



TP N°9 : KEPLER, NEWTON ET ... MERCURE

Matériel :

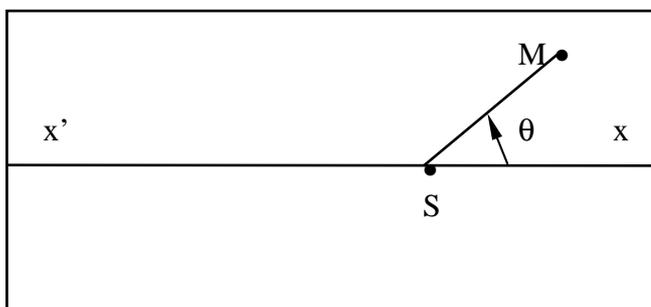
- Feuilles blanches de format A3
- Feuilles blanches de format A4
- Une balance
- Des rapporteurs et des règles graduées

Objectifs :

- Appliquer les lois de Kepler au mouvement d'une planète.
- Appliquer la deuxième loi de Newton pour justifier le mouvement d'une planète.

I Dessin de la trajectoire de Mercure :

Tracer au milieu d'une feuille de format A4 (42 x 29,7) une ligne $x'x$ dans le sens de la longueur et placer S (le Soleil) à 18 cm du bord droit (voir ci-dessous).



Les positions successives de Mercure (point M) sont reportées grâce aux valeurs figurant dans le tableau de l'annexe, avec :

$r = SM$ distance entre Soleil et Mercure en unité astronomique U.A. (1 U.A. = 150×10^6 km)

$\theta = (Sx, SM)$ longitude écliptique héliocentrique de Mercure.

Échelle à utiliser : 30 cm pour 1 U.A.

On trace ensuite soigneusement la trajectoire par continuité (le tracé se fait à main levée).

II Lois de Kepler :

1) 1^{ère} loi : Nature de la trajectoire :

- a. Donner la **définition d'une ellipse**.
- b. **Montrer, par le calcul**, que la **trajectoire** de Mercure est une **ellipse dont S est un des foyers**. Pour cela suivre les instructions suivantes :

La position de Mercure la plus proche du Soleil est le **périhélie P**. On trace PS qui coupe la trajectoire en un deuxième point : l'**aphélie A**, qui est la position de Mercure la plus éloignée du Soleil. On mesure a , le demi-grand axe ($PA = 2a$). Soit O le milieu de PA et S' le symétrique de S par rapport à O. Vérifier que, quel que soit le point M choisi, on a :

$$\boxed{SM + S'M = 2a}$$

2) 2^{ème} loi : Loi des aires :

- a. Placer une **feuille de papier blanche** (qui joue le rôle de calque) sur la trajectoire obtenue.
- b. Y marquer la **position de S** et celles de **Mercure** pour les **indices (1, 3) ; (8, 10) et (13, 15)**.
- c. Tracer les **contours des surfaces** (S, 1, 3) ; (S, 8, 10) ; (S, 13, 15).
- d. Disposer cette **feuille de papier blanche sur trois autres feuilles A4**, de brouillon. **Coller toutes les feuilles** ensemble et **découper** alors les **contours** tracés.
- e. **Relever la durée** mise par le rayon vecteur SM pour balayer ces surfaces.
- f. Comment peut-on à présent **utiliser les contours découpés pour vérifier la deuxième loi de Kepler** ?



3) 3^{ème} loi : Loi reliant la période au demi grand axe :

a. Travail pour Mercure :

Déterminer par extrapolation (on peut calculer le nombre de jours écoulés entre les positions 1 et 18, mais il faut trouver le nombre de jours entre les points 18 et 19. Pour cela on utilise des mesures d'angles de secteurs) **la période de révolution sidérale de la planète Mercure.**

Exprimer cette période en **année terrestre.**

Calculer le rapport a^3 / T^2 en $U.A.^3.an^{-2}$.

b. Travail pour la Terre :

Calculer le même rapport pour la Terre

c. Conclure quant à la **vérification de la troisième loi de Kepler.**

III Deuxième loi de Newton :

1) Tracé des vecteurs accélération :

Tracer le vecteur accélération instantanée du centre d'inertie de la planète Mercure pour les positions 3, 9 et 14 (L'échelle de vitesse sera la suivante : 1 cm pour 10 km.s^{-1}).

Vous consignerez vos résultats dans le tableau ci-dessous :

Position	$\Delta v \text{ (km.s}^{-1}\text{)}$	$a \text{ (m.s}^{-2}\text{)}$	$r \text{ (m)}$	$ar^2 \text{ (S.I.)}$
3				
9				
14				

2) Exploitation des résultats :

- En supposant que la planète Mercure n'est soumise qu'à l'attraction solaire, donner **l'expression vectorielle de la force de gravitation au point M_i .**
- Comparer la **direction et le sens du vecteur force et du vecteur accélération.**
- Comment **varie la valeur du vecteur accélération** au cours du mouvement de la planète ?
- Cette variation est-elle en accord avec la deuxième loi de Newton ?**
- En conclusion, **que peut-on dire du référentiel héliocentrique ?**

3) Calcul de la masse du soleil :

- Calculer le produit ar^2** pour les trois positions du **tableau ci-dessus.**
- En utilisant la **deuxième loi de Newton**, donner **l'expression littérale de ce produit en fonction de la masse du Soleil et de la constante de gravitation.**
- Calculer la masse du Soleil.**

Donnée : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ S.I.}$



ANNEXE : positions et vitesses de Mercure

Indice	Date	Angle (θ) ($^{\circ}$)	Distance r U.A.	Vitesse v km.s^{-1}
1	1995.0720	0	0,3075	58,9
2	1995.0725	31	0,3150	57,8
3	1995.0730	60	0,3360	54,6
4	1995.0804	85	0,3630	50,9
5	1995.0809	106	0,3920	47,3
6	1995.0814	124	0,4180	44,2
7	1995.0819	140	0,4400	41,7
8	1995.0824	155	0,4550	40,1
9	1995.0829	169	0,4640	39,1
10	1995.0903	183	0,4670	38,8
11	1995.0908	197	0,4620	39,3
12	1995.0913	211	0,4500	40,6
13	1995.0918	227	0,4320	42,6
14	1995.0923	244	0,4080	45,4
15	1995.0928	263	0,3810	48,6
16	1995.1003	286	0,3520	52,4
17	1995.1008	312	0,3260	56,1
18	1995.1013	342	0,3100	58,6
19	1995.1018	13	0,3090	58,7

Date : AAAA.MMJJ

1995.0903 est le 3 septembre 1995