Examen de Physique - Session 1

Durée 3 heures

EXERCICE 1: (12 pts)

La sonde Phoenix (P) qui s'est posée sur la planète Mars le 25 mai 2008 a une masse m = 635 kg.
La planète Mars a une masse M = 6,42 10^{23} kg et un rayon R = 3,389 10^{6} m.
La constante de la gravitation universelle est G = 6,67 10^{-11} unité du système international.

1) Donner l'expression vectorielle de la force de gravitation $\vec{F}(r)$ exercée par Mars sur la sonde dans la base polaire $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$ en supposant que la sonde se trouve dans le plan Oxy à une distance r du centre O de Mars.
2) Déterminer l'unité du S.I. de G.

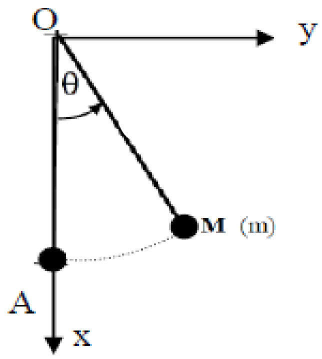
Lors de la descente de la sonde sur Mars, les données recueillies par la NASA indiquent, une première position de la sonde lors de l'ouverture du parachute à une altitude h_A=10 km de la surface de Mars avec une vitesse v_A=400 m/s , et 10 secondes plus tard, une deuxième position B de la sonde à une altitude h_B = 8 km.

3) Quel est le travail W de la force de gravitation exercée sur la sonde lors de sa descente entre A et B ? S'agit-il d'un travail moteur ou résistant ? Justifier la réponse.
4) Comparer au travail du poids de la sonde. L'accélération de pesanteur martienne est de norme g=3,7 m.s-^{2}. Commentaires ?
5) Exprimer la puissance moyenne développée par la force $\vec{F}$ pendant ce trajet. Application numérique.
6) Exprimer la puissance instantanée de force $\vec{F}$ en A. Application numérique.

7) On suppose qu'au voisinage de la surface de Mars, la sonde de masse m n'est soumise qu'à l'effet de la pesanteur martienne et d'une force de frottement de l'atmosphère de Mars $\vec{f}= -\lambda\, \vec{v}$, ($\lambda$ est le coefficient de frottement fluide est $\vec{v}$ le vecteur vitesse de la sonde). On suppose que la date t=0 correspond à l'ouverture du parachute. L'accélération de pesanteur martienne sera considérée comme uniforme.

   Etablir l'équation différentielle de mouvement en vitesse v de la sonde. En déduire l'expression littérale de la norme de la vitesse.

EXERCICE 2: (13 pts)



I) Un pendule simple est constitué d'un objet ponctuel M de masse m, accroché par Un fil à un point fixe O. Le pendule oscille dans un milieu où les forces de frottement et la poussée d'Archimède sont négligeables.
On suppose le fil inextensible de masse negligeable. Sa longueur est L =OM.
On note θ l'angle du fil avec la verticale. L'ensemble est situé dans le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$ uniforme. On écarte le pendule de sa position verticale d'un angle θ et on le lâche sans vitesse initiale.

1) Décrire le mouvement de l'objet M de masse m dans le référentiel terrestre supposé galiléen.
2) Reporter le schéma et représenter les coordonnées et les vecteurs unitaires de la base polaire au point M.
3) Etablir l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ (t) de l'objet dans la base polaire.
4) Faire le bilan des forces exercées sur le point M et déterminer l'expression de la norme T de la force de la tension du fil en fonction de m, g, L, θ et v (norme du vecteur vitesse $\vec{v}$ de l'objet).
5) Exprimer l'énergie potentielle de pesanteur Ep du pendule au point M en fonction de l'angle θ en choisissant cette énergie nulle au point A.
6) Déterminer les positions d'équilibre du pendule. Justifier par le calcul la stabilité de ces positions d'équilibre.

7) Le pendule écarté de sa position verticale d'un angle de 60° et est lâché d'un point M sans vitesse initiale. Appliquer le théorème de l'énergie mécanique sur l'objet et déterminer la valeur de la norme v_A du vecteur vitesse de l'objet à son arrivé au point A.

Données : La pesanteur terrestre $g = 10$ m. s^{-2} ; L = 40 cm ; m = 10 g.

EXERCICE 3 : (5 pts)

Dans un calorimètre contenant une masse m_1=60 g d'eau à la température θ_1=100°C. On place un glaçon de masse m_2= 40 g à la température θ_2=0°C.

1) Déterminer la température finale d'équilibre θ_e du mélange liquide dans le calorimètre si on néglige la capacité thermique massique du calorimètre. Application numérique.

2) En réalité, la valeur en eau du calorimètre et ces accessoires vaut μ = 20 g. Dans ce cas, qu'elle masse m du glaçon à θ_2=0°C faudra-il introduire dans le calorimètre contenant une masse d'eau m_1 =60 g à θ_1=100°C pour que la température finale d'équilibre du mélange liquide soit 0°C ?

Données: La capacité thermique massique de l'eau est c_{eau} = 4,20 10^3 J. kg^{-1}. K^{-1}.
La chaleur de fusion de la glace d'eau à 0°C est L_F = 80 c_{eau} = 336 10^3 J. kg-1

EXERCICE 4: (10 pts)

Un système thermodynamique est constitué de 1 mole de gaz parfait, enfermé dans un récipient. A l'équilibre thermodynamique, l'état initial du gaz est caractérisé par sa pression P_A=10 10^5 Pa, son volume V_A = 2,5 10^{-3} m^3 et sa température thermodynamique T_A = 300 K. Le gaz subit une série de transformations réversibles qui commence par un refroidissement isochore où la pression du gaz devient $P_B = \frac{1}{2} P_A$, puis un échauffement isobare qui fait varier son volume jusqu'à V_C =2 V_B, enfin une compression isotherme qui lui ramène dans son état initial A.

1) Exprimer puis calculer la température T_B du gaz parfait dans l'état d'équilibre B.
2) Représenter les trois transformations du gaz parfait dans un diagramme de Watt-Clapeyron.
3) Déterminer les expressions des capacités thermiques C_p et C_V à pression et à volume constants du gaz parfait.
4) Déterminer l'énergie thermique Q_{AB} échangée par le gaz avec l'extérieur. En déduire la variation de l'énergie interne ΔU_{AB} du système.
5) Déterminer les transferts d'énergies mécanique W_{BC} et thermique Q_{BC} du système pour la transformation BC.
6) Déterminer la variation de l'énergie interne ΔU_{CA} du gaz parfait pour la transformation isotherme CA.
7) Déterminer l'énergie mécanique W_{CA} pour la transformation CA. En déduire l'énergie thermique Q_{CA}.
8) Calculer le travail du cycle. S'agit-il d'un cycle moteur ou récepteur ?

Données *:* La constante molaire des gaz parfaits est $R \approx 8{,}3$ J.K^{-1}.mol^{-1}.
Le coefficient de Laplace du gaz parfait est $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 7/5 = 1{,}4$
La Loi de Mayer du gaz parfait est $C_p - C_v = n R$ (n le nombre de mole de gaz parfait)