

## La comète de Halley est de retour

par Pierre MAGNIEN,  
Auxon Dessus, Geneuille.

---

### INTRODUCTION.

Le 16 octobre 1982 prend fin une course qui a opposé de nombreuses équipes d'astronomes professionnels derrière les plus gros instruments : la recherche de la comète de Halley. Il aura fallu 8 min de pose à l'aide d'une caméra CCD (1) placée à l'extrémité du télescope de 5,10 m du mont Palomar. Vingt millions de fois plus faible — en éclat — que la moins brillante des étoiles visibles à l'œil nu (respectivement de magnitude 24,2 pour la comète et 6 pour les plus faibles étoiles accessibles sans instrument), la Comète est enfin de retour. L'histoire de cet objet est unique dans les annales de l'astronomie et mérite un petit détour avant d'en aborder l'étude scientifique.

### LA COMETE ET L'HISTOIRE.

L'apparition de ces objets dans le ciel a toujours été à l'origine de croyances terrifiantes et de présages dramatiques. La grande importance attachée au passage d'une comète est d'ailleurs une aubaine pour les chercheurs actuels car son souvenir aurait sans doute été perdu dans le cas contraire. Cependant on trouve, dès l'Antiquité, des esprits plus réfléchis ayant cherché des causes naturelles à leur apparition et à leur mouvement. Mais ils estimaient que les comètes devaient apparaître dans l'atmosphère terrestre car leur aspect changeant ne pouvait pas en faire des astres véritables, images de la perfection.

Il faut donc attendre le XVI<sup>e</sup> siècle pour rencontrer l'astronome danois Tycho BRAHÉ qui parvint à déterminer la distance de la comète de 1577. Or il la trouva très supérieure à celle de la Lune, ce qui réduisait à néant l'hypothèse de l'origine at-

---

(1) CCD (charge couple device ou composant à charges couplées). Ces dispositifs présentent une structure de registres à décalage permettant de stocker et de transférer des informations analogiques (ici un éclaircissement) échantillonnées sous la forme de paquets de charges électriques. On distingue donc un site de stockage et un site de transfert qui suivent le site de production, en l'occurrence des photodiodes.

mosphérique des comètes. Cependant, malgré toutes les tentatives (KÉPLER, HÉVÉLIUS, CASSINI) personne ne parvint à découvrir les lois du mouvement de ces astres. On sait maintenant pourquoi ces essais étaient voués à l'échec : on ne disposait pas à cette époque du cadre théorique nécessaire, développé à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle par NEWTON dans ses Principes : les lois du mouvement et de la gravitation universelle. A l'aide de ce puissant outil, Edmund HALLEY — ami de NEWTON — s'attela au calcul des orbites apparemment paraboliques de 24 comètes pour lesquelles il possédait de bonnes observations. A l'issue de ce travail, il fut troublé par la constatation que les comètes de 1531, 1607 et 1682 possédaient à peu près les mêmes éléments orbitaux. HALLEY en conclut alors qu'il avait affaire à une seule et même comète périodique, identique sans doute à celle de 1456. La période était légèrement variable (76 ans et 62 jours entre 1531 et 1607, 74 ans et 323 jours entre 1607 et 1682) mais cela

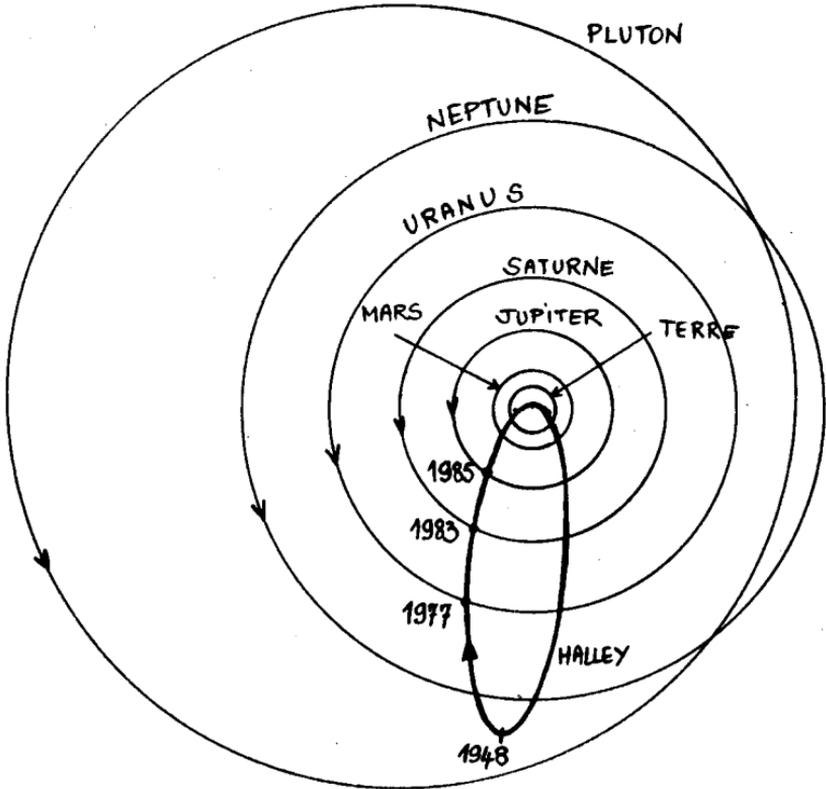


Fig. 1. — Représentation schématique de l'orbite de Halley entre 1910 et 1986.

s'expliquait facilement du fait des perturbations dues aux grosses planètes. HALLEY, allant au bout de son raisonnement, prédit le retour de cette comète pour 1758.

Pour plus de précision — donc nécessité de tenir compte des effets perturbateurs de Saturne et Jupiter — une équipe de mathématiciens (CLAIRAUT, LALANDE et M<sup>me</sup> LEPEAUTE) s'attaque aux nombreux calculs numériques et donne leur verdict : retour au périhélie le 15 avril 1759 à 30 jours près. L'erreur est de 33 jours puisque la comète — retrouvée le 25 décembre 1758 — passe à son périhélie le 13 mars 1759.

C'est le triomphe pour la mécanique céleste dont les derniers détracteurs (surtout en France) doivent s'incliner. C'est aussi la gloire pour HALLEY et NEWTON mais posthume car le premier est mort depuis 17 ans, le second depuis 32 ans.

On s'attèle alors au calcul des paramètres du passage suivant. Il est prévu le 13 novembre 1835, au périhélie, avec 3 jours d'avance seulement sur la réalité.

Le dernier passage a lieu le 20 avril 1910, donnant lieu à une campagne d'observation très active mais mal coordonnée et dont les résultats devront attendre 1929 pour être publiés (BOBROVNIKOFF).

Les chercheurs contemporains ont fouillé les documents anciens pour essayer de retrouver la trace des passages successifs de la comète de HALLEY : on peut ainsi remonter jusqu'à l'apparition de — 239.

## MOUVEMENT DE LA COMETE.

### Généralités.

Le mouvement d'un astre dans le système solaire est défini par six paramètres appelés les éléments orbitaux.

Nous pouvons définir :

$(\vec{\gamma}, \vec{SN}) = \Omega$  : longitude du nœud ascendant compté dans le sens direct de 0 à 360°.

$i$  : inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique.  $i$  est compté de 0 à 90° lorsque, depuis le pôle de l'orbite situé dans l'hémisphère Nord (« au dessus ») l'astre tourne dans le sens direct et de 90 à 180° dans le sens rétrograde (cas de HALLEY).

$\omega$  : argument du périhélic. C'est donc l'angle  $(\vec{SN}, \vec{SP})$ .

On donne également l'instant de passage au périhélie  $T$ , le demi-grand axe  $a$  (ou la distance périhélique  $SP = q$ ) et enfin l'excentricité  $e$ . Dans le cas de HALLEY, ces éléments sont :

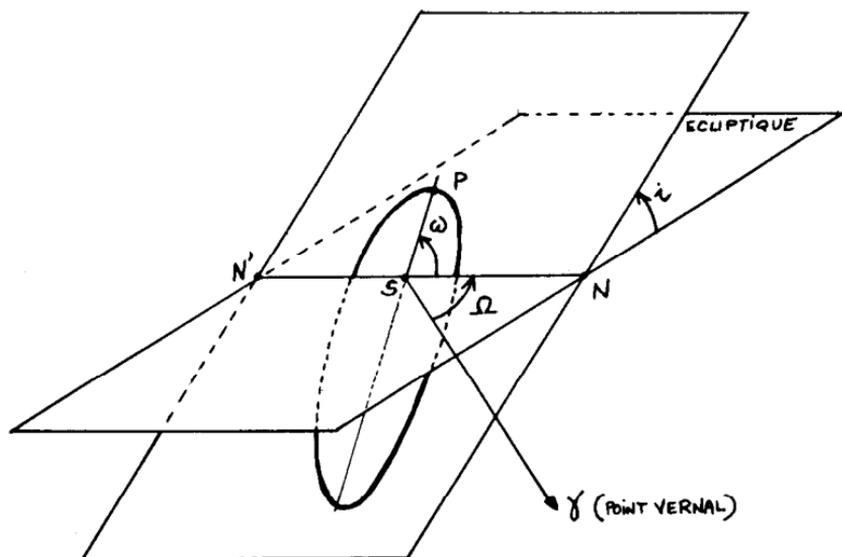


Fig. 2. — Définition des éléments orbitaux :

$N'SN$  : ligne des nœuds (intersection du plan de l'écliptique et de celui de rotation de l'astre),

$N$  : nœud ascendant,  $N'$  : nœud descendant,

$S$  : soleil,  $\gamma$  : point vernal (2).

$T$  : 9,4441 février 1986,

$q$  : 0,5871023 unité astronomique (3),

$e$  : 0,9672746,

$\omega$  : 111,84688°,

$\Omega$  : 58,14415°,

$i$  : 162,23931°.

### CAS PARTICULIER DES COMETES.

D'une manière générale, l'étude du mouvement des comètes est une opération complexe car leurs éléments orbitaux varient rapidement dans le temps, principalement sous l'effet des rencontres avec Jupiter, au cours desquelles elles reçoivent d'im-

(2) *Point vernal*  $\gamma$ . C'est le point d'intersection de l'équateur céleste et de l'écliptique. Il est franchi par le Soleil à l'équinoxe de printemps.

(3) *UA*. C'est la distance moyenne de la Terre au Soleil. Par définition, nous avons maintenant 1 UA = 149 597 870 km.

portantes impulsions dans un laps de temps très bref qui peuvent les faire passer d'une orbite à une autre tout à fait différente.

Les comètes peuvent être classées grossièrement en deux groupes : les comètes à courte période et celles à longue période. Les premières ont généralement une orbite voisine du plan de l'écliptique, parcourue dans le même sens que les planètes. Elles ont à un moment ou à un autre de leur histoire, subi une rencontre proche avec Jupiter. Autrement dit, il semble bien que les comètes à courte période soient des objets à longue période venant des régions extérieures du système solaire et capturés dans la partie centrale du fait de l'attraction gravitationnelle des grosses planètes. Il existerait donc à une distance d'environ 50 000 UA un réservoir appelé nuage de OORT (astronome hollandais ayant proposé cette explication) centré sur le système solaire — et lié gravitationnellement à ce dernier — qui, sous l'influence perturbatrice d'étoiles voisines, injecterait à l'intérieur de notre système de nouvelles comètes. Il arrive en effet que, au cours de leur mouvement dans la Galaxie, certaines étoiles passent suffisamment près des zones extérieures du Système Solaire pour y créer des perturbations gravitationnelles. Ces dernières vont modifier les trajectoires de certains blocs formant le nuage de OORT : une partie de ces blocs va en être éjectée alors que l'autre va plonger vers la partie centrale du Système Solaire.

Après capture, une comète aura une évolution qui dépendra de nombreuses circonstances : si elle pénètre trop profondément dans le système planétaire, elle se désintégrera après quelques centaines de passages ; si elle passe trop près d'une grosse planète, elle subira une nouvelle réaction de gravitation — avec acquisition d'énergie au détriment de la planète — capable de la transférer sur une orbite hyperbolique l'amenant à quitter définitivement le système solaire.

La théorie développée précédemment repose sur l'existence du nuage de OORT dont l'origine a fait l'objet de plusieurs hypothèses. Ces dernières sont toutes liées aux différentes théories cherchant à expliquer la formation du Système Solaire. Les plus récentes supposent que ce nuage aurait pu se former dans la nébuleuse originelle à proximité des grosses planètes au moment de leur condensation. Par la suite, du fait de perturbation gravitationnelle, il aurait été éjecté vers sa position actuelle.

Il n'est pas possible, dans le cadre de cet article, de développer plus avant la formation du nuage de OORT. Pour en savoir plus, on pourra consulter des ouvrages spécialisés.

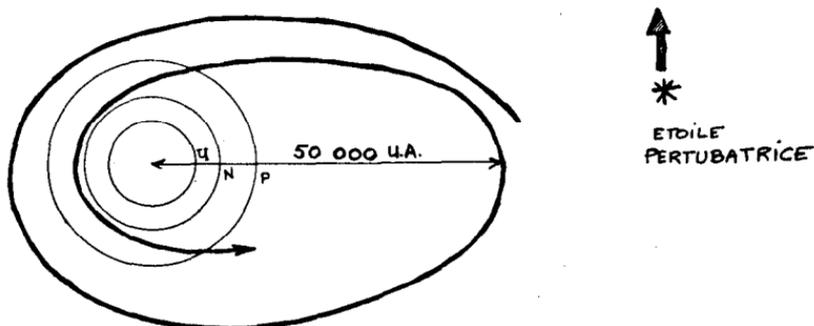


Fig. 3 a.

Changement de périhélie  
sous l'action d'une étoile passant au voisinage de l'APHÉLIE.

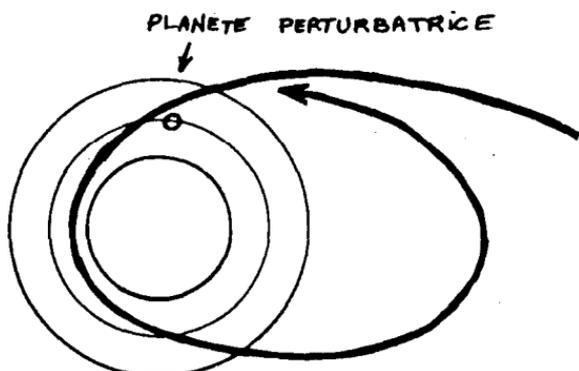


Fig. 3 b.

Changement d'aphélie  
sous l'action d'une planète au voisinage du PÉRIHÉLIE.

Ces deux phénomènes conjugués peuvent amener la capture de la comète dans une région proche du Soleil.

### STRUCTURE D'UNE COMÈTE.

Loin du Soleil, une comète est un objet extrêmement petit, à l'échelle du Système Solaire. Il s'agit d'un bloc rocheux enveloppé dans une gangue de glace : on parle souvent d'une boule de neige sale. Son diamètre est estimé entre 1 et 10 km et sa masse entre  $10^{10}$  et  $10^{12}$  t.

L'observation d'un tel objet est très difficile mais présente cependant un grand intérêt car elle permet d'obtenir des informations qui seront inaccessibles lorsque la comète sera activée par les rayons solaires. Ces renseignements sont essentiellement

relatifs à la rotation du noyau cométaire : vitesse, axe, et variations de ces grandeurs. Jusqu'à présent, la collecte de ces données était quasi impossible car la découverte (ou la re-découverte) de la comète se faisait après son entrée en activité. Or, avec HALLEY, les choses changent car on a pu la retrouver plus de 1 200 jours avant son passage au périhélie. On va donc pouvoir l'étudier « endormie » et observer jour après jour son « réveil » progressif.

Lorsqu'elle devient active, une comète se présente sous l'aspect de la fig. 4.

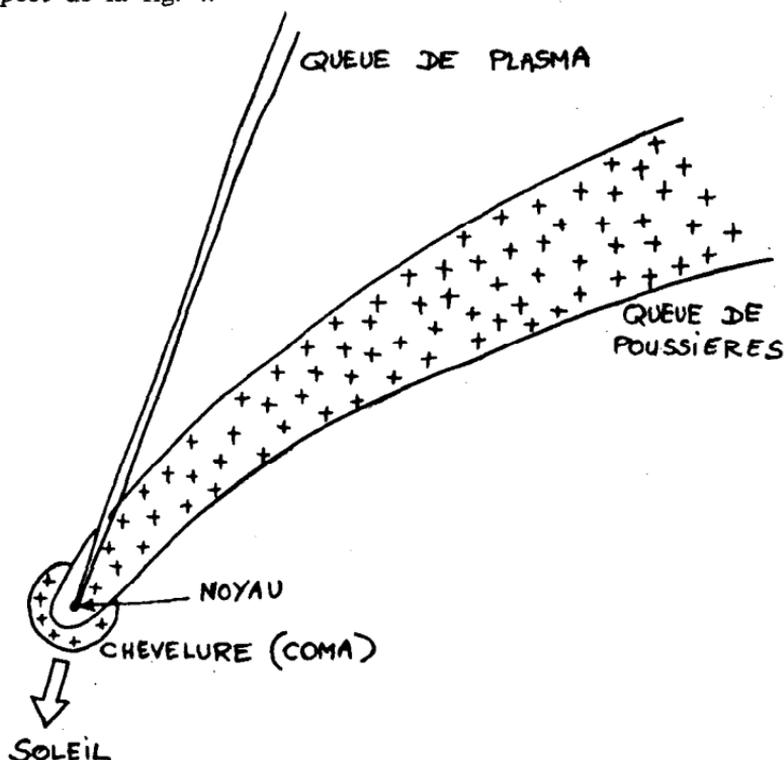


Fig. 4. — Aspect général d'une comète active.

Une telle structure est transitoire et dure environ de 6 à 30 semaines, au voisinage du périhélie. Elle résulte de l'interaction entre le Soleil et le noyau cométaire décrit précédemment et qui devient invisible.

Les dimensions des autres parties de la comète active sont d'un tout autre ordre de grandeur que celle du noyau :

chevelure :  $10^5$  km,  
 queue :  $10^7$  à  $10^8$  km.

Tous ces éléments prennent naissance à partir du noyau. Tout d'abord les couches superficielles gazeuses subissent une sublimation rapide qui entraînent les poussières. A proximité du centre, ces particules se répartissent régulièrement pour donner la chevelure ou coma. Plus loin, elles sont repoussées à l'opposé du Soleil par la pression de radiations : elles constituent la queue de poussières (jaunâtre) dont la forme courbée caractéristique s'explique par le fait que les grains se déplaçant relativement lentement, la comète a le temps de se déplacer sur son orbite pendant que la poussière avance dans la queue.

Une partie des gaz émis par le noyau est ionisée par le rayonnement UV du Soleil et forme un plasma qui est « soufflé » par le champ magnétique du vent solaire jusqu'à des vitesses d'environ 400 km/s. Cette queue de plasma (bleuâtre) est toujours rectiligne, les forces de gravitation s'exerçant sur les ions étant négligeables, contrairement aux grains de poussières.

### CONSTITUANTS DES COMETES.

L'analyse spectroscopique de la chevelure et des queues a permis de dresser un tableau de nombreux radicaux ou molécules. On a essentiellement :

ORGANIQUES : C, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, CH, CN, CO, CS, HCN, CH<sub>3</sub>CN, CH<sub>3</sub>OH, CH<sub>2</sub>NH.

INORGANIQUES : H, NH, NH<sub>2</sub>, O, OH, H<sub>2</sub>O.

MÉTAUX : Na, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu.

IONS : C<sup>+</sup>, CO<sup>+</sup>, CO<sub>2</sub><sup>+</sup>, CH<sup>+</sup>, H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>, OH<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup>, N<sub>2</sub><sup>+</sup>.

POUSSIÈRES : silicates.

La majorité de ces constituants n'est pas stable et provient très certainement de « molécules-mères » plus grosses. Mise à part l'eau, on ne connaît pas la nature exacte de ces dernières et l'on espère bien que les missions spatiales vers HALLEY en 1986 lèveront un coin du voile.

### LE PASSAGE DE HALLEY EN 1986.

#### Les moyens d'observation.

Ce retour est préparé par le monde astronomique depuis de nombreuses années.

Tout d'abord, *in situ*, plusieurs sondes doivent nous faire parvenir une foule de renseignements :

- deux sondes soviétiques VEGA,
- une sonde japonaise PLANET A,
- une sonde européenne GIOTTO.

Ces sondes doivent passer à proximité de HALLEY entre le 8 et le 13 mars 1986 à une distance minimale située entre 500 km (GIOTTO) et 20 000 km (PLANET A). De plus, la N.A.S.A. doit mettre en orbite terrestre, un observatoire ASTRO en mars 1986. Il emportera divers instruments, en particulier trois télescopes UV et deux caméras grand-champ qui seront tous tournés vers HALLEY.

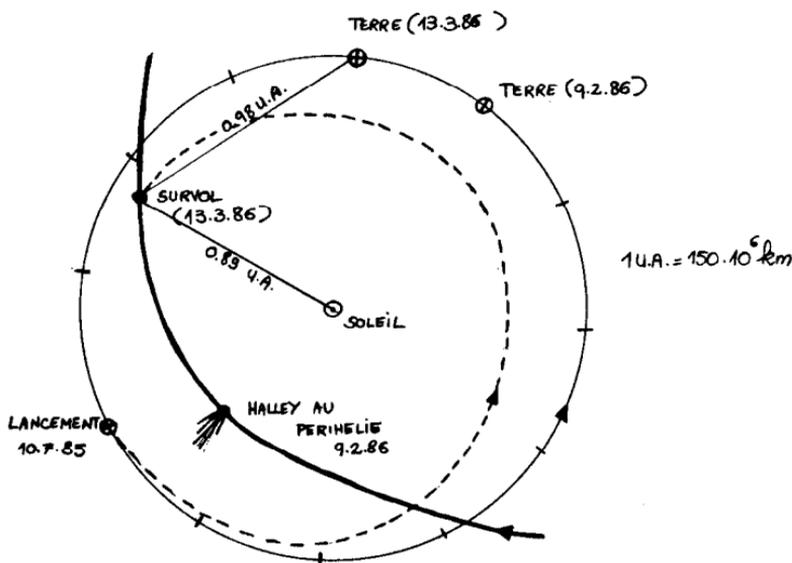


Fig. 5. — Trajectoire de la sonde européenne GIOTTO.

La moisson de documents devrait être très importante mais elle sera collectée sur une période très courte de quelques heures. Il a donc été nécessaire de mettre sur pied une structure d'observation au sol ; l'I.H.W. (International Halley Watch). Elle regroupe tous les chercheurs désirant effectuer des travaux sur la comète et coordonne tous les programmes de recherche sur cette question. En France une structure identique — en contact avec la précédente — a été mise en place : la R.C.P. (recherche coopérative sur programme) 639.

Le monde professionnel astronomique a mobilisé près de 30 % de ses troupes — soit environ 1 000 personnes — pour ce passage. Il faut remarquer que l'I.H.W. et la R.C.P. ont inclus dans les groupes de recherche une commission « astronomes amateurs ». Ces derniers entendent bien profiter de l'occasion pour acquérir de nouvelles méthodes d'observation afin de poursuivre leurs efforts à propos de l'étude des comètes et ceci bien au-delà du passage de HALLEY.

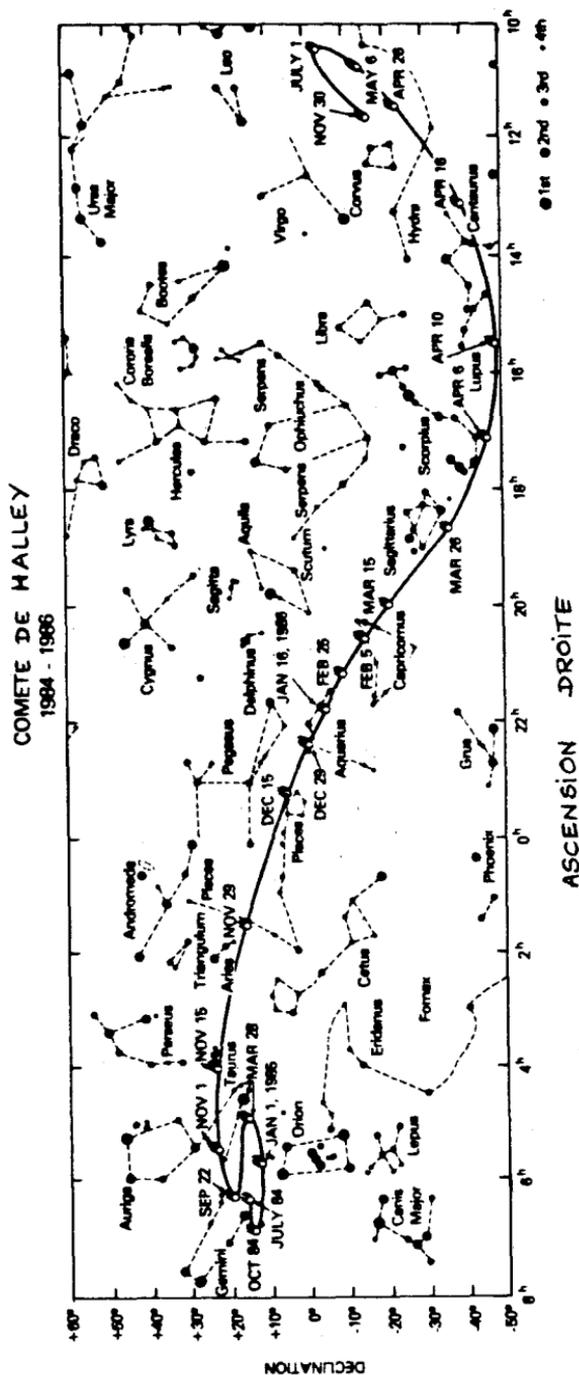


Fig. 6. — Trajectoire de la comète de Halley sur la sphère céleste de juillet 1984 à novembre 1986. Notez les boucles rétrogrades et le passage de l'hémisphère Nord à l'hémisphère Sud entre fin 1985 et début 1986.

## LE CALENDRIER DE L'OBSERVATEUR.

Ce dernier est lié à la trajectoire en projection sur la sphère céleste de la comète.

Nous donnons ci-après les indications essentielles pour observer HALLEY avec des jumelles (7 × 50 ou, mieux, 10 × 80) ou à l'œil nu, dans la période allant du 1<sup>er</sup> août 1985 au 15 mai 1986. La dernière colonne comporte des numéros se rapportant à des remarques développées dans le texte qui suit.

CALENDRIER D'OBSERVATION DE LA COMETE DE HALLEY  
(1985-1986)

Date	mag	Elong (°)	Dec (°)	Delta (UA)	R (UA)	Evénements	
01-08-85	13.8	40	+ 19	3.8	3.1	MATIN	
01-09-85	12.6	66	+ 19	3.0	2.7		
15-09-85	12	79	+ 20	2.55	2.55		
01-10-85	11	95	+ 20	2.0	2.3		
15-10-85	10	111	+ 21	1.6	2.2		
29-10-85	9	131	+ 22	1.2	2.0		
08-11-85	8	151	+ 22	0.69	1.8		
19-11-85	7	176	+ 21	0.67	1.66	VISIBLE TOUTE LA NUIT	1
27-11-85	6.5	147	+ 17	0.62	1.54		2
01-12-85	6.3	132	+ 14	0.63	1.48		
24-12-85	6	69	0	1.0	1.13		
18-01-86	5	29	- 6	1.45	0.76		3
09-02-86	4 ?	8	- 10	1.55	0.587	INVISIBLE	
26-02-86	4 ?	30	- 15	1.33	0.69		4
15-03-86	4.5	57	- 23	0.94	0.92		5
01-04-86	4	96	- 39	0.53	1.18		
11-04-86	4	135	- 47	0.42	1.33		
17-04-86	4.5	149	- 38	0.47	1.4		6
22-04-86	5	145	- 29	0.56	1.5		
01-05-86	6	129	- 18	0.8	1.6	SOIR	7
16-05-86	7.5	107	- 10	1.28	1.85		

 : période de meilleure visibilité pour le territoire métropolitain.  
 Magnitude (mag) : grandeur représentative de l'éclat de l'objet observé.  
 Elle suit la loi de Pogson, où E1 et E2 sont les éclats de deux objets de magnitude relative m1 et m2 :  $m_1 - m_2 = -2,51 \cdot \log (E_1/E_2)$ .  
 Le zéro de l'échelle des magnitudes relatives est établi par convention.  
 L'étoile la plus brillante du ciel (Sirius) a une magnitude de -1,4 et la limite visuelle d'un œil moyen est de 6.

Elong. : élongation ; angle Soleil - Terre - Comète.

Dec : déclinaison ; hauteur angulaire par rapport à l'équateur céleste.

Delta : distance de la comète à la Terre exprimée en unités astronomiques.

R : distance de la comète au Soleil en unités astronomiques.

- (1) : La comète, que l'on pouvait voir dans le ciel du matin, va devenir visible toute la nuit autour de la période d'opposition (4) (19 novembre 1985) et sera déjà bien visible avec de simples jumelles.
- (2) : Le premier périhélie (distance minimale Terre-comète) vient d'avoir lieu (27 novembre 1985) à 0,62 UA de la Terre. Le mouvement apparent de la comète est de l'ordre de 3° par jour. La déclinaison (5) de HALLEY diminuant progressivement, elle plonge rapidement vers l'hémisphère austral, apparaissant toujours plus bas sur l'horizon du soir.
- (3) : HALLEY, trop proche angulairement du Soleil, disparaît dans le crépuscule.
- (4) : HALLEY passe au périhélie le 9 février 1986. La comète est totalement invisible. Elle sera de nouveau visible dans le ciel du matin à l'est à partir du 26 février. Cependant, sa déclinaison continuant à diminuer, elle restera très basse sur l'horizon, pour nos latitudes, et sera probablement noyée dans les brumes matinales.
- (5) : Passage des sondes automatiques entre le 8 et le 13 mars.
- (6) : Deuxième périhélie le 11 avril 1986. La comète est de nouveau en opposition avec le Soleil le 17 avril et devrait être un bel objet pour les observateurs de l'hémisphère Sud, très haut sur l'horizon.
- (7) : La déclinaison croissant de nouveau, les observations dans l'hémisphère Nord peuvent reprendre dans des conditions satisfaisantes qui ne seront donc pas remplies, pour nous, entre le 15 janvier et le 20 avril, c'est-à-dire la période la plus intéressante ! Les choses se présentent mieux dans l'hémisphère Sud mais d'une manière générale, ce passage de HALLEY est le plus mauvais depuis 2000 ans ! Ceci est clair sur la fig. 7.

On peut donc résumer les commentaires du tableau sur un schéma donnant la position de la comète par rapport à l'horizon terrestre pour un observateur situé par 40° de latitude Nord (fig. 8).

Remarquons que les fig. 1, 6, 7 et 8 sont tirées d'un document établi par l'I.H.W.

---

(4) *Opposition*. L'astre considéré se trouve dans une constellation opposée à celle qu'occupe le Soleil (ceci, en projection sur la sphère céleste).

(5) *Déclinaison*. C'est l'angle au centre que fait le cercle horaire de l'astre avec l'équateur céleste. C'est l'analogue de la latitude. Elle est comptée de 0 à +90° en direction du Nord et de 0 à -90° vers le Sud.

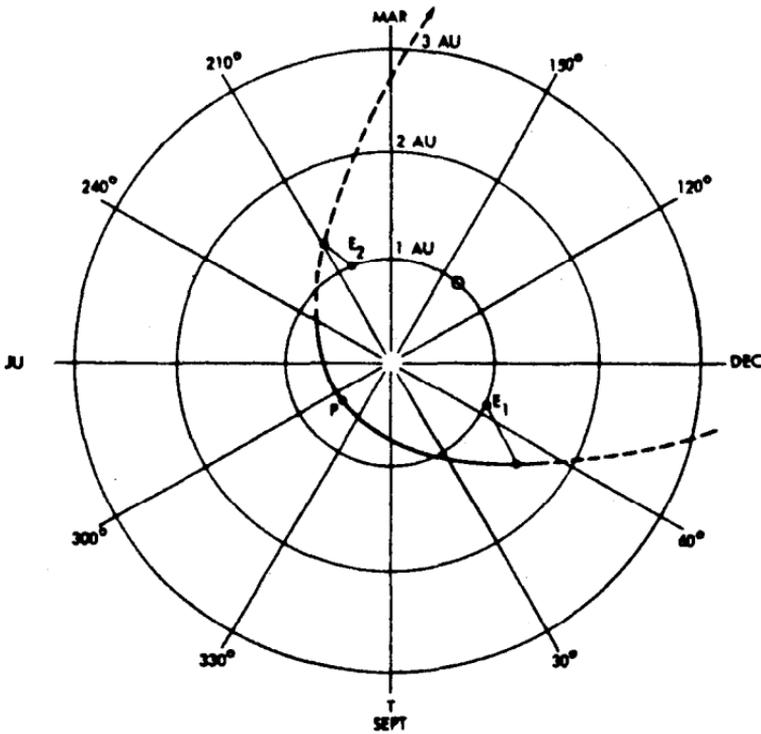


Fig. 7. — Représentation schématisée de l'orbite de la comète de Halley au voisinage du périhélie :

- P : périhélie de la comète de Halley,
- E1 : premier périhélie,
- E2 : second périhélie,
- O : position de la Terre à l'instant du périhélie de Halley.

Il est également intéressant de disposer d'une carte du ciel pour la période d'observation la plus favorable, c'est-à-dire entre le 19 novembre 1985 et le 18 janvier 1986. On a donc représenté sur la fig. 9 la trajectoire de la comète pour cet intervalle de temps.

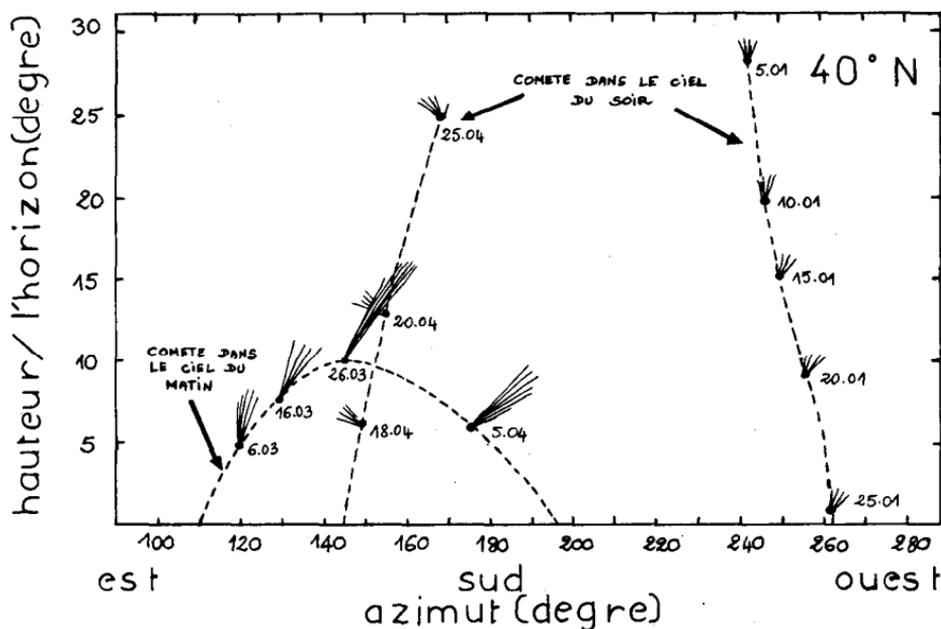


Fig. 8. — Position de la comète par rapport à l'horizon local de l'observateur, au début du crépuscule astronomique le soir et à sa fin le matin. L'azimut est dit géodésique, c'est-à-dire qu'il représente l'angle entre le plan vertical Nord et le plan vertical passant par l'objet considéré. Il est compté de 0 à 360° vers l'Est qui se trouve donc à 90°.

### CONCLUSION.

Le passage de HALLEY en 1986 va permettre la réalisation d'une grande première scientifique : l'observation *in situ* d'une comète (6). La moisson de renseignements recueillis, ajoutée à celle obtenue au sol, devrait apporter des réponses aux nombreuses questions que nous nous posons à propos des comètes mais également à d'autres, comme celles relatives au proto-Système Solaire.

(6) Il ne s'agit pas tout à fait d'une première, car les Américains ont détourné un satellite initialement en orbite solaire (ISEE-3) pour passer à proximité de la comète Giacobini-Zinner en septembre 1985 mais les expériences seront loin d'être aussi spectaculaires que celles prévues au printemps 1986.

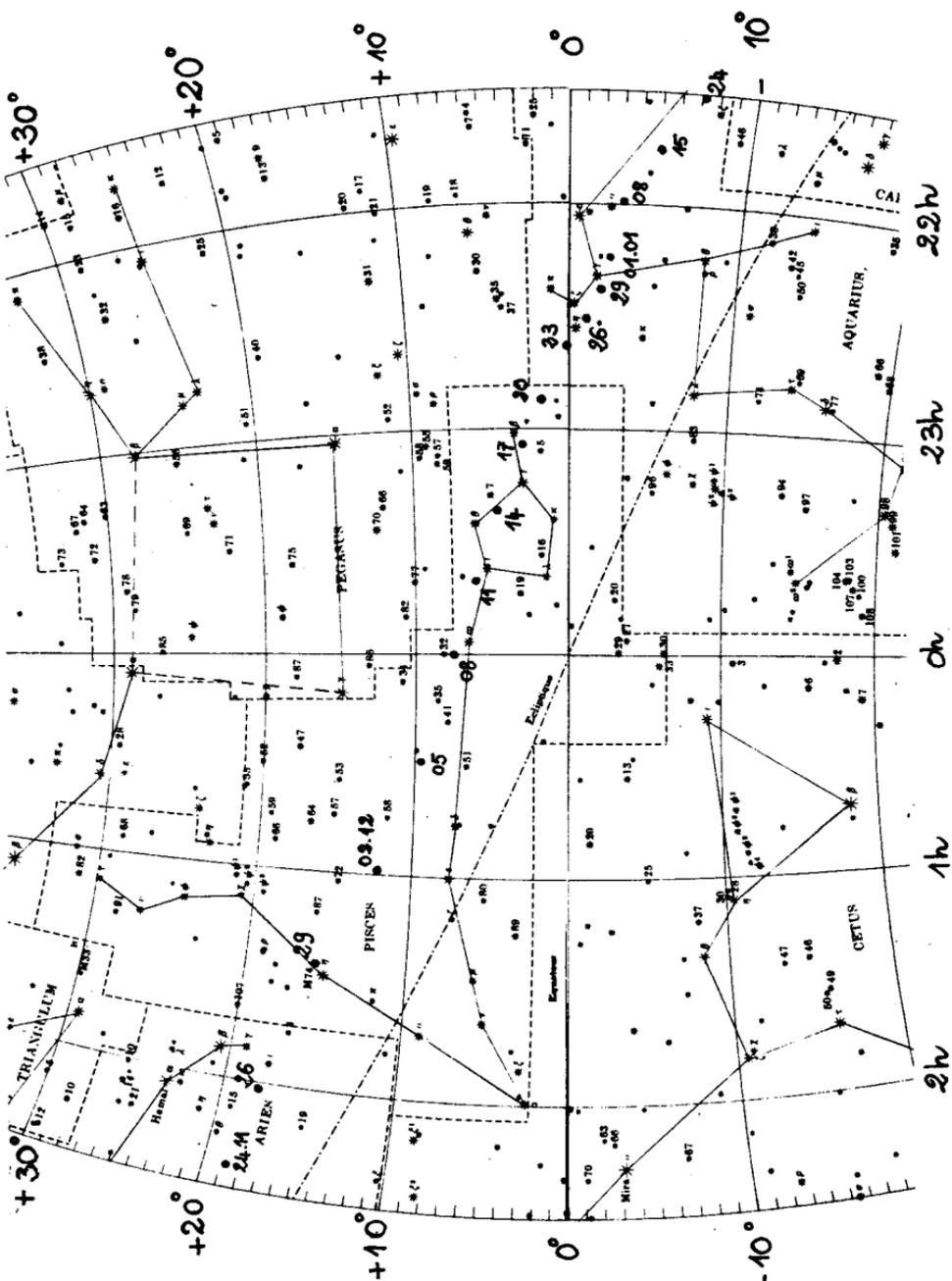


Fig. 9. — Trajectoire de la comète de Halley pour la période allant du 19 novembre 1985 au 18 janvier 1986.

Remarquons que le plus humble observateur est invité à apporter sa modeste contribution à cet effort gigantesque à travers la R.C.P. 639 sur laquelle je suis prêt à donner des renseignements à qui le désirera, pour peu qu'il fasse parvenir sa demande à l'adresse suivante :

Pierre MAGNIEN,

Lycée Technique J.-Haag,

1, rue Labbe, 25041 Besançon Cedex.

---