

Mouvements des satellites de Jupiter

François Bouyer

Suite à la parution de l'article « 1613-2013 » paru dans PLOT 44 sur une idée d'Henry Plane, je me suis intéressé à un TP mettant en œuvre l'étude des relevés de Galilée avec les moyens que nous offrent les nouvelles technologies. Ce devoir a été donné à des élèves de 1^{ère} S dans le cadre d'un TP amorcé en salle informatique et à terminer à la maison. Le bilan en est satisfaisant, les élèves y ont mis en œuvre une démarche scientifique, résolu un problème en utilisant les nouvelles technologies et communiqué leur résultat par voie électronique. Malgré le guidage étroit du TP, j'espère qu'ils seront en mesure de reproduire cette attitude dans d'autres situations.

Il y a 400 ans tout juste, Galilée notait scrupuleusement, soir après soir, les positions des satellites de Jupiter qu'il observait avec une petite lunette.

Merveille du monde moderne, le manuscrit de Galilée est disponible pour tous sur internet (demandez un ouvrage de Galileo Galilei paru en 1613 au site de la BNF (www.gallica.fr)). Nous étudierons les deux premières pages de ces relevés (les pages 151 et 153, il n'écrit que sur les pages de droite) qui concernent les observations effectuées entre le 1^{er} et le 22 mars 1613.

Introduction

L'interprétation qui est faite de ces observations, est que 4 « lunes » tournent autour de Jupiter, noté \mathcal{J} . Vu de très loin, l'éloignement du satellite est le sinus de l'angle de rotation, lequel (si la rotation est à vitesse constante) est proportionnel au temps. La fonction donnant l'éloignement en fonction du temps doit donc être une sinusoïde.

Différentes sinusoïdes

Une sinusoïde a 3 paramètres :

- l'amplitude a
- la période T
- la phase p

Lancer le logiciel *GeoGebra*. Créer 3 curseurs (un pour chaque paramètre). Pour cet exercice, on n'utilisera que des valeurs positives pour ces paramètres (par exemple, de 0 à 5).

Dans la fenêtre de saisie, saisir la fonction : $S(x)=a*\sin(2*\pi*x/T+p)$.

La courbe représentative de S est une **sinusoïde**.

Manipuler les curseurs et décrire en quelques mots le rôle de chaque paramètre.

Qui est quoi ?

Difficile de distinguer les satellites les uns des autres. Par un effet d'alignement, tous peuvent être vus proches de Jupiter. Cependant, seul l'un d'entre eux peut s'en éloigner beaucoup. Cela se produit les



jours 1, 2 et 3, 8, 9 et 10 et 17, 18 et 19. Entourer en bleu les points correspondants sur le relevé de Galilée. Ce satellite est Callisto. Nous allons tracer sa trajectoire.

Mouvement de Callisto

Pour les jours concernés, nous voulons tracer sur un graphique les points correspondants, avec en abscisse le temps et en ordonnée l'éloignement par rapport à Jupiter.

Conversion en jour décimal

Le temps est donné en jours et heures. Les heures notées par Galilée ne sont pas nos heures actuelles. Elles sont comptées à **partir du coucher du soleil**. Sur le graphique, l'axe des abscisses sera gradué de 1 à 22 (les jours d'observation). Une précision d'une heure est donc suffisante.

En jour décimal, le 1^{er} mars à 0 h est 1,0 de même que le 1^{er} mars à midi est 1,5 et le 1^{er} mars à minuit est 2,0.

- À quelle heure se couche le soleil en mars à Florence (à une heure près) ?
- Quelle est la valeur en jour décimal de la première observation, le 1^{er} mars 3 heures après le coucher du soleil ?
- Quelle formule permet de passer des jours et heures de Galilée au jour décimal ?

Nous allons utiliser le tableur de *GeoGebra*.

Dans « Affichage », cocher « tableur ».

Dans les colonnes A et B, saisir les jours et heures des observations (on pourra écrire en ligne 1 les intitulés « jour » et « heure », et « jour décimal » pour la colonne C). Saisir toutes les observations de Galilée (jours et heures).

Dans la cellule C2, saisir la formule = A2 +(18+ B2)/24, puis tirer la formule vers le bas.

Mesure de l'éloignement de Callisto

À l'aide d'une règle graduée transparente, mesurer soigneusement sur le manuscrit la distance entre Jupiter et Callisto. Reporter cette mesure en millimètres dans la colonne D du tableur (que l'on pourra intituler « Callisto »). On comptera positivement les éloignements Ouest (à droite) et négativement les éloignements Est (à gauche). Cette mesure n'est pas réelle, mais elle est bien proportionnelle à la distance réelle.

Tracé des points

Sélectionner les colonnes C et D (elles contiennent les coordonnées des points que l'on veut tracer. Certaines lignes sont vides, mais c'est sans importance), puis créer une liste de points (commande {● ● ●} dans le 3^{ème} bouton). Les points sont nommés et créés sur le graphique (réduire l'échelle pour les voir).

Choisir une échelle et un rapport axeX/axeY pour un affichage confortable. Sélectionner les points et les colorier en bleu.

Ajustement de la sinusoïde

En agissant sur les curseurs a, T et p, ajuster la sinusoïde pour qu'elle passe par tous les points. Il faudra augmenter la valeur maximale des curseurs (5 n'est pas assez) et peut-être réduire le pas à 0,01 pour une meilleure précision. Noter les valeurs de a, T et p obtenues. Dans la zone de saisie, saisir la fonction Cal(x) avec ces valeurs de paramètres et la colorier en bleu. Elle doit passer par tous les points bleus.

La valeur de T a un sens très concret et est facile à interpréter : c'est la période du satellite, exprimée en jour décimal. Comparer avec la valeur réelle (demander à son moteur de recherche préféré).

Mouvement de Ganymède

On a traité le cas du satellite le plus éloigné. Occupons-nous du suivant (Ganymède).

Tout d'abord, il faut éliminer du manuscrit de Galilée les points connus comme étant Callisto. Il y a ceux du départ, plus quelques autres maintenant que l'on connaît la courbe. Entourez-les en bleu, on ne s'occupe plus de ces points-là.

On reprend le même raisonnement : à proximité de Jupiter, on ne sait pas distinguer les satellites, observons celui qui s'en éloigne le plus (en dehors des points entourés en bleu). On le détermine sans ambiguïté les 2 et 3, les 6 et 7, les 9 et 10, le 13, le 17 et éventuellement le 21.

Mesurer l'éloignement de ces points par rapport à Jupiter et noter les valeurs dans la colonne E que l'on intitulera « Ganymède ». Pour la création de la liste des points (comme avec Callisto), on peut sélectionner des colonnes non adjacentes en appuyant sur CTRL. Colorer les points

en rouge. Pour qu'ils soient immédiatement créés en rouge, c'est un peu tordu : il faut sélectionner la couleur rouge pour les points dans :

« Option/Avancé/Préférence/Défaut ».

Europe et Io

Il y a encore deux autres satellites figurant sur les relevés de Galilée (plus tard, on en a trouvé une dizaine d'autres).

Aujourd'hui, grâce aux sondes spatiales, on en connaît 67...). Leur mouvement est rapide, les relevés ne sont pas assez précis et surtout pas assez rapprochés pour employer cette méthode.

En résultat de ce travail, vous devez me rendre :

- le fichier GeoGebra obtenu à la fin du TP.

- les valeurs de la période obtenue par ce procédé pour Callisto et Ganymède (vous pouvez les écrire dans un cadre de texte sur le graphique GeoGebra).

Pages 151 et 153 de « Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie Solari... »

