

AVEC NOS ÉLÈVES

Des maquettes pour comprendre le mouvement des comètes

Francis Berthomieu

Les prochains mois devraient être, selon les spécialistes, d'excellentes opportunités pour observer des comètes. Deux d'entre elles sont annoncées comme potentiellement très brillantes : C/2011 L4 - PANSTARRS et C/2012 S1 - ISON. Pour mieux comprendre les éventuels phénomènes que l'on pourra observer, voici quelques suggestions pour construire des maquettes en trois dimensions de leurs trajectoires.

Les paramètres orbitaux

Comme pour tout objet qui parcourt le système solaire, les paramètres orbitaux d'une comète sont généralement établis à partir du suivi de sa trajectoire : si l'on néglige les perturbations gravitationnelles des objets célestes qu'elle va côtoyer, cette trajectoire est plane et il s'agit d'une conique, dont le Soleil occupe un foyer.

D'un point de vue mathématique, les orbites des comètes sont définies à l'aide de cinq paramètres principaux :

Lorsque ce satellite du Soleil passe au point le plus proche du Soleil, P, on dit qu'il est au périhélie.

Sa distance au Soleil est alors appelée *distance périhélique*, généralement notée « q ».

Selon la valeur de son *excentricité* « e » l'orbite de la comète peut être quasiment circulaire ($e = 0$), elliptique ($e < 1$), parabolique ($e = 1$) ou hyperbolique ($e > 1$).

Dans le seul premier cas, la comète est périodique et l'on note T sa période. Dans les deux derniers il s'agit d'une comète non périodique qui ne devrait effectuer qu'un seul passage dans le système solaire.

Ces deux paramètres q et e suffisent pour construire l'orbite, mais il faut préciser la position du plan orbital par rapport à celui de la Terre, le plan de l'écliptique : ces deux plans contenant le Soleil, ils se coupent selon une droite, qui elle-même rencontre l'orbite cométaire en deux points, les nœuds ascendant et descendant.

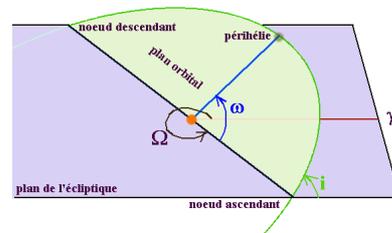
L'angle Ω que fait la direction Soleil-point vernal γ , avec la direction Soleil-nœud ascendant est la *longitude du nœud ascendant*.

Dans le plan de l'orbite cométaire, l'angle « ω » que font la direction Soleil-nœud ascendant et la

direction Soleil-périhélie, est l'*argument de latitude du périhélie*.

Enfin, l'*inclinaison* « i » est l'angle que fait le plan orbital de la comète avec celui de l'écliptique. Il ne peut varier qu'entre 0 et 180°. Vu depuis le pôle nord de l'écliptique, une comète qui semble tourner, comme la Terre, dans le sens trigonométrique, direct, aura une inclinaison inférieure à 90°. Si c'est l'inverse, son inclinaison sera comprise entre 90 et 180°.

On peut obtenir facilement ces paramètres sur le site de l'IMCCE : à la rubrique "éphémérides", il existe un lien vers des "notes cométaires", et des onglets pour s'informer sur les comètes, classées par numéro, nom ou date de découverte.



Comment construire l'orbite?

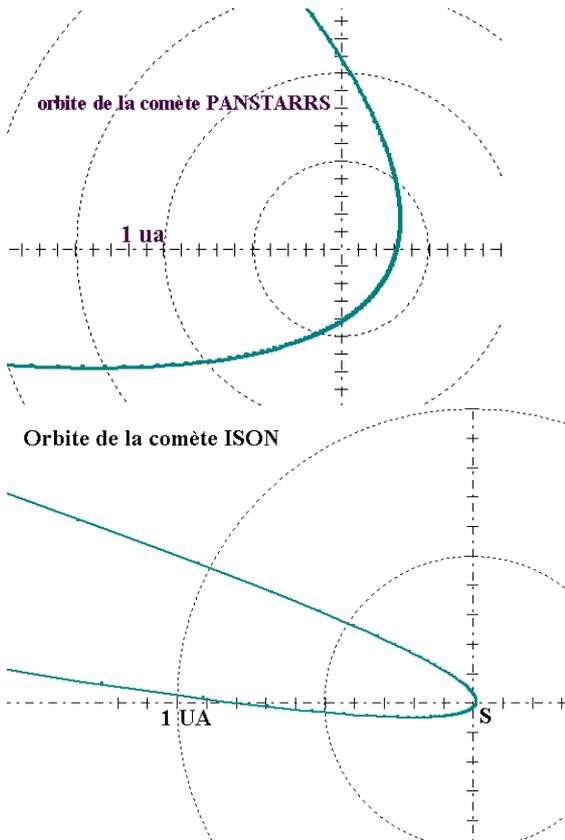
L'ordinateur est un moyen commode de tracer la courbe représentative d'une orbite en coordonnées polaires. En prenant le Soleil pour centre, en appelant respectivement α et r l'*angle polaire* et le *rayon*, l'équation classique, en fonction des paramètres orbitaux définis précédemment est :

$$r = \frac{(1 + e) q}{1 + e \cos(\alpha - \omega)}$$

Voici les paramètres orbitaux des deux comètes que nous attendons avec impatience.

comète	PANSTARRS	ISON
q	0,30167 ua	0,01244 ua
e	1,00013	1,00000
Ω	65,6677 °	295,6552 °
ω	333,6333 °	345,5633 °
i	84,1396 °	62,3863 °

On constate ($e = 1$) que ces deux comètes ont une trajectoire parabolique : cela semble prouver qu'elles viennent directement du nuage de Oort. Il est facile de faire tracer leurs orbites à un ordinateur : on obtient les courbes suivantes.



Il est un peu plus délicat de situer la comète à une date donnée : en effet, les éphémérides ne donnent pas l'angle polaire. Mais on peut le calculer à partir de la distance au Soleil qui, elle, est donnée. On trouve :

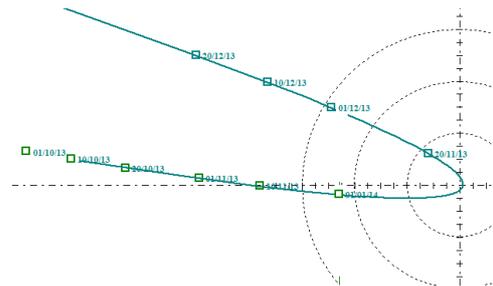
$$\alpha = \omega + \arccos \left[\frac{(1+e)q - r}{re} \right]$$

Des maquettes

En choisissant ainsi quelques dates caractéristiques, on peut placer la comète sur sa trajectoire aux dates choisies, et en associant ce tracé à un découpage adéquat, construire en 3D une maquette où sera visualisée l'orbite de chacune des deux comètes lors de son passage au voisinage de l'orbite terrestre.

Voici le tableau obtenu avec REGRESSI pour la comète ISON, suivi de la trajectoire « datée ».

i	r	α	date
	ua	°	
0	1.65	-184.4	01/10/13
1	1.48	-183.9	10/10/13
2	1.27	-183	20/10/13
3	0.99	-181.5	01/11/13
4	0.76	-179.7	10/11/13
5	0.46	-175.5	20/11/13
6	0.17	134.2	01/12/13
7	0.57	148.6	10/12/13
8	0.83	151.5	20/12/13
9	1.12	153.5	01/01/14



On peut faire de même pour PANSTARRS. Vous trouverez sur la page suivante les éléments à photocopier sur bristol puis à découper pour construire les deux maquettes, que voici.

