

TP : détermination de la masse du Soleil

I. But du TP :

Il s'agit de déterminer la masse du Soleil en utilisant la 3^{ème} loi de Képler.

Johannes Kepler, né le 27 décembre 1571 à Weil der Stadt, près de Stuttgart (Allemagne), mort le 15 novembre 1630 à Ratisbonne, a étudié et confirmé l'hypothèse héliocentrique (la Terre tourne autour du Soleil) de Nicolas Copernic. Il a également découvert que les trajectoires des planètes n'étaient pas des cercles parfaits centrés sur le Soleil mais des ellipses. En outre, il a énoncé les lois (dites lois de Kepler) qui régissent les mouvements des planètes sur leurs orbites, dont est donné un énoncé de la 3^{ème} ci-dessous :



Le carré de la période des objets en orbite est proportionnel au cube du rayon de leur trajectoire.

	R (u.a.)	T (jour)
Vénus	0,72333	0,6152
Uranus	19,1913	84,018
Terre	1	1
Saturne	9,53707	29,457
Pluton (planète naine)	39,4817	248,4
Neptune	30,069	164,78
Mercure	0,3871	0,2408
Mars	1,52366	1,8808
Jupiter	5,20336	11,862
Éris (planète naine)	68,1461	562,55
Cérès (planète naine)	2,7665	4,601

Remarques :

- la période T d'un objet en orbite est la durée d'1 tour
- 1 unité astronomique (u.a.) représente la distance Terre-Soleil, soit $150 \times 10^9 m$
- 1 jour compte 24 heures et 1 h compte 3600 secondes

II. Question préliminaires :

1. Exprimer mathématiquement la loi de Képler pour les satellites du Soleil en donnant la relation entre T la période des satellites, R le rayon de leur orbite et k une constante valable pour tous ces satellites.
2. Quel type de courbe obtient-on si on trace le graphique représentant T^2 en fonction de R^3 ? Comment peut-on déterminer la constante k à partir de la courbe obtenue ?

III. Tracé du graphique avec EXCEL :

1. Copie du tableau sur une page EXCEL :

- Ouvrir le logiciel EXCEL
- Copier le tableau ci-dessus (sélectionner avec la souris ; clic droit ; dans le menu qui s'affiche, sélectionner « copier »)
- Dans la page d'Excel, sélectionner la cellule A1 ; clic droit : dans le menu qui s'affiche, sélectionner « coller »

2. Création des colonnes R en mètre et T en seconde :

- Dans la cellule D1, écrire le titre de la colonne : « R (m) »
- Dans la cellule D2, entrer la formule qui permet de convertir R en mètres
Rq : si on voulait calculer $R \times 10^3$ on écrirait : « =B2*1e3 » puisque les valeurs de R sont dans la colonne B
Rq : Toute formule dans EXCEL commence par « = »
- Copie de la formule :
 - Placer la souris sur le coin bas droit de la cellule ; le pointeur de la souris se transforme en croix noire.
 - Cliquer gauche et glisser le long de la colonne tout en maintenant le clic. On peut simplement double cliquer sur le coin bas droit ; la formule se copie automatiquement
*Rq : Au cours de la copie, la formule se transforme à chaque ligne ; ainsi la formule « =B2*1e3 » à la ligne 2 devient « =B3*1e3 » à la ligne 3, etc...*
*B2 est une **référence de cellule relative**. Si la position de la cellule qui contient la formule change, la référence est modifiée. Si vous copiez la formule dans des lignes ou dans des colonnes, la référence est automatiquement adaptée en conséquence.*
*≠ **Références absolues** ex : \$B\$2, fait toujours référence à une cellule se trouvant à un endroit spécifique. Lors de la copie de la formule dans des lignes ou dans des colonnes, la référence absolue n'est pas adaptée en conséquence.*
- De la même façon créer les colonnes :
 - Dans la colonne E : « T (s) » en calculant $T(\text{jours}) \times 24 \times 3600$
(Quelle formule dans EXCEL ?)
 - Dans la colonne F : « R cube » en calculant $R(\text{m})^3$
(Quelle formule dans EXCEL ?)
 - Dans la colonne G : « T carré » en calculant $T(\text{s})^2$
(Quelle formule dans EXCEL ?)


3. Création du graphique :

- Sélectionner les deux colonnes

Remarques :

- *Si les colonnes ne sont pas adjacentes, sélectionner la première colonne, appuyer sur la touche « ctrl » et tout en la maintenant, sélectionner la seconde colonne*
- *Les colonnes doivent obligatoirement contenir le même nombre de cellules*
- *Je recommande de ne pas sélectionner le « titre » de la colonne*

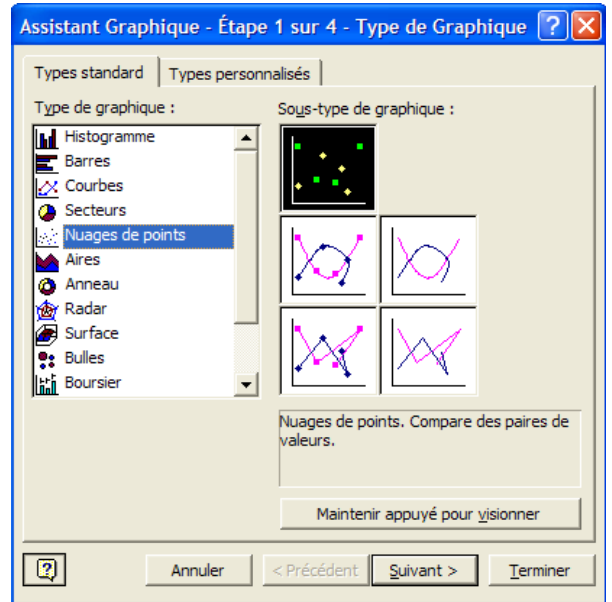
	H	I
	R cube	T carré
+04	2,097E+24	6,496E+08
+04	2,147E+24	6,629E+08
+04	5,969E+24	1,851E+09
+04	1,093E+25	3,401E+09
+05	7,504E+25	2,336E+10
+05	3,022E+26	9,413E+10
+05	1,022E+27	3,022E+11

- Cliquer sur l'icône assistant graphique 

Dans la fenêtre qui s'ouvre :

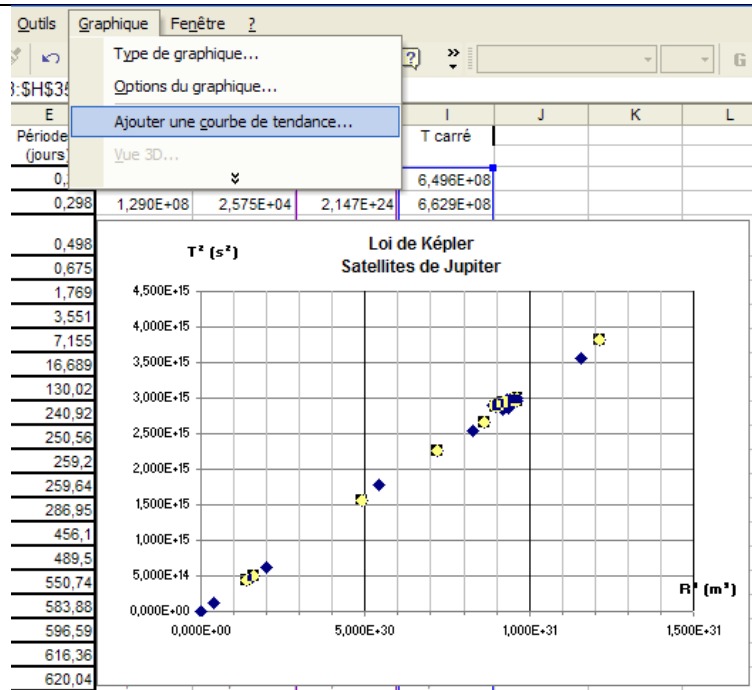
- Choisir « Nuages de points » pour le type de graphique (ce qui correspond à un graphique où les points sont définis par des coordonnées cartésiennes)
- Choisir d'afficher des points dans le sous-type de graphique (démarche habituelle, on ne relie évidemment pas les points les uns aux autres...)
- Cliquer sur « Terminer » ; le graphique s'affiche.

Dorénavant on peut travailler sur la feuille de calcul ou sur le graphique : si le graphique est activé (petits carrés noirs dans les coins du graphique) le menu affiché permet d'agir sur le graphe ; sinon le menu est celui de la feuille de calcul (tableau)



IV. Modélisation de la courbe :

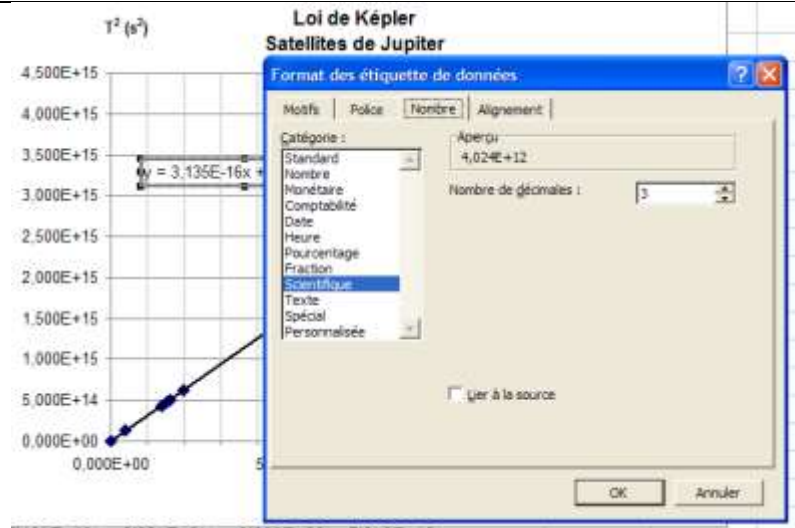
- Cliquer sur un des points du graphe pour que tous s'affichent en jaune
- Dans le menu « Graphique », choisir « Ajouter une courbe de tendance »



- Dans la fenêtre qui s'affiche, choisir le type qui convient (linéaire dans ce cas)
- Dans l'onglet option, activer l'option « afficher l'équation » sur le graphique
- Cliquer sur OK



Lecture de l'équation :
 Double cliquer sur l'équation affichée.
 Dans le menu qui s'affiche, sélectionner l'onglet « Nombre » ; choisir la catégorie « Scientifique » et 3 décimales.



V. Exploitation du graphique :

- Noter le coefficient de la droite obtenue.
- Quelle est la valeur de l'ordonnée à l'origine ? Peut-on considérer que la droite passe par 0 ?
- La 3^{ème} loi de Képler est-elle vérifiée ? Justifier

VI. Détermination de la masse du Soleil

Quelques dizaine d'années après les observations de Képler, Newton établit en utilisant la loi de gravitation que la relation entre T^2 et R^3 s'exprimait de façon suivante :

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} \cdot R^3$$

Où M est la masse de l'astre autour duquel gravitent les satellites et G une constante universelle dont la valeur est : $G = 6,67 \times 10^{-11}$.

- A partir de ces informations calculer la masse du Soleil.
- Comparer à la valeur annoncée par les encyclopédies.

Principales fonctions Excel / LibreOffice Calc

Faire un calcul :

- Commencer par le signe =
- utiliser une valeur d'une cellule : faire référence à l'adresse de la cellule (ex : B4)
- signe multiplier : *
- mettre une valeur à la puissance 3 : utiliser ^3
- le nombre $3,4 \times 10^{15}$ s'écrit : 3,4E15
- pour copier la formule : double cliquer sur le petit carré en bas à droite de la cellule

Tracer un graphe

- Sélectionner les cellules contenant les valeurs figurant dans le graphique :
la colonne de droite sera représenté en ordonné (y)
la colonne de gauche sera représentée en abscisse (x)
Pour sélectionner des colonnes non adjacentes, utiliser la touche ctrl
- Dans le menu Insertion, choisir Diagramme / Graphique
Dans la fenêtre qui s'ouvre choisir XY(dispersion)

Ajouter une courbe de tendance :

- (Double cliquer sur la zone de graphique (les bords du graphique deviennent gris))
- Faire un clic droit sur un des points et dans le menu qui s'affiche, choisir Insérer une courbe de tendance
- Dans le menu qui s'affiche, choisir le modèle adéquat dans l'onglet type et cocher afficher l'équation, cocher interception à « 0 »