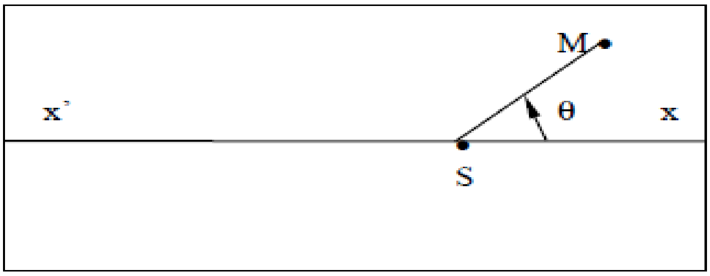
Observer: ondes et matière	TP 6 : LOIS DE KEPLER.

Objectifs : Illustrer les lois de Kepler dans le cas du mouvement d'une planète autour du Soleil.
TP noté !

I) Trajectoire de Mercure



1) Etude mécanique

Q1 Effectuer l'étude mécanique du système Mercure. En déduire la valeur du vecteur accélération dans le référentiel héliocentrique. La masse du soleil sera notée m_s, celle de Mercure m. La constante de gravitation universelle vaut $G = 6{,}67\times10^{-11}$ SI. Les vecteurs seront exprimés dans la base de Frénet.

2) Tracé de la trajectoire

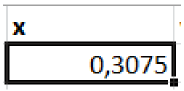
Q2 Les positions successives de Mercure (point M) sont reportées grâce aux valeurs figurant dans le tableau ci-après, avec :
- r = SM distance entre les centres d'inerties du Soleil et de Mercure en unité astronomique U.A. (1 U.A. = 150 x 10^6 km)
- Angle θ = (Sx, SM) longitude écliptique héliocentrique S de Mercure.

Indice	Date	Angle θ	Distance r (U.A.)	Vitesse v $km.s^{-1}$
1	20/07/1995	0	0,3075	58,9
2	25/07/1995	31	0,315	57,8
3	30/07/1995	60	0,336	54,6
4	04/08/1995	85	0,363	50,9
5	09/08/1995	106	0,392	47,3
6	14/08/1995	124	0,418	44,2
7	19/08/1995	140	0,440	41,7
8	24/08/1995	155	0,455	40,1
9	29/08/1995	169	0,464	39,1
10	03/09/1995	183	0,467	38,8
11	08/09/1995	197	0,462	39,3
12	13/09/1995	211	0,450	40,6
13	18/09/1995	227	0,432	42,6
14	23/09/1995	244	0,408	45,4
15	28/09/1995	263	0,381	48,6
16	03/10/1995	286	0,352	52,4
17	08/10/1995	312	0,326	56,1
18	13/10/1995	342	0,310	58,6
19	18/10/1995	13	0,31	58,7

« Positions et vitesses de Mercure ».
La vitesse de Mercure est-elle constante ?

Q3 Remarque : Excel ne faisant que des calculs d'angle dans l'unité légale le radian, la colonne C contient les valeurs de l'angle θ (rad). La formule permettant de passer des degré en radian est :
=RADIANS(numéro de la cellule) , par exemple
=RADIANS(B2) donne la valeur en radian de l'angle θ en degré contenu dans la cellule B2.
Rappel : pour effectuer un calcul tape le signe = puis la formule.

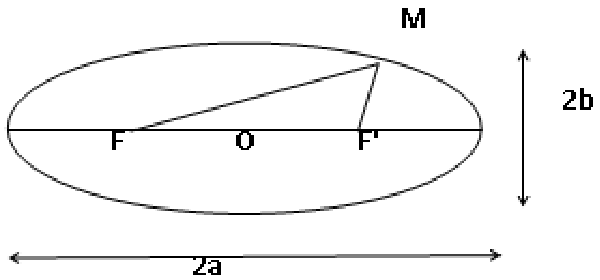
Ouvrir le fichier TS_lois_Kepler situé dans le dossier comeleve, ________________. Vous allez tracer la trajectoire de Mercure autour du Soleil, d'équation y = f(x). Exprimer la valeur de x et y en fonction de r. En déduire la formule à taper dans la cellule E2 et F2. Ecrire la formule dans la cellule E2, puis faire un cliquer déplacer à partir du carré noir en bas à droite de la cellule E2 jusqu'à la cellule E20.



Effectuer la même opération pour la colonne des y.
Appeler le professeur (appel 1)

3) exploitation de la trajectoire

Rappel : qu'est-ce qu'une ellipse ?
Une ellipse est une courbe caractérisée par :
- ses foyers F et F' symétriques l'un de l'autre par rapport au point O centre de l'ellipse
- Une distance 'a' nommé demi-grand axe, et b le demi-petit axe. Un point M de l'ellipse vérifie : FM+MF' = 2a



Q4 A l'aide de nuage de points tracer la trajectoire. Comment appelle-t-on ce type de trajectoire ? Donner le titre 'trajectoire de Mercure autour du soleil' à votre courbe.
Demander à votre enseignant la feuille sur laquelle est inscrite la trajectoire. Celle-ci a été volontairement 'aplatie' pour renforcer son caractère elliptique.
a) Placer sur cette feuille le centre O de l'ellipse (à ne pas confondre avec le point origine d'abscisse x = 0 et y = 0).
b) Placer les 2 foyers F (confondu avec S) et F'.
c) A l'aide de la trajectoire déterminer la valeur du demi-grand axe a et du demi petit axe b en UA puis en kilomètre.
Appeler le professeur (appel 2)

II) Lois de Kepler

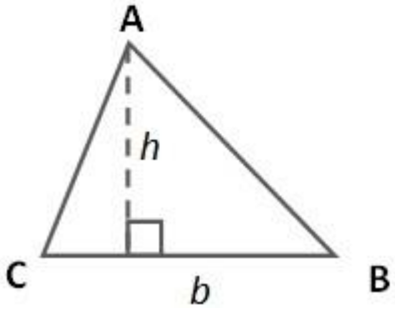
1) 1ère loi de Kepler

Q1 Recopier, sur une feuille annexe, et compléter :
1ère loi de Kepler : la trajectoire du centre (P) d'une planète autour du Soleil est une ________________ dont le Soleil occupe l'un des _____________.

3) 2ème loi de Kepler : Loi des aires

Q2 : Placer sur la feuille sur laquelle est dessinée la trajectoire, les positions de Mercure en M_3 M_8 et M_9.
Tracer les secteurs d'angles M_3M_4 et M_8M_9.
On assimile les aires balayées par Mercure à des triangles

Rappel : Calcul de l'aire d'un triangle

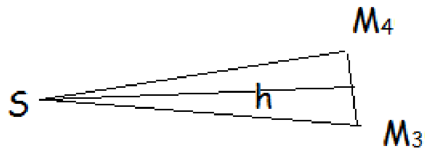


CB = base = b
h = hauteur

L'aire A d'un triangle (ou surface d'un triangle) est égale à la moitié du produit de la longueur de sa base b et de sa hauteur h :

Aire du triangle : $\frac{b x h}{2}$

Déterminer la valeur de l'aire A_1 (SM_2M_3) en cm^2 balayé entre les instants t_3 et t_4.



La base b sera assimilée à la distance M_3M_4, et la distance h sera assimilée à la distance entre S et le milieu de M_3M_4.
Même question pour l'aire A_2(SM_8M_9) balayée entre les instants t_8 et t_9. Comparer les valeurs de A_1 et A_2.
Appeler le professeur (appel 3)

Q3 Recopier, sur une feuille annexe, et compléter :
Loi n°2 de Kepler : pendant des durées ___________ , la planète balaye des aires de l'ellipse ___________

Si $\Delta t = t_9 - t_8 = t_4 - t_3$ alors A1 ________ A_2

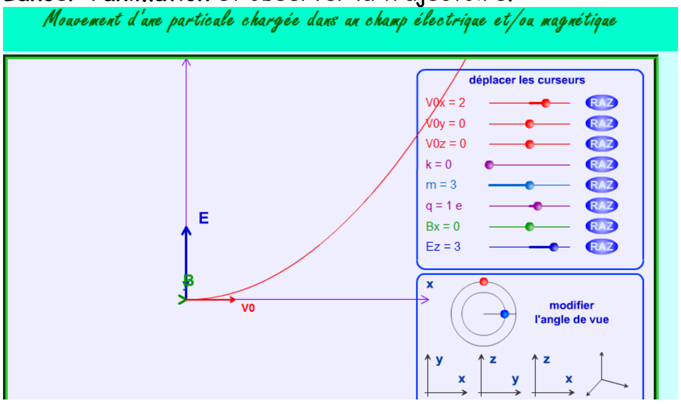
3) ▪ **3ème loi de Kepler**
Troisième loi de Kepler ou loi des périodes: Soit T la période de révolution de la planète autour du soleil, et 'a' la longueur du demi-grand axe de l'ellipse. La période de révolution au carré divisée par le demi-grand axe 'a' au cube est une constante. La période T ne dépend pas de la planète mais uniquement de la masse M_S du soleil et de la constante d'attraction universelle G :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4.\pi^2}{G.M_S}$$

$G = 6{,}67.10^{-11} N.kg^{-2}.m^2$: constante de gravitation universelle, $M_S = 1{,}96.10^{30}$ kg: masse du soleil.
Q4 A l'aide des données fournies au I-2, déterminer la valeur de la période T de révolution de Mercure autour du soleil. Calculer $\frac{T^2}{a^3}$ puis $\frac{4.\pi^2}{G.M_S}$. Vérifier la validité de la troisième loi de Kepler (attention aux unités a(m), T(s))
Appeler le professeur (appel 4)

III) mouvement dans un champ électrique

1) paramétrage de l'animation
Aller sur exovideo, chapitre 6, animation 2, **mouvement d'une particule chargée**
Régler les paramètres suivant :
Vox = 2 $m.s^{-1}$
Voy = 0 $m.s^{-1}$
Voz = 0 $m.s^{-1}$
k = 0
m = 3 (qui représente une masse m = $3x1{,}67x10^{-27}$ kg)
Ez = 3 (qui représente la coordonnée sur l'axe des z du champ électrique de valeur $3x10^3$ V/m)
q = 1e =$1x\ 1{,}6x10^{-19}$ C (charge de la particule qui pénètre avec une vitesse Vo dans une région où règne le champ électrique E.
Bx = 0 (champ magnétique nul)
Choisissez l'angle de vue correspondant au plan (O,x,z).
Lancer l'animation et observer la trajectoire.



2) Etude mécanique
Q1 Effectuer l'étude mécanique en prenant comme système la particule de charge q.
Q2 Faire un schéma (sans soucis d'échelle) sur lequel vous dessinerez le vecteur champ électrique, ainsi que les forces s'exerçant sur la particule.
Q3 Comparer le poids de la particule avec la force électrique. On prendra g = 10 N/kg. Conclusion ?
Q4 D'après la seconde loi de Newton que vaut le vecteur accélération de la particule ? Quelle est sa valeur ?
Dessinez le vecteur accélération en n'importe quel point de la trajectoire sans soucis d'échelle.

3) équations horaires du mouvement
On prendra comme origine le point O(x_o = 0 m ; z_o = 0 m)
Q5 Quelles sont les coordonnées du vecteur vitesse $\overrightarrow{V_o}$ à l'instant initial .
Q6 A partir de l'expression du vecteur accélération et des conditions initiales, déterminer les équations horaires du mouvement x(t) et z(t).
Q7 En déduire l'équation de la trajectoire z = f(x) et vérifier qu'elle correspond à l'allure de celle représentée sur l'animation.