**TS3 - Physique-Chimie**
**Devoir en classe n°5 - Durée : 2h**
**Proposition de correction**

## EXERCICE I : LOIS DE KEPLER ET LOIS DE NEWTON (10 points)

### 1. Planètes en orbite elliptique

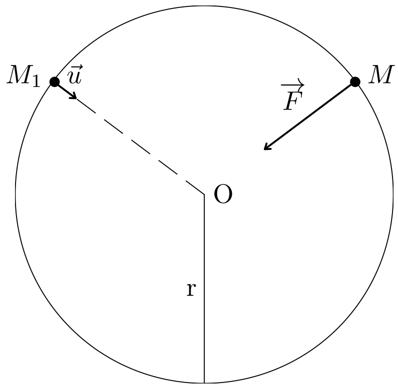
**1.1.** D'après la première loi de Kepler, dans le référentiel héliocentrique, les trajectoires des planètes sont des ellipses dont l'un des foyers est occupé par le centre du Soleil. Or la figure montre bien que le centre du Soleil est confondu avec l'un des foyers $F_1$ de l'ellipse constituant la trajectoire de la planète.

**1.2.** D'après la deuxième loi de Kepler, le segment [SM] balaie des aires égales pendant des durées égales. Si les durées de parcours entre $M_1$ et $M_1'$ et entre $M_2$ et $M_2'$ sont égales, alors on peut en déduire que les aires $A_1$ et $A_2$ balayées par le segment [SM] pendant cette même durée sont égales : $A_1 = A_2$.

**1.3.** La valeur de la vitesse moyenne de la planète entre les points $M_1$ et $M_1'$ est inférieure à celle entre les points $M_2$ et $M_2'$ car la distance parcourue par la planète sur son orbite, dans la même durée, est inférieure entre $M_1$ et $M_1'$. Comme la planète parcourt une plus petite distance pendant la même durée, cela signifie que la vitesse moyenne est moindre.

### 2. Approximation des orbites circulaires

**2.1.** Force de gravitation $\vec{F}$ exercée par le Soleil sur une planète du système solaire :




**2.2.** Expression littérale et vectorielle de cette force : $\vec{F} = G \cdot \dfrac{m \cdot M_S}{r^2} \cdot \vec{u}$

**2.3.** D'après la deuxième loi de Newton appliquée dans le référentiel héliocentrique considéré comme galiléen, la somme des forces extérieures appliquées à la planète (ici, il n'y a que $\vec{F}$) est égale à la dérivée par rapport au temps de la quantité de mouvement $\vec{p}$ de la planète (qui se résume dans ce cas au produit de la masse de la planète par le vecteur accélération de son centre d'inertie puisque la masse de la planète est constante). Ainsi, on obtient : $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ d'où $\vec{a} = \dfrac{\vec{F}}{m} = G \cdot \dfrac{M_S}{r^2} \cdot \vec{u}$.

**2.4.** D'après la deuxième loi de Kepler (question 1.3.), si l'orbite est circulaire, les distances $\widehat{M_1M_1'}$ et $\widehat{M_2M_2'}$ sont égales et comme elles sont parcourues en des durées égales, alors le mouvement de la planète est uniforme.

**2.5.** Comme le mouvement est circulaire uniforme, l'accélération est purement normale et $\vec{a} = \dfrac{v^2}{r} \cdot \vec{u}$

## 3. Troisième loi de Kepler

**3.1.** D'après les questions 2.3. et 2.5. on a : $a = \dfrac{v^2}{r} = G \cdot \dfrac{M_S}{r^2}$ d'où $v^2 = G \cdot \dfrac{M_S}{r}$ et enfin $v = \sqrt{G \cdot \dfrac{M_S}{r}}$

**3.2.** Par définition, $T = \dfrac{2\pi \cdot r}{v}$

**3.3.** On a $T = \dfrac{2\pi \cdot r}{v} = 2\pi \cdot r \cdot \sqrt{\dfrac{r}{G \cdot M_S}}$ d'où $T^2 = 4\pi^2 \cdot r^2 \cdot \dfrac{r}{G \cdot M_S}$ soit $\dfrac{T^2}{r^3} = \dfrac{4\pi^2}{G \cdot M_S} = cste.$

On retrouve bien là la troisième loi de Kepler dans le cas des obites circulaires : « le rapport du carré de la période de révolution au cube du demi grand-axe (ici le rayon) est le même pour toutes les planètes et ne dépend que de l'astre attracteur (ici le Soleil) ».

# EXERCICE II : PENDULE SIMPLE (10 points)

## 1. Les pendules de Galilée

**1.1.** Deux expressions de Galilée pour désigner les oscillations : « allées et venues » et « vibrations ».

**1.2.** La position d'équilibre est désignée par Galilée par l'expression « la position perpendiculaire ».

**1.3.** Exploitation du document 1 :

**1.3.1.** La masse $m$ de la boule suspendue n'a pas d'influence sur la période du pendule : les périodes du corps pesant (boule de plomb) et du corps léger (boule de liège) coïncident parfaitement.

**1.3.2.** Le pendule en plomb est moins sensible aux frottements que le pendule en liège : l'action du milieu ralentit bien davantage les vibrations du liège.

**1.3.3.** La période des oscillations ne dépend pas des frottements : l'action du milieu ralentit bien davantage les vibrations du liège sans toutefois modifier leur fréquence.

**1.4.** Ces pendules sont assimilables à des pendules simples car la longueur des fils utilisés est de 4 coudées, soit $4 \times 0,57 = 2,3$ m, ce qui est sans aucun doute largement supérieur au diamètre des boules utilisées. Ainsi, la condition pour avoir des pendules simples est remplie.

**1.5.** Valeur de la période des pendules : $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{2,3}{9,81}} = 3,0$ s

## 2. Un pendule dans un champ magnétique

**2.1.** L'énoncé indique que la bille est soumise à une force magnétique verticale. Cette force, selon qu'elle est dirigée vers le haut ou vers le bas, va donc se soustraire ou s'ajouter au poids dû au champ de pesanteur vertical. Ainsi, le dispositif permet en quelque sorte de simuler un poids apparent variable et donc une intensité de la pesanteur variable.

**2.2.** Pour simuler un accroissement de la pesanteur, la force magnétique exercée sur la bille doit être orientée vers le bas afin de s'ajouter au poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$, lui aussi vertical, vers le bas.

**2.3.** Pour simuler un affaiblissement de la pesanteur, il faut changer le sens du courant dans les bobines de Helmholtz afin d'inverser le sens de la force magnétique qui sera alors dirigée vers le haut.

**2.4.** D'après l'expression de la période du pendule, si $\ell$ est constante et si $g$ augmente, alors la période du pendule diminue (elle est inversement proportionnelle à $\sqrt{g}$).

**2.5.** Autour du protocole utilisé

**2.5.1.** Pour obtenir une mesure la plus précise possible de la période, il faut mesurer la durée $\Delta t$ d'un grand nombre $N$ de périodes puis calculer la période par $T = \dfrac{\Delta t}{N}$.

**2.5.2.** Période du pendule en l'absence de force magnétique : $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{0,50}{9,81}} = 1,4\ \text{s}$, ce qui est inférieur à la période mesurée en présence de la force magnétique. Ainsi, si la période est plus grande alors que la longueur du fil est restée inchangée, c'est que la pesanteur apparente est moins intense que sans force magnétique. Le dispositif simule donc une diminution de la pesanteur.

**2.5.3.** Calcul de la pesanteur apparente : $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g_{app}}}$ donc $T^2 = 4\pi^2\dfrac{\ell}{g_{app}}$ et $g_{app} = 4\pi^2\dfrac{\ell}{T^2}$.
Ainsi, $g_{app} = 4\pi^2\dfrac{0,50}{1,5^2} = 8,8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, ce qui est cohérent avec la question précédente : $g_{app} < g$ et le dispositif simule bien une diminution de la pesanteur.