

L'Univers dans ma poche

Les comètes

Akira Fujii/David Malin Images



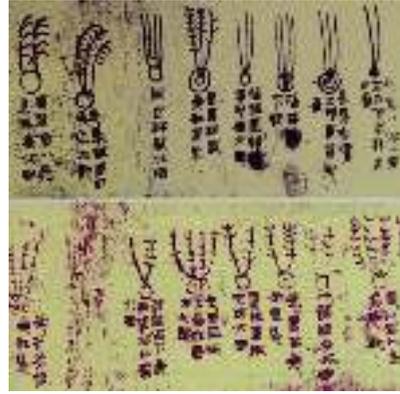
Grażyna Stasińska
Observatoire de Paris



Symbole de comète gravé dans la pierre il y a environ 3000 ans. Valcamonica, Italie.

Le Livre de Soie de Mawangdui.

Il date du VIII^e siècle av. JC. et contient la description de 29 comètes apparues sur une période de plusieurs siècles.



La comète de 1401 précéda un grand fléau en Allemagne. Image du Livre des Miracles (1552)

Moctezuma regardant la comète de 1519 juste avant la fin de l'empire Aztèque. Codex Duran, 1581



L'annonce que la queue de la comète de Halley balayerait la Terre en Mai 1910 déclencha une hystérie collective.

Voir des comètes dans le ciel

Depuis les temps les plus reculés, les hommes ont été captivés par l'apparition d'astres inhabituels, frêles nébuleuses avec leur chevelure blonde, si différents des points lumineux que sont les étoiles ou les planètes. A la différence des étoiles qui ont des positions relatives immuables, et des planètes dont la réapparition dans le ciel est régulière, l'apparition des comètes était tout à fait imprévue - ceci jusqu'au XVIIe siècle, comme nous le verrons.

Est-ce pour cela que les comètes dans certaines cultures étaient associées à des divinités malfaisantes ou à de mauvais présages ? L'apparition de comètes dans le ciel était souvent suivie d'une pluie de météores, ce qui ajoutait à leur caractère effrayant. Encore au XXe siècle l'approche de comètes peut causer des peurs irraisonnées.

La comète de **Halley** en **1066** dans la tapisserie de Bayeux (XIe siècle). La même année les Normands vainquirent les Anglais à la bataille de Hastings.

La comète de **Halley** en **1301** sur une fresque de Giotto de 1305.



La comète de **Halley** en **1531**

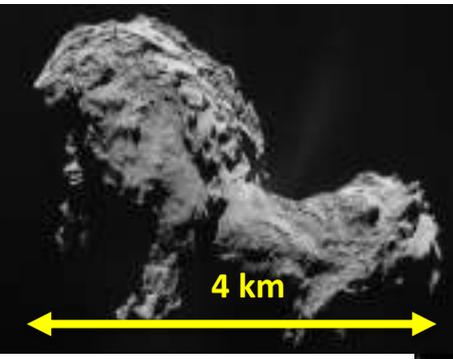
Crédit: Science Museum Group Collection

La comète de **Halley** au-dessus de Londres en **1759**. Peinture de Samuel Scott.



D'où viennent les comètes ?

En 1705, l'astronome Anglais Edmond Halley émit l'hypothèse que la comète de 1682 était la même que celle qui avait été vue en 1531 et en 1607. La théorie de la gravitation élaborée par son ami Isaac Newton (voir tuimp 2) permettait de l'expliquer et aussi de calculer quand aurait lieu la prochaine apparition. Halley fit les calculs et trouva que ce serait en 1758. La comète apparut en 1759, et on lui donna le nom de **Halley**. C'était un beau succès de la théorie de la gravitation. Halley pressentit aussi que les comètes venaient d'un "réservoir de comètes". En 1950, Jan Oort montra que ce réservoir était situé à cent mille U.A. (voir tuimp 15) du Soleil et contenait probablement mille milliards de comètes. Ce réservoir fut appelé le **nuage de Oort**.

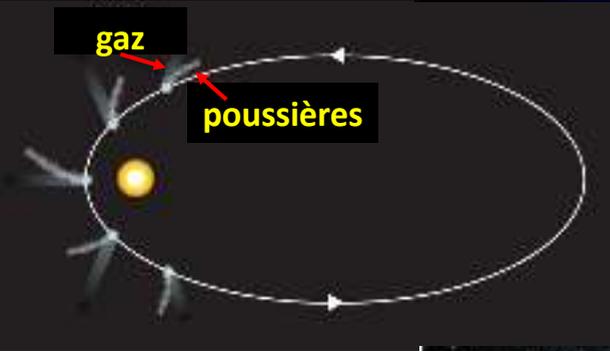


Le **noyau** de la comète 67P/Tchourioumov-Guerassimenko prises par la sonde Rosetta en septembre 2014. (ESA)

(Image obtenue avec le télescope CFH)



La **coma** de la comète 17P/Holmes en 2007.



Direction des queues d'une comète en fonction de sa position par rapport au Soleil. Elles sont toujours opposées au Soleil.



La queue d'un ballon-comète dessine sa trajectoire.



La comète Hale-Bopp en 1997 avec sa **queue** de plasma bleue et sa **queue** de poussières blanche.

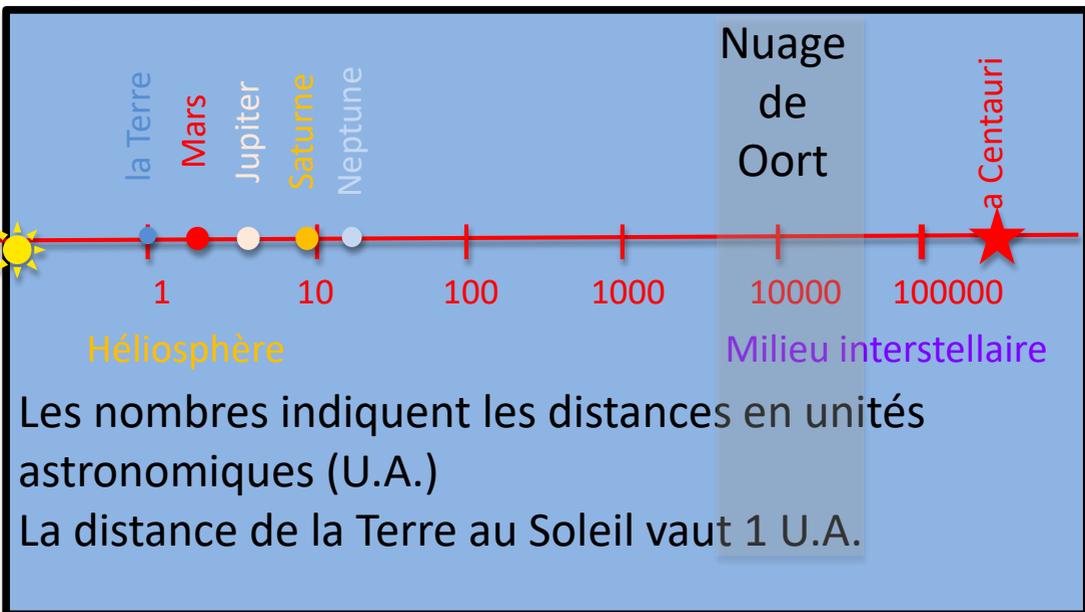
La structure des comètes

Aujourd'hui, la nature des comètes est bien comprise. Elles sont constituées d'un **noyau** solide dont la taille est de quelques km. Ce noyau est constitué de glaces et de roches (de la glace sale, comme disait l'astronome Fred Whipple).

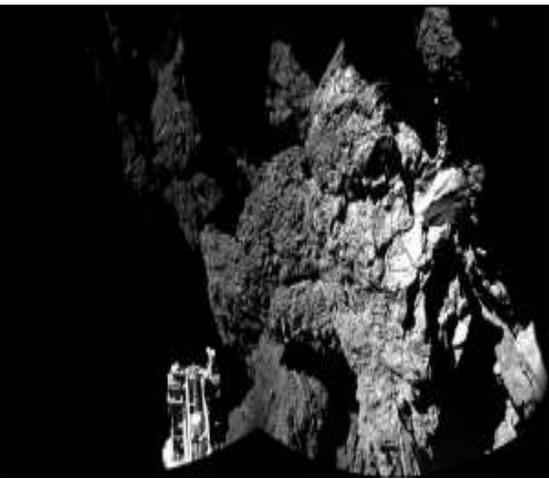
Lorsqu'elles s'approchent du Soleil, les comètes deviennent plus brillantes ; les glaces s'évaporent et produisent une atmosphère diffuse : la **coma**, qui peut dépasser un million de km de diamètre.

Encore plus près de nous, la pression de radiation du Soleil et le vent solaire deviennent importants. Une **queue** de gaz et de poussières apparaît. Celle-ci ne dessine pas la trajectoire de la comète - contrairement au cas d'un ballon-comète, (voir ci-contre). Comme la poussière répond à la pression de radiation mais que le gaz est affecté par le champ magnétique du vent solaire, les deux queues sont distinctes.

Distances par rapport au Soleil des planètes, du Nuage de Oort et de l'étoile la plus proche, α Centauri.



On peut identifier directement les molécules se trouvant dans l'atmosphère ou à la surface d'une comète en prélevant un échantillon à l'aide d'une sonde spatiale et en l'analysant avec un spectrographe de masse.



Ici on voit l'atterrisseur Philae déposé sur la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko par la sonde Rosetta en 2014 au bout d'un voyage de 10 ans (Crédit ESA).

Les comètes, mémoire du Soleil

En 1982, Mayo Greenberg émit l'idée que les comètes sont des agrégats de **poussières** interstellaires qui n'ont pas été incorporés dans les planètes lorsque celles-ci se sont formées. Restées dans les zones les plus éloignées du système solaire, et donc les plus froides, les comètes auraient conservé la composition du nuage moléculaire dans lequel s'est formé le Soleil.

La composition chimique des glaces cométaires est révélée par l'analyse spectroscopique des comètes (voir tuimp 2) ou l'analyse directe (voir page ci-contre). On trouve de **l'eau** et de nombreuses **molécules carbonées** tel le monoxyde et le dioxyde de carbone, le méthane, l'alcool méthylique, le formaldéhyde, etc. Ces molécules se trouvent également dans les nuages du milieu interstellaire suggérant que l'hypothèse de Greenberg était correcte.



Les océans recouvrent 71% de la surface de la Terre et contiennent 1.4×10^{18} tonnes d'eau. Une

comète de 5 km de diamètre a une masse de 5×10^{11} tonnes. En supposant une durée d'un milliard d'années, il aurait donc fallu 3 impacts par millénaire pour les remplir.



Comètes impactant la jeune Terre (vision d'artiste) Le grand Geysir en Islande

L'idée que toute l'eau des océans ait été apportée par des comètes ou des astéroïdes n'est cependant pas partagée par tous les scientifiques. Par exemple, certains pensent qu'elle proviendrait de geysers, semblables à ceux qu'on voit aujourd'hui, et qui auraient puisé l'eau de l'intérieur de la Terre.

La Terre, l'eau et les comètes

Lors de sa formation, la température de la Terre s'est tellement élevée que l'eau s'est évaporée et échappée.

Mais alors d'où vient l'eau des océans?

Depuis plus de trente ans, des travaux suggéraient que l'eau avait été apportée par des comètes ayant heurté la Terre.

Or l'analyse des comètes a montré que l'eau qu'elles contiennent n'est pas

identique à l'eau des océans : elle est plus riche en deutérium. De plus, alors

que les premiers calculs donnaient un nombre suffisant d'impacts cométaires,

des travaux récents les contredisent.

Les chondrites carbonées, issues de la ceinture d'astéroïdes entre Mars et

Jupiter devinrent de meilleurs candidats.

En 2011 on découvrit que l'eau de la comète Hartley 2 ressemble à celle

des océans. On pencha alors vers une combinaison des deux sources. Mais

des hypothèses bien différentes sont aussi envisagées. 1 1



Représentation artistique d'un impact de comète par Ben Crowder.

Echantillon
de
chondrite
carbonée.



La comète
67P-CG
photographiée
par la sonde
européenne
Rosetta.

Les recherches actuelles privilégient deux source possibles pour l'apport des « molécules de la vie » sur la Terre. Une source extraterrestre (comètes et chondrites carbonées.) ou une source terrestre (le fond des océans). Le débat n'est pas tranché et il est possible que les deux sources coexistent.

Les comètes et la vie

La moitié de la masse des comètes est constituée de molécules "organiques". C'est-à-dire de molécules contenant du carbone et de l'hydrogène et qu'on trouve dans les organismes vivants. En rencontrant un milieu favorable comme l'eau, elles pourraient donner naissance à des cellules vivantes.

L'hypothèse que la vie sur Terre vient d'ailleurs - la panspermie - a été avancée par certains penseurs depuis plus de 2000 ans. Avec les découvertes de la composition chimique des comètes et des astéroïdes, et les expériences sur la résistance des molécules organiques et leur capacité à former des composés complexes, cette idée est maintenant prise au sérieux par les scientifiques. Les « germes » de la vie pourraient se propager dans l'espace, transportée par les poussières, les astéroïdes et les comètes.



Les comètes
ont inspiré de
nombreux
peintres
et poètes



Légendes au dos





Veru : comète
stylisée dans
le livre des
comètes
(Flandre,
1587)



Tableau du peintre
anglo-américain
Peter W. Rogers (2017)



La comète de
Halley par
l'artiste Yamaji
Karen Comegain
(Australie 2009)

Dans l'espace flottent les planètes
Et se promènent les comètes,
Poème de Eve, 11 ans (France)



Comètes .
Pastel de
Maria Clara
Eimmart,
astronome
allemande
(vers 1700)



La comète Yakutake au-
dessus de l'église San
Xavier del Bac en Arizona.
Peinture de l'astronome
américain Jim Scotti
(1996)

L'Univers dans ma poche N° 22

Ce mini-livre a été écrit en 2021 par Grażyna Stasińska et révisé par Dominique Bockelée-Morvan (toutes deux de l'Observatoire de Paris).

Image de couverture : la comète Bennett, en 1970. Crédit: Akira Fujii/Davidmalin.com.



Pour en savoir plus sur cette collection et sur les thèmes présentés dans ce mini-livre tu peux visiter

<http://www.tuimp.org>

