

EN ATTENDANT SON RETOUR ... (2)

Après une interruption, due à des causes purement terrestres, poursuivons notre feuilletton historico-astronomique pour apaiser un peu notre impatience avant le retour de la comète de Halley. Depuis Tycho Brahé, les comètes ont acquis leur statut d'objets célestes. Leurs apparitions imprévues et leurs mouvements par rapport aux étoiles fixes posent alors le problème de leurs orbites. Kepler remarque très vite que la trajectoire rectiligne ne convient pas. Mais il ne s'attache pas à ce problème ; à quoi bon s'acharner à calculer l'orbite d'un astre qui doit bientôt disparaître ? L'astronome, pense-t-il, a mieux à faire...

2.1. Les comètes de 1665 et de 1680

Deux comètes, celle de 1665 et celle de 1680, firent avancer la solution par les observations qu'elles permirent et par les polémiques qu'elles provoquèrent.

La comète de 1665 fut exceptionnellement brillante. Elle intrigua LouisXIV et c'est peut-être pour cette raison qu'une réunion fut organisée à son sujet au Collège de Clermont (devenu depuis lycée Louis-le-Grand). Ce premier colloque consacré à la physique des comètes révéla d'ailleurs que pour maints participants la nature céleste des comètes n'était pas encore un fait définitivement acquis.

Parmi ceux qui observèrent la comète citons Adrien Auzout et Cassini qui, indépendamment l'un de l'autre, cherchaient à approcher de l'orbite observée par un cercle très excentré. On connaît surtout Auzout comme l'inventeur du micromètre à fils qui devait grandement améliorer la précision des mesures de position. On sait moins que dès cette époque il écrivait à un prélat fort influent que l'hypothèse de Copernic n'était ni absurde ni philosophiquement fautive, les Saintes Ecritures n'ayant nullement pour objet de nous instruire sur les principes de la physique et de l'astronomie ; une opinion qui fut ensuite celle de Newton. A l'époque, Cassini était encore en Italie si bien que c'est curieusement par l'intermédiaire de la savante reine Christine de Suède qu'il eut connaissance du travail de Auzout sur la comète. Ils allaient bientôt se rencontrer à l'Observatoire de Paris.

Newton, dans son troisième livre "Du système du Monde" dans les Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle (que je noterai PMPN car nous aurons beaucoup à la citer), traite abondamment des comètes. Voici ce qu'il écrit de la comète de 1665 :

"La comète qui parut au mois d'avril 1665 surpassait par son éclat, selon Hévélius, presque toutes les étoiles fixes, & même Saturne par la vivacité de sa lumière. Ainsi cette comète était plus brillante que celle qui avait paru à la fin de l'année précédente. Laquelle cependant avait été jugée aussi brillante que les étoiles de première grandeur. Le diamètre de sa chevelure était presque de 6' & son noyau étant comparé aux planètes par le secours d'une lunette, était sans aucun doute plus petit que Jupiter, & paraissait quelquefois égaler le globe de Saturne, & quelquefois il paraissait plus petit. Or comme le diamètre de la chevelure des comètes passe rarement 8' ou 12', & que celui du noyau ou de l'étoile centrale est presque la dixième ou même quelquefois la quinzième partie du diamètre de la chevelure, il est clair que ces étoiles ont pour la plupart la même grandeur apparente que les planètes. Ainsi comme on peut ordinairement comparer leur lumière avec celle de Saturne & que quelquefois elle la surpasse, il est clair que toutes les comètes dans leur périhélie sont au-dessous de Saturne ou très peu au-dessus. Ceux donc qui les placent dans la région des étoiles fixes se trompent extrêmement : car à cette distance elles ne devraient pas être plus éclairées par notre Soleil que les planètes de notre système le sont par les étoiles fixes."

Newton se réfère avec juste raison aux observations de Hevelius, nom latinisé de Johann Hewelke (1611-1687), un patricien de Danzig (Gdansk) qui avait acquis la réputation d'un observateur très habile attaché à la précision de ses mesures. Notons aussi que dans le texte précédent Newton parle du périhélie de la comète mais sans rien préciser encore la nature de l'orbite. A l'époque, en 1665 (non à l'époque des PMPN), il essaye encore de représenter le mouvement de la comète sur une trajectoire rectiligne ainsi que faisait Kepler.

C'est Borelli (1608-1679), le savant de Messine, qui soupçonne le premier l'orbite elliptique des comètes. Mais il n'en apporte pas la démonstration. Son ambition était de créer une mécanique générale. Il identifie la physique terrestre et la physique céleste même s'il ne le formule pas aussi clairement que Newton le fera quelques années plus tard. Mais sa mécanique fondée sur le principe de la conservation du mouvement et de la vitesse ne prend pas en compte l'accélération ; elle ne pourra avoir la portée de la synthèse newtonienne. Cependant, pour les orbites de comète, il était en avance sur Newton qui reconnaîtra bien vite qu'il faut abandonner l'orbite rectiligne.

Autre précurseur, George Samuel Doerfel qui observa, depuis son village de Saxe, la comète de 1680. Découverte le 14 novembre, elle disparut peu après dans la lumière du Soleil pour réapparaître le 22 novembre. C'est en tout cas la thèse que défendit Doerfel, dans un ouvrage qu'il publia en 1681, contre ceux qui prétendaient qu'il s'agissait de deux comètes distinctes. Grâce à une subtile construction géométrique, sans calcul, il montre que la trajectoire de cette comète était parabolique. Avec une certaine audace, il en infère que toutes les orbites cométaires sont des paraboles.

2.2. La solution newtonienne

Dans le troisième livre des PMPN, Newton a commencé par expliquer le système du Soleil, de la Terre, de la Lune et des planètes quand il en vient à l'étude des comètes. Il justifie d'abord la proposition suivante :

|| "Lemme IV. Les Comètes sont placées au-dessus de la Lune et viennent dans la région des Planètes."

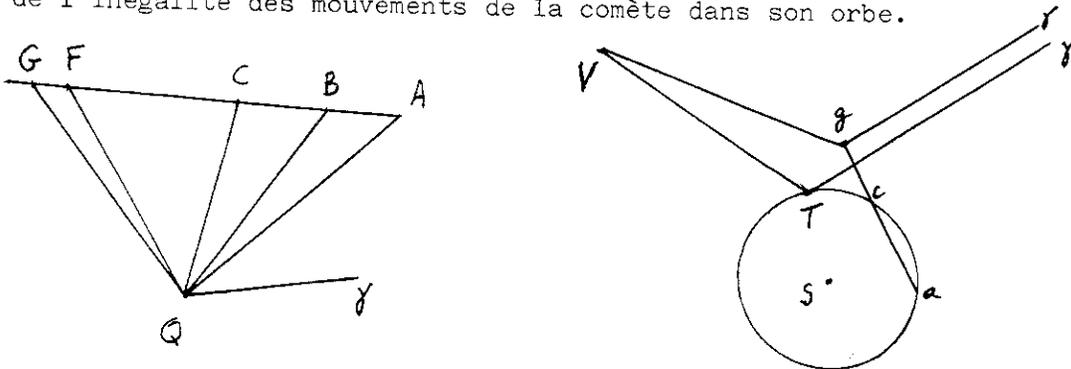
Justification qualitative pour commencer :

"De même que le défaut de parallaxe diurne fait voir que les comètes sont au-dessus des régions sublunaires, leur parallaxe annuelle prouve qu'elles descendent dans la région des planètes. Car les comètes qui vont suivant l'ordre des signes sont toutes, vers la fin de leur apparition, de plus en plus retardées ou même rétrogrades, si la Terre est entr'elles & le Soleil, & accélérées également, si la Terre est en opposition. Au contraire, les comètes qui vont contre l'ordre des signes vont plus vite vers la fin de leur apparition, si la Terre se trouve entr'elles et le Soleil, & elles vont plus lentement ou sont rétrogrades, si la Terre se trouve en opposition avec elles. Ces mouvements apparents des comètes viennent principalement des mouvements de la Terre dans ses différentes positions par rapport à elles, de même que les planètes nous paraissent quelquefois rétrogrades, quelquefois plus lentes & quelquefois plus promptes selon que leur mouvement conspire avec celui de la Terre ou qu'il lui est contraire. Si la Terre va du même côté que la comète, & qu'elle soit transportée autour du Soleil d'un mouvement angulaire qui surpasse assez celui de la comète pour que la ligne qui suivrait continuellement la Terre et la comète convergeât du côté qui est par delà la comète, la comète vue de la Terre paraîtra alors rétrograde à cause de son mouvement plus lent ; mais si la Terre est mue plus lentement, le mouvement de la comète (en retranchant celui de la Terre) devient encore plus lent.

Et lorsque la Terre ira du côté opposé à celui de la comète, la comète paraîtra plus rapide."

Suivons alors le raisonnement géométrique de Newton :

"Soient γQA , γQB , γQC trois longitudes de la comète, observées au commencement de son mouvement, & soit γQF la dernière longitude observée lorsque la comète cesse d'être aperçue. Soit de plus tirée la ligne ABC dont les parties AB, BC séparées par les lignes QA & QB, QB & QC, soient entre elles comme les temps écoulés entre les trois premières observations. Soit prolongé AC jusqu'en G, en sorte que AG soit à AB comme les temps entre la première et la dernière observation, est au temps entre la première & la seconde, & soit enfin tirée la ligne QG : si la comète était mue uniformément dans une ligne droite, & que la Terre fut en repos ou qu'elle avançât en ligne droite d'un mouvement uniforme, l'angle γQG serait la longitude de la comète au temps de la dernière observation. L'angle FQG, qui est la différence de ces longitudes, est donc formé par l'inégalité des mouvements de la Terre et de la comète. Cet angle, si la Terre & la comète vont vers des côtés opposés, étant ajouté à l'angle γQG rendra le mouvement apparent de la comète plus prompt ; mais si la comète et la Terre vont vers le même côté, il faut soustraire l'angle FQG de ce même angle γQG et cette soustraction rendra le mouvement apparent de la comète plus lent, ou même rétrograde, comme je viens de le faire voir. Cet angle est formé principalement par le mouvement de la Terre, & par conséquent on peut le prendre pour la parallaxe de la comète, en négligeant le petit décrement ou le petit increment de cet angle qui peut naître de l'inégalité des mouvements de la comète dans son orbe.



On tire de cette parallaxe la distance de la comète en cette manière. Que S représente le Soleil, acT le grand orbe, a le lieu de la Terre dans le temps de la première observation, c son lieu dans le temps de la troisième, T celui où elle se trouve dans le temps de la dernière, & Tγ la ligne droite tirée vers le commencement d'Aries. Soit pris l'angle γTV égal à l'angle γQF , c'est à dire à la longitude de la comète lorsque la Terre est en T. Soit de plus tirée ac prolongée en g, en sorte que $ag/ac = AG/AC$ & g sera le lieu que la Terre aurait atteint au temps de la dernière observation par un mouvement continué uniformément dans la ligne droite ac. Donc si on tire la ligne gγ parallèle à Tγ, & qu'on fasse l'angle γgV égal à l'angle γQG , cet angle γgV sera égal à la longitude de la comète vue du lieu g ; & l'angle TVg sera la parallaxe qui vient de la translation de la Terre du lieu g au lieu T : & par conséquent V sera le lieu de la comète dans le plan de l'écliptique. Ce lieu V est ordinairement inférieur à l'orbe de Jupiter."

Newton énonce trois conclusions sous forme de corollaires :

Cor 1. Les comètes brillent parce qu'elle réfléchissent la lumière du Soleil.

Cor 2. On doit voir par ce qui a été dit, pourquoi les comètes s'approchent si fort du Soleil. Si elles étaient vues dans les régions beaucoup au delà de Saturne, elles devraient paraître plus souvent dans les parties du ciel opposées au Soleil ; & celles qui seraient placées dans ces parties du ciel seraient plus voisines de la Terre ; & le Soleil étant interposé obscurcirait les autres. Mais en parcourant l'histoire des comètes, j'ai

trouvé qu'on en a trouvé quatre ou cinq fois plus dans l'hémisphère qui est vers le Soleil que dans l'hémisphère opposé, outre beaucoup d'autres qu'il n'est pas douteux que les rayons du Soleil n'aient empêchés d'être visibles...

Cor 3. Il suit delà que les espaces célestes sont dénués de toute résistance car les comètes suivent des routes obliques et quelquefois contraires à celles des planètes, & elles se meuvent très-librement en tout sens, & conservent très longtemps leurs mouvements, même ceux qui se font contre l'ordre des signes."

Juste après ces corollaires, cette phrase significative : "Je me trompe beaucoup si les comètes ne sont pas des corps de même genre que les planètes, & si elles ne circulent pas perpétuellement dans un même orbe..." Autrement dit, ce sont des objets du système solaire et non des météores comme certains persistaient encore à le prétendre. Newton énonce donc :

PROPOSITION XL. THEOREME XX : Les comètes se meuvent dans des sections coniques dont le foyer est dans le centre du Soleil, & elles décrivent autour de cet astre des aires proportionnelles au temps.

Ce qu'il complète par quatre corollaires dont je ne citerai que les deux premiers :

"Cor 1. De là il suit, que si les comètes tournent dans des orbes, ces orbes sont des ellipses, & leurs temps périodiques doivent être aux temps périodiques des planètes en raison sesquiplée de leurs grands axes. Donc la plus grande partie des comètes faisant leur révolution dans des orbes qui renferment ceux des planètes, & qui sont par conséquent plus grands que les leurs, elles doivent se mouvoir plus lentement qu'elles : en sorte que si l'axe de l'orbe d'une comète est quatre fois plus grand que l'axe de l'orbe de Saturne, le temps de la révolution de la comète sera au temps de la révolution de Saturne, c'est à dire à 30 ans, comme 8 à 1, ainsi elle sera de 240 ans.

Cor 2. Les orbes des comètes approchent beaucoup de la parabole, en sorte qu'on peut, sans erreur sensible, les prendre pour des paraboles."

Bien sûr, Newton ne s'en tient pas à ces généralités. Il indique aussi les moyens de calculer l'orbite d'une comète à partir de quelques observations et c'est la méthode qui sera utilisée par Halley pour la comète de 1682. Nous devons donc y revenir. Pour cette fois, le lecteur voudra bien nous pardonner d'avoir aussi longuement laissé la parole à Newton lui-même ; il nous a semblé qu'à commenter le texte du grand savant, nous priverions du plaisir de le lire attentivement pour suivre mieux sa pensée.

(à suivre)

K.Mizar

* * * * *

LES CAHIERS CLAIRAUT: Bulletin de liaison du CLEA

Directeur de la publication: L. Gouguenheim Université Paris Sud

Laboratoire d'Astronomie Bât. 470 91405 ORSAY CEDEX

Comité de Rédaction: D. Bardin, L. Bottinelli, J. Dupré, M. Gerbaldi, L. Gouguenheim, J.P. Parisot, J. Ripert, D. Toussaint, V. Tryoën, G. Walusinski.

Edité à l'Université Paris Sud, Laboratoire d'Astronomie Bât.470 91405 ORSAY CEDEX

Prix du numéro: 13f; abonnement annuel (4 numéros): 50f

Dépôt légal: 1er semestre 1979; Numéro d'inscription à la CPPAP: 61660

ATTENTION ! Notre adresse est légèrement modifiée: le bâtiment est désormais le n° 470.