

# AVEC NOS ÉLÈVES

## Utiliser des éphémérides avec des élèves

Pierre Causeret, Esbarres

Cet article propose une série de manipulations à réaliser avec les élèves en utilisant des éphémérides. Par exemple déterminer la durée de la journée, dessiner l'orbite d'une planète ou d'une comète ou encore déterminer les variations de distances en fonction du temps.

Pour de nombreuses activités, de l'école primaire au supérieur, nous avons besoin d'éphémérides<sup>1</sup>. Voici quelques exemples d'utilisation.

### La durée de la journée

C'est un sujet classique dès l'école primaire, que l'on traitait anciennement à partir d'un calendrier des postes donnant les heures des levers et des couchers du Soleil pour Paris.

Mais il est plus intéressant de le faire pour sa propre localité, à condition de connaître ces heures<sup>2</sup>. On peut ensuite, sans calcul, les disposer sur un graphique (figure 1) ou faire calculer la durée de la journée.

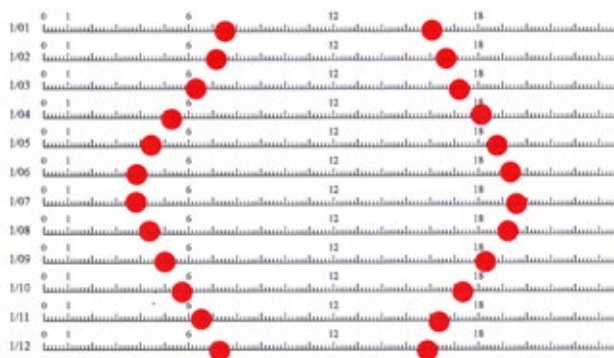


Fig.1. Heures de lever et de coucher du Soleil à Dijon le 1<sup>er</sup> de chaque mois. Ce type de schéma montre bien les variations de la durée de la journée au cours de l'année (fichiers du CD du HS12, S03 pour les horaires et S07 pour le fond).

### Orbite d'une planète

On peut dessiner l'orbite elliptique d'une planète si l'on connaît son excentricité. Si on veut représenter plusieurs orbites, il faut aussi connaître la position des périhélie. Et si, en plus, on veut représenter les planètes à différentes dates, cela se complique. Il

1 Éphéméride : nom féminin [souvent pluriel]. Table donnant de jour en jour, ou pour d'autres intervalles de temps, les valeurs calculées de diverses grandeurs astronomiques variables. (Larousse).

2 Le hors série n° 12 *Astronomie à l'école* donne les heures de lever et de coucher du Soleil pour une dizaine de villes françaises (CD-S03). Voir aussi dans l'encadré en fin d'article.

vaut mieux alors utiliser des éphémérides donnant la longitude écliptique héliocentrique<sup>3</sup> des planètes qui nous intéressent ainsi que leur distance au Soleil. On utilise ensuite un logiciel de dessin capable de lire des fichiers de données.

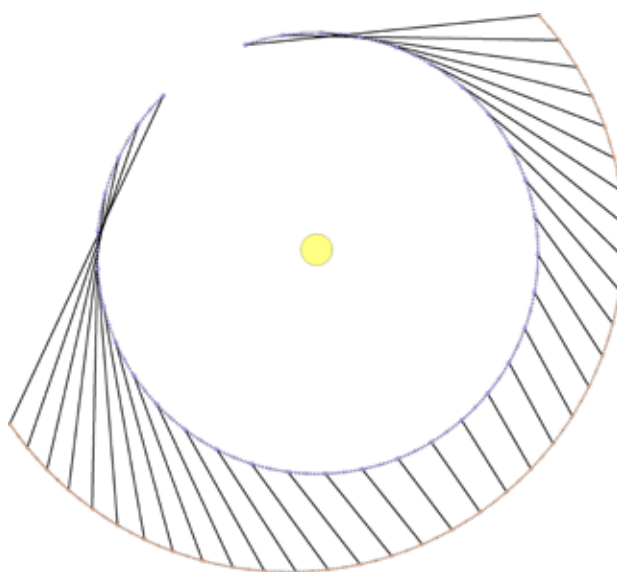


Fig.2. Positions de la Terre (en bleu) et de Mars (en orange) de jour en jour du 4/02/2018 au 10/01/2019. On suppose ici que les deux planètes tournent dans le même plan. On a joint la Terre à Mars tous les 10 jours pour mieux voir les variations de distance et de direction. Ce schéma a été réalisé à partir des éphémérides de l'IMCCE avec le logiciel Processing (même chose pour les schémas suivants).

### Rétrogradation de Mars

Si on se place dans un repère géocentrique, on peut visualiser le mouvement apparent de Mars devant les constellations. Comme le plan de l'orbite de Mars n'est pas confondu avec le plan de l'orbite terrestre, on utilisera, en plus de la longitude, la latitude écliptique géocentrique. Le schéma qui suit a été tracé en projection quadratique (l'abscisse est

3 Dans les coordonnées écliptiques héliocentriques, le plan de référence est le plan de l'orbite terrestre (ou plan de l'écliptique) et le centre du repère est le Soleil. Voir le n° 155 des Cahiers Clairaut (automne 2016).

proportionnelle à la latitude et l'ordonnée à la longitude).

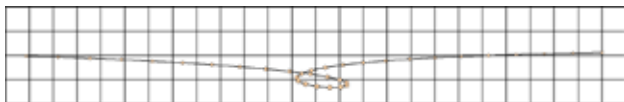


Fig.3. Position de Mars dans le ciel entre le 4 février 2018 (à droite) et le 10 janvier 2019 (à gauche). La rétrogradation y est bien visible. La planète est représentée tous les 10 jours, avec un rayon qui augmente avec son éclat.

## Orbite d'une comète

Pour représenter l'orbite de Mars (figure 2), on avait supposé qu'elle était dans le plan de l'écliptique, ce qui est proche de la réalité. Ce n'est plus le cas pour une comète. Comment peut-on alors représenter sa trajectoire ? Il faut supposer qu'elle est contenue dans un plan passant par le Soleil, ce qui est très proche de la réalité, sauf si la comète passe à proximité d'une planète qui va modifier sa course.

Pour positionner la comète jour par jour, il faudrait connaître sa distance au Soleil et l'angle du rayon Soleil-comète avec une position origine (il s'agit de coordonnées polaires dans le plan de l'orbite).

Cela peut se calculer en utilisant les coordonnées cartésiennes (X, Y, Z) de la comète C dans un repère héliocentrique. Connaissant ces coordonnées, on peut :

- calculer la distance Soleil-comète ;
- déterminer la position  $C_0$  de la comète au moment du périhélie (distance au Soleil minimale) ;
- calculer l'angle de SC avec  $SC_0$ . Pour cela, on utilisera le produit scalaire des deux vecteurs.

Il ne reste plus qu'à placer la comète jour après jour avec ces coordonnées polaires.

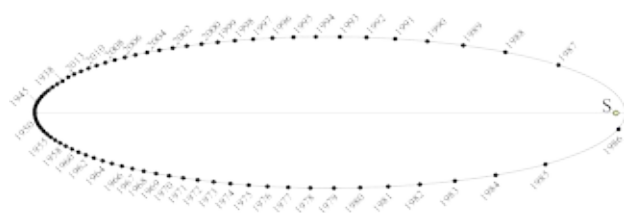


Fig.4. La comète de Halley de 1938 à 2013.

## Étude d'une fonction

On peut imaginer diverses fonctions à étudier dans le cadre du programme de maths de lycée. La figure 5a montre la représentation de la distance Terre-Mars en fonction du temps, tracée à partir des éphémérides de l'IMCCE. Il est possible ensuite de comparer avec une modélisation simplifiée (5b).



Fig.5a. Évolution de la distance Terre - Mars de 2015 à 2040.



Fig.5b. Modèle simplifié utilisant des orbites circulaires parcourues à vitesse constante.

L'utilisation des éphémérides permet de nombreuses autres applications, vérification des lois de Kepler, travail sur les mouvements de la Lune, sur les éclipses...

### Éphémérides

L'IMCCE (Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides) avait un site de calcul d'éphémérides très facile d'utilisation. Suite à un piratage, il est en reconstruction et doit être totalement opérationnel très prochainement. En attendant, voici quelques pistes pour obtenir des éphémérides

#### Coordonnées de planètes, comètes, astéroïdes...

- Observatoire virtuel de l'IMCCE. Formulaire Miriade pour les corps du Système solaire sur :

<http://vo.imcce.fr/webservices/miriade/?forms>.

On choisit le corps, la ou les dates, le centre du repère, coordonnées écliptiques ou équatoriales, sphériques ou rectangulaires... et l'on obtient les coordonnées demandées sous forme texte par exemple lisible par un tableur.

- Logiciel Stellarium. La dernière version permet d'obtenir des éphémérides de planète en coordonnées équatoriales ou horizontales.

#### Heures de lever et de coucher du Soleil

En attendant que le site de l'IMCCE mette un formulaire simple sur le sujet<sup>4</sup>, vous pouvez utiliser le site canadien <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/services/levers/avancees.html>, en français. On donne le nom d'une ville canadienne, d'un observatoire ou les coordonnées d'un lieu dans le monde, le fuseau et l'on obtient les heures de lever, coucher du Soleil ainsi que l'heure du midi pour chaque jour de l'année.

#### Éphémérides papier

On peut signaler les éphémérides astronomiques de la Société Astronomique de France ainsi que le guide du ciel de Guillaume Cannat.

<sup>4</sup> Il est possible d'obtenir ces heures de lever et coucher en interrogeant le site de l'IMCCE mais attention la syntaxe ! Voici un exemple, à taper dans la barre d'adresse de votre navigateur (pour le décodage, voir le site de miriade) : [vo.imcce.fr/webservices/miriade/rts\\_query.php?-body=11&-ep=2458120&-nbd=30&-long=-5.2&-lat=47.1&-tz=0&-mime=text&-extrap=1](http://vo.imcce.fr/webservices/miriade/rts_query.php?-body=11&-ep=2458120&-nbd=30&-long=-5.2&-lat=47.1&-tz=0&-mime=text&-extrap=1)