la comète s'est brisée en quatre morceaux, augmentant la surface exposée et devenant ainsi beaucoup plus brillante. Le 21 février, elle était 100 fois plus brillante que prévu. Elle fut même visible en plein jour, exploit que peu de comètes ont réalisé. Elle montra

deux queues bien distinctes qui formaient un angle de 30° dans le ciel. Pour la petite histoire, notez que l'un des fragments s'est détaché du groupe et a plongé vers le Soleil.

Plus récemment, soit en 1996 et 1997, deux comètes ont retenu notre attention : Hyakutake (C/1996B2) et Hale-Bopp (C/1995O1). Ces deux comètes étaient assez brillantes pour être visibles à l'œil nu, même à partir des grandes villes. On pouvait même les observer à partir du centre-ville de Montréal!

Hyakutake était en soi une comète peu spectaculaire. Cependant, elle est passée assez près de la Terre, soit à un peu plus de 15 millions de kilomètres, le 25 mars 1996. Elle fut donc visible à l'œil nu de la fin février à la fin juin 1996. On a même vu, à la fin mars, un morceau se détacher du noyau pour former une petite comète « secondaire » qui s'est éloignée pendant quelques jours avant de disparaître. Dans les meilleures conditions, la queue de Hyakutake s'est étirée à travers le ciel sur 80° de longueur.

Mais la plus spectaculaire des comètes récentes fut Hale-Bopp. En fait, il s'agit probablement d'une des plus brillantes comètes jamais observée. Et encore, dans de meilleures conditions la comète aurait été encore plus spectaculaire. Elle fut d'abord découverte plus de deux ans avant son passage au plus près du Soleil, ce qui est exceptionnel. Elle est passée au plus près de la Terre le 22 mars 1997, à une distance tout de même respectable de 197 millions de kilomètres. Elle était facilement visible à l'œil nu. Le 1^{er} avril, elle s'est approchée à 136 millions de kilomètres du Soleil. On estime qu'elle perdait alors 400 tonnes métriques de matière par seconde, dont 90 tonnes d'eau, soit 100 000 litres /sec! C'est 200 fois plus que la comète Halley lors de son passage de 1986. Pour générer une telle activité, le noyau de la comète devait faire un diamètre d'au moins 30 kilomètres, ce qui est beaucoup plus grand que la moyenne. La queue de poussière a atteint une longueur de 100 millions de kilomètres. On estime que si la comète était passée quatre mois plus tôt, elle se serait approchée à seulement 15 millions de kilomètres de la Terre et aurait été visible à l'œil nu, en plein jour.

Comment nomme-t-on les comètes?

Halley, Hale-Bopp, West, C/1996B2 sont tous des noms de comètes. Mais comment choisit-on le nom d'une comète? Une comète reçoit d'abord un matricule et par la suite, un nom lui est attribué. Ce nom est celui de son ou de ses découvreurs, jusqu'à un maximum de trois personnes.

Le choix du matricule est fait selon une procédure établie par l'Union astronomique internationale qui a la responsabilité de la nomenclature des objets célestes. On désigne d'abord l'objet par la lettre C pour une comète qui ne revient pas régulièrement près du Soleil. Si la comète revient périodiquement près du Soleil, on la désigne par la lettre P précédée d'un chiffre qui est simplement le numéro séquentiel de cette comète dans la liste des comètes périodiques. La lettre est suivie d'une barre oblique puis des quatre chiffres de l'année de la découverte. Vient ensuite une lettre majuscule représentant la quinzaine du mois où la comète a été découverte. La lettre A représente une découverte faite entre le 1^{er} et le 15 janvier, la lettre B désigne une découverte faite durant la période du 16 au 31 janvier, etc. Les lettres I et Z sont omises. Enfin, un chiffre nous indique l'ordre séquentiel de la découverte dans la quinzaine en question.

| LETTRE | DATE | LETTRE | DATE | LETTRE | DATE |
|--------|------------|--------|------------|--------|------------|
| A | Jan. 1-15 | B | Jan. 16-31 | C | Fev. 1-15 |
| D | Fev. 16-31 | E | Mar. 1-15 | F | Mar. 16-31 |
| G | Avr. 1-15 | H | Avr. 16-31 | J | Mai 1-15 |
| K | Mai 16-31 | L | Jun. 1-15 | M | Jun. 16-31 |
| N | Jul. 1-15 | O | Jul. 16-31 | P | Août 1-15 |
| Q | Août 16-31 | R | Sep. 1-15 | S | Sep. 16-31 |
| T | Oct. 1-15 | U | Oct. 16-31 | V | Nov. 1-15 |
| W | Nov. 16-31 | X | Dec. 1-15 | Y | Dec. 16-31 |

Ainsi, la comète Hale-Bopp porte l'identification C/1995O1: il s'agit de la première comète (1) découverte dans la seconde quinzaine de juillet (O) 1995. De plus, la comète Halley, qui fut la première dont la périodicité fut démontrée, est maintenant désignée par 1P/Halley. Il y a actuellement 159 comètes périodiques. Une nouvelle comète périodique porterait donc le numéro 160P/...

Pour en savoir plus...

LEVASSEUR-REGOURD, A.-Chantal et Philippe de La Cotardière. *Les comètes et les astéroïdes*, Paris, Éditions du Seuil, série Points sciences, 1997, 243 p.

SAGAN, Carl et Ann DRUYAN. *Comètes*, Paris, Calmann-Lévy, 1985, 397 p.

SÉGUIN, Marc et Benoît VILLENEUVE. *Astronomie et astrophysique*, 2e édition, Montréal, Éditions du Renouveau pédagogique, 2002, 618 p.

Time-Life. Collection « Voyage à travers l'Univers ». *Comètes, astéroïdes et météorites*, Amsterdam, Time-Life, 1991, 144 p.