

# LES ECHOS DE SAINT-MAURICE

Edition numérique

Michel DONEGANI

Les comètes

Dans *Echos de Saint-Maurice*, 1986, tome 82, p. 24-33

© Abbaye de Saint-Maurice 2013

# Les comètes

*L'effort consenti pour comprendre l'univers est l'une des rares choses qui élèvent la vie humaine au-dessus du niveau de la farce et lui confèrent un peu de la dignité de la tragédie.*

Steven Weinberg  
Prix Nobel de physique 1979

## Introduction

Parmi les phénomènes de l'astronomie, les **comètes** tiennent un rôle primordial. Depuis la haute Antiquité, des récits rapportent leurs apparitions éphémères en les accompagnant d'interprétations manichéennes caractérisant le monde d'alors. Elles étaient souvent le signe annonciateur de victoires ou de catastrophes.

Si, à l'heure actuelle, on n'attribue plus aux comètes de pouvoir prémonitoire, elles n'en demeurent pas moins les objets les plus mal connus du système solaire. La raison en est simple : l'information essentielle est cachée dans la partie centrale (noyau) totalement indiscernable depuis la terre.

A l'heure de la conquête spatiale, il est techniquement possible d'observer une comète de très près. Mais encore faut-il qu'elle soit **brillante** et que l'on connaisse exactement sa **trajectoire** à l'avance. De retour en 1986, **la comète de Halley** remplit ces exigences.

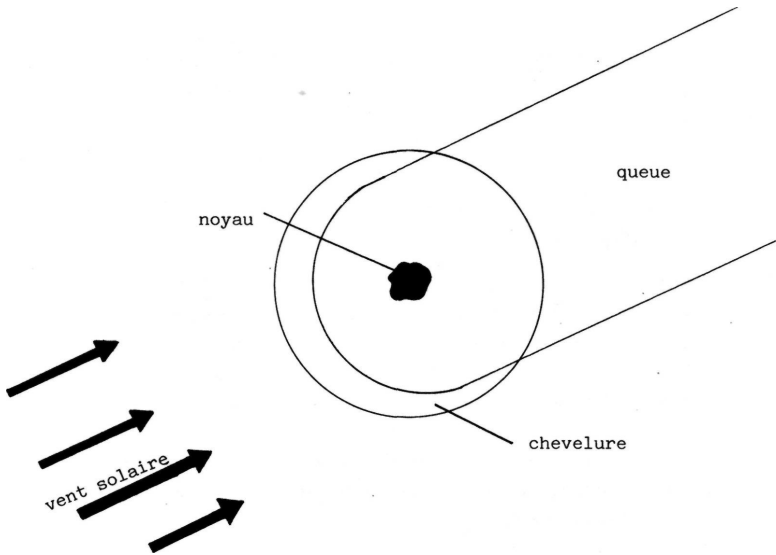
## 1. Qu'est-ce qu'une comète ?

Dans son aspect le plus familier, une comète se compose de trois parties : le **noyau**, la **chevelure** et la **queue**.

## a) Le noyau

Si l'on voulait observer uniquement le noyau d'une comète, il faudrait attendre qu'elle soit de nouveau aux confins du système solaire, ou du moins à une distance suffisante pour éviter que l'action du soleil ne provoque la création de la queue. Dans ce cas on observerait un **corps minuscule** de quelques kilomètres de diamètre et dont **le poids ne dépasse pas  $10^{15}$  kg<sup>1</sup>**.

Le noyau se compose d'un amas de molécules, dont une grande partie est de l'eau **prise en glace** dans le froid interstellaire, ainsi que de substances telles que **sodium, silicium, cobalt, nickel...** Dans le langage des astronomes, une comète est associée à une **grosse boule de neige sale**.



<sup>1</sup>  $10^{15}$ : notation mathématique signifiant 10 suivi de quinze zéros.

$10^{15} = 10\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$   
= dix millions de milliards.

## b) La chevelure

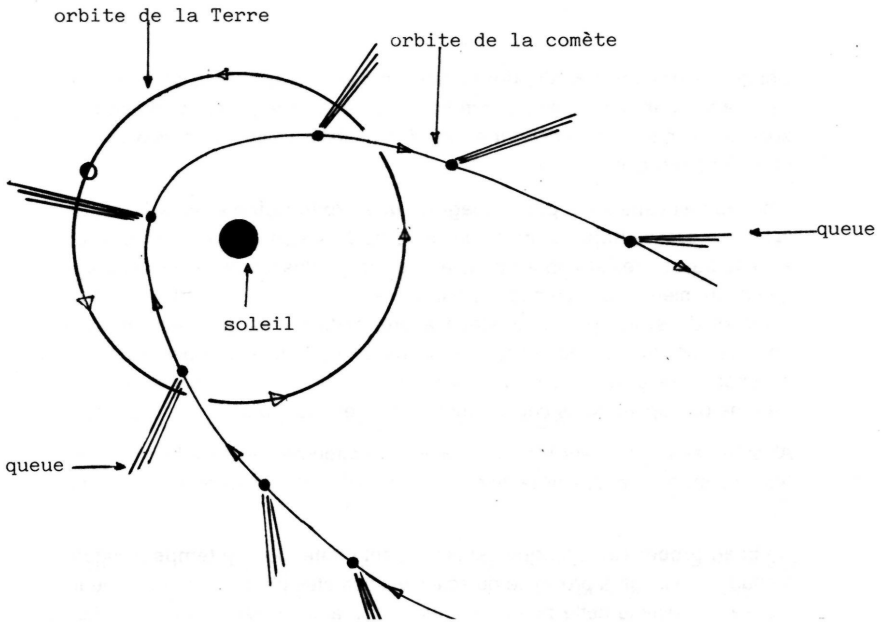
Lorsqu'une comète s'approche du soleil, sa température superficielle s'élève et les molécules acquièrent une énergie thermique qui va rapidement devenir supérieure à l'énergie de gravitation du noyau. Ces matériaux vont alors passer directement de l'état solide à l'**état gazeux** (on dit qu'il y a sublimation). Cette transition instantanée s'explique par l'absence de pression dans le milieu interplanétaire. Des gaz s'échappent ainsi du noyau de manière radiale, entraînant avec eux des poussières solides : c'est un phénomène d'érosion. On estime la densité des gaz dans la chevelure à quelques milliardièmes de la densité de l'air terrestre au niveau du sol.

## c) La queue

C'est sans doute **l'aspect le plus spectaculaire des comètes**. Bien des idées préconçues provenant de notre expérience sensible circulent encore aujourd'hui et il y a lieu de les rectifier.

- Durant les dix-neuf vingtièmes de sa trajectoire (si elle est fermée), une comète est un **caillou invisible depuis la terre** car il n'émet aucun rayonnement mais réfléchit les particules provenant du soleil. Son domaine de visibilité s'étend sur une portion très limitée de sa trajectoire.
- Lorsqu'on observe une fusée s'arrachant péniblement à l'attraction terrestre, on est en présence de l'un des exemples les plus manifestes du principe d'action et de réaction : les moteurs éjectent des gaz à grande vitesse dans une certaine direction et la fusée est propulsée en direction opposée. On pourrait ainsi être amené à déduire qu'une comète se déplace dans la direction opposée à celle de sa queue. Il n'en est rien car **le déplacement de la comète et la direction de sa queue sont deux phénomènes ayant des causes essentiellement différentes et totalement indépendantes**.

Les molécules éjectées du noyau et se trouvant dans la chevelure vont se heurter au flux de photons (particules de lumière) provenant du soleil. Ces grains de poussière réfléchissent les photons et acquièrent durant le choc une certaine quantité de mouvement qui les entraîne **en direction opposée à celle du soleil**. Le mouvement de la comète ne dépend que de l'action des forces de gravité.



Dans la **phase d'approche** du soleil, la queue se trouve donc « **derrière** » le noyau alors qu'elle le **précède** durant la **phase d'éloignement**.

Pour fixer un ordre de grandeur, la partie visible de la queue peut s'étendre au périhélie<sup>2</sup> sur **plusieurs centaines de millions de kilomètres**, ce qui est énorme en comparaison des quelques kilomètres du noyau.

## 2. Trajectoires des comètes

Comme tous les corps du système solaire, le comportement des comètes obéit aux **lois de Kepler** et leur **orbite est du type conique**, c'est-à-dire soit une hyperbole, soit une parabole, soit une ellipse. (N.B. : si ces termes vous paraissent barbares, référez-vous aux « rappels de géométrie » ci-après.)

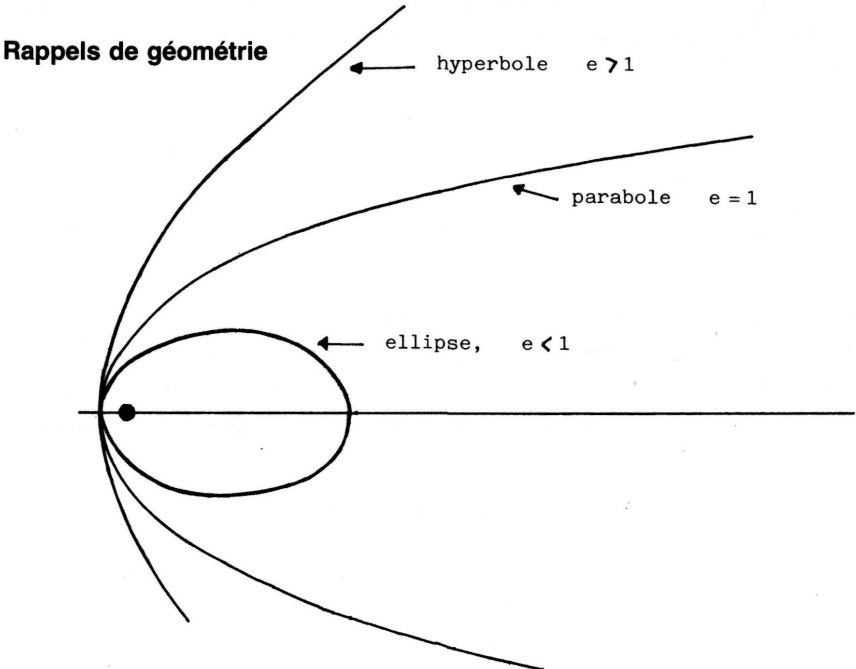
<sup>2</sup> Périhélie: point de l'orbite d'une planète le plus proche du soleil.

Seules les **trajectoires elliptiques** nous intéressent ici car c'est la caractéristique des **comètes dites périodiques**. On dénombre actuellement environ six cents comètes appartenant au système solaire et dont la période varie entre 3 et 160 ans.

Il ne faudrait cependant **pas s'imaginer une orbite rigide et invariable**. Si la première loi de Kepler affirme que les corps du système solaire se meuvent sur des trajectoires elliptiques dont le soleil est un des foyers, elle n'est vraie qu'en première approximation, c'est-à-dire si l'on néglige l'influence des planètes du système solaire. Cette approximation n'est pas satisfaisante pour les comètes car leur masse infime les rend sensibles aux perturbations du champ de gravité dues à la présence de planètes massives comme Saturne ou Jupiter. Mais ceci ne modifie en rien leur caractère périodique.

Ainsi, après avoir effleuré le soleil, elles s'en retournent jusqu'à leur aphélie (variant entre 2,5 et 7,5 milliards de kilomètres du soleil) pour réapparaître un jour.

Ce **beau processus cyclique** est cependant **limité dans le temps** puisque à chaque passage à proximité du soleil, les comètes perdent un peu de leur masse. On estime cette perte à environ  $10^6$  grammes par seconde, ce qui correspond à une perte relative de 1 pour 1000 à chaque passage. La durée de vie des comètes ayant une période comprise entre 10 et 100 ans ne devrait donc pas dépasser 1 million d'années.



Les **orbites planétaires** ne sont pas nécessairement des cercles mais des ellipses dont le soleil est un des foyers (première loi de Kepler). La théorie de la gravitation universelle introduite par Newton implique que dans un système à deux corps (Soleil-Terre par exemple), les orbites sont planes et décrivent une des formes suivantes :

cercle	excentricité	$e = 0$	ce sont des courbes fermées, ce qui implique des trajectoires périodiques
ellipse		$e < 1$	
parabole		$e = 1$	ce sont des courbes non fermées
hyperbole		$e > 1$	

**Les orbites planétaires sont approximativement circulaires.** Par exemple l'excentricité de l'orbite terrestre est de 0,017 ; pour Vénus elle est de 0,007. Ainsi, plus ce nombre sera proche de zéro, plus la trajectoire de la planète sera proche d'un cercle.

**Les orbites cométaires** ont une excentricité proche de 1. Si le nombre **e est légèrement inférieur à 1**, alors la comète est **périodique** et possède une **trajectoire elliptique**. Si ce nombre **e est égal ou supérieur à 1**, alors la comète est **non périodique**. Dans ce cas elle ne s'approche **qu'une seule fois du Soleil**.

### 3. La comète de Halley

La comète de Halley porte le nom de l'astronome anglais **Edmund Halley** (1656-1742) qui, à partir d'observations antérieures, **a su établir la périodicité de cette comète**. On la connaissait en effet depuis fort longtemps mais on ne savait pas que c'était la même qui revenait à intervalle régulier. Sa première observation (certifiée par des écrits) eut lieu en Chine en l'an -239. Depuis lors, on retrouve des preuves écrites de son passage dans différentes civilisations. Ainsi, Halley put prédire un retour de cette même comète pour l'an 1759. Sa prévision était exacte mais il ne put la vérifier de ses propres yeux, la comète qui portera désormais son nom a en effet une périodicité plus ou moins égale à l'espérance de vie d'un homme.

POSITION DE LA COMETE DE HALLEY 1986

Remarques:

A = objet visé

$\alpha$  = ascension droite (AD)

$\delta$  = déclinaison (DEC)

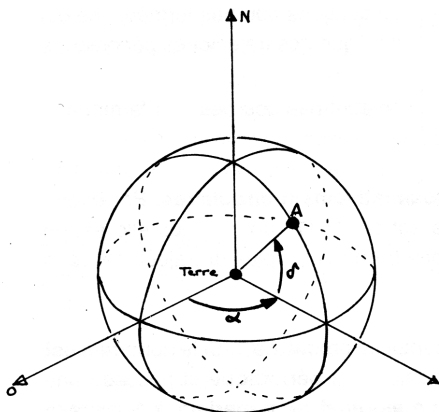
La sphère représentée est la sphère céleste avec la Terre au centre considérée comme un point.

U.A. = unité astronomique = distance Terre-Soleil = 150 millions de km.

On donne généralement AD en heures, minutes, secondes. La conversion en degrés s'obtient en utilisant l'égalité approximative:

$$1h \approx 15 \text{ degrés}$$

Méridien d'origine identique à celui de la sphère terrestre.



9 FEVRIER

Coordonnées: AD 21h 2mn  
DEC  $-10^{\circ}$  25mn

distances: Terre-comète 1.6 U.A.  
Soleil-comète 0.587U.A.

Magnitude: 3.4

10 FEVRIER

Jour du périhélie

Coordonnées: AD 21h00mn  
DEC  $-10^{\circ}$  40mn

Distances: Terre-comète 1.6 U.A.  
Soleil-comète 0.586 U.A.

Magnitude: 3.3

11 FEVRIER

Coordonnées: AD 20h59mn  
DEC  $-10^{\circ}$  55mn

Distances: Terre-comète 1.58 U.A.  
Soleil-comète 0.589 U.A.

Magnitude: 3.3



## Voici quelques caractéristiques de la comète de Halley :

	1910	1986
passage au périhélie	avril 20,177 (jour)	février 9,6613 (jour)
période de révolution	76,06 ans	75,96 ans
demi grand-axe	17,95 U.A. <sup>5</sup>	17,96 U.A.
excentricité <sup>4</sup>	0,967297	0,967267
distance minimale à la terre	0,15 U.A.	0,42 U.A.
vitesse au périhélie	54 000 mètres par seconde	
vitesse à l'aphélie <sup>3</sup>	900 mètres par seconde	

Certains de nos aînés gardent peut-être un souvenir de son **passage en 1910**. Il faut remarquer qu'elle passa à une distance minimale de la terre trois fois inférieure à celle de cette année. De plus, sa trajectoire l'amena plus près du soleil. L'observation de **février 1986** sera certainement **frustrante** pour le grand public. En effet, sa **brillance** sera **la plus faible de l'ère chrétienne pour les habitants de l'hémisphère Nord**. Une bonne paire de jumelles ne sera donc pas superflue.

## Notes historiques sur la comète de Halley

Certaines des visites de la comète de Halley sont particulièrement mémorables :

- 1066 : Les Normands la considèrent comme un présage de la victoire de Hastings qui donna le royaume d'Angleterre au duc Guillaume.
- 1301 : Giotto s'inspire du passage de la comète pour peindre l'étoile des Rois mages dans la chapelle de Scrovegni à Padoue.

<sup>3</sup> Aphélie : point de l'orbite d'une planète le plus éloigné du soleil.

<sup>4</sup> Excentricité : rapport de la distance des foyers à la hauteur du grand axe. L'excentricité est donc une caractéristique de la forme de l'ellipse de la parabole ou de l'hyperbole.

<sup>5</sup> U.A. : notation signifiant Unité Astronomique.  
1 U.A. = distance moyenne Terre-Soleil  
= environ 150 millions de kilomètres.

- 1456 : Trois ans auparavant, les Turcs avaient conquis Constantinople. Les Princes d'Europe sentent plus que jamais la menace musulmane. La comète, « grande et terrible », comme le rapportent des récits d'alors, apparaît comme une manifestation divine. Le pape Calixte III décrète que les cloches devront sonner tous les jours à midi et que la prière de l'Angélus sera récitée matin, midi et soir ! La bulle pontificale imposant ces rites ne mentionne évidemment que le péril turc.
- 1901 : Les calculs des astronomes montrent que la terre doit traverser la queue de la comète. Or, on savait par des analyses spectroscopiques que des gaz toxiques comme le cyanogène ou le monoxyde de carbone se trouvaient dans la queue. Beaucoup prétendirent que toute vie allait cesser sur terre. Mais la concentration infinitésimale de ces gaz évita une telle catastrophe.

Ayons enfin une pensée émue pour tous ces membres de sectes adoratrices de la Choucroute ou du Fromage Corse qui, au cours des siècles, se sont réfugiés dans les montagnes afin d'échapper à l'apocalypse que chaque comète se doit d'annoncer !

#### 4. Pourquoi s'intéresse-t-on aux comètes?<sup>6</sup>

L'envoi de **cinq sondes spatiales** (USA, Japon, URSS, Europe) en direction de la comète de Halley est sans aucun doute **la première coopération internationale digne de ce nom dans le domaine spatial**. Un tel investissement financier et surtout intellectuel est-il justifié ? Pourquoi s'intéresse-t-on à un vulgaire bloc de glace naviguant dans le système solaire ? Il faut

##### <sup>6</sup> Quelques comètes célèbres

<i>Comète</i>	<i>Période de révolution (ans)</i>	<i>Excentricité</i>	<i>Premier passage observé</i>
Encke	3,3	0,847	1786
Biela	6,62	0,756	1772
Wolf	8,43	0,395	1884
Westphal	61,88	0,92	1852
Herschell	156,04	0,974	1788

d'abord rappeler que l'observation à partir de la terre ne peut fournir les réponses à toutes les interrogations. Il est nécessaire de **procéder à des mesures in situ**, afin de déterminer la composition exacte du noyau ou de vérifier expérimentalement la théorie de formation de la queue. Jusque-là, rien ne justifie les milliards de dollars investis. Mais en fait, les comètes représentent **un intérêt fondamental pour l'astronomie**. Selon une théorie de l'astronome hollandais Oort, les **comètes** seraient des **fossiles pratiquement intacts du commencement de notre système solaire**. Une connaissance approfondie de ces objets nous permettra donc de mieux comprendre la formation et l'évolution du système dans lequel nous vivons. Tout cela justifie-t-il cet investissement ? Nous touchons là un problème qui s'écarte de la science pour se rapprocher de la politique...<sup>7</sup>

Michel Donegani

### <sup>7</sup> Indications bibliographiques

Calder, *The comet is coming*, Vicking Press, 1980.

Centre national d'études spatiales de Toulouse, *Mathématiques Spatiales*, Cepadues.

Dufay, *Les Comètes*, PUF, 1966.

Encyclopédie Atlas, *Astronomie*, volume 1.

Festou et Encrenaz, La Comète de Halley, in *La Recherche*, mai 1985.

Nicolet, Notes sur le passage de la Comète de Halley, in *Galaxie*, Revue de la Société Vaudoise d'Astronomie n° 74 (1984).

Thurnheer, *Astronomie et astrophysique de notre temps*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1980.

Vernon et Ribes, *Les comètes, de l'Antiquité à l'ère spatiale*, Hachette, 1979.