

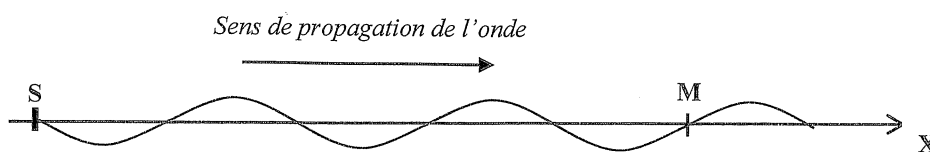
## Devoir de vacances d'entrée en SUP.

Seule la fiche réponse ci-après, complétée, est à rendre le jour de la rentrée.

- I- Chaque exercice comporte 4 affirmations repérées par les lettres a, b, c, d. Vous devez indiquer, dans le tableau de la fiche réponse, pour chacune d'elles, si elle est vraie (V) ou fausse (F). Toute réponse exacte rapporte un point. Toute réponse inexacte entraîne le retrait d'un point. Pas de réponse = 0 pt.  
*Calculatrice interdite.*

### 1. Onde progressive.

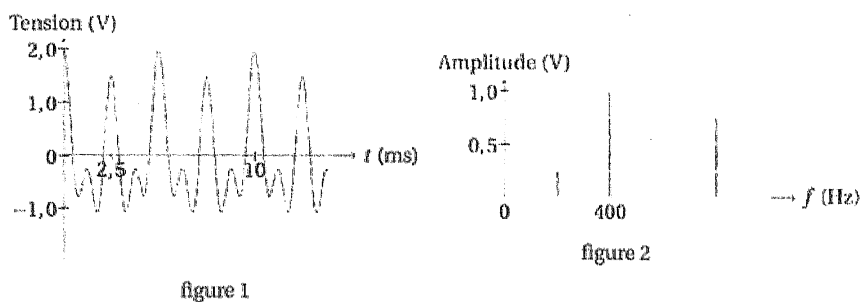
On a schématisé, en coupe dans un plan vertical, une partie de la surface de l'eau sur une cuve à onde à un instant  $t$ . Le point M, indiquant la position d'une particule flottante placée à la surface de l'eau, est distant de 15 mm du point S, source de la perturbation. La fréquence du vibreur S est de 40 Hz.



- A l'instant  $t$ , la particule placée au point M est en train de monter verticalement.
- Les points S et M sont en opposition de phase.
- La longueur d'onde  $\lambda$  est égale à 5 mm.
- La célérité de l'onde est de  $0,24 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### 2. Spectre d'une note de musique.

Un élève de terminale fait l'acquisition de la note jouée par un piano numérique (figure 1) puis, à l'aide d'un logiciel, il affiche le spectre en fréquence de la note jouée (figure 2).



**Donnée :** L'évolution temporelle d'une tension sinusoïdale est donnée par la relation  $u(t) = U_m \times \cos(2\pi ft)$  avec  $U_m$  l'amplitude du signal et  $f$  sa fréquence.

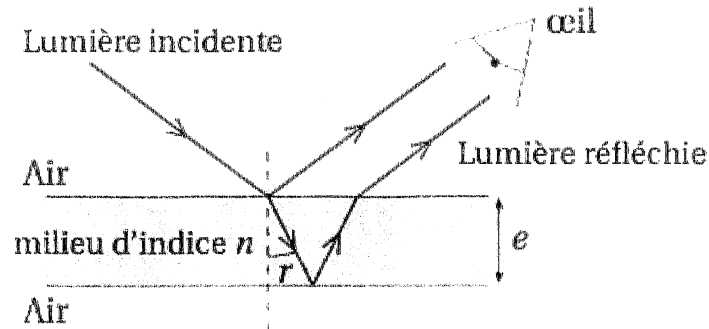
- Le son est qualifié de complexe.
- La période du signal sonore est de 2,5 ms.
- La hauteur de ce signal est de 400 Hz.
- L'évolution temporelle de la tension est donnée par la relation :
$$u(t) = 0,25 \times \cos(2\pi ft) + 1,0 \times \cos(4\pi ft) + 0,5 \times \cos(8\pi ft)$$
où  $f$  correspond à la fréquence du fondamental.

### 3. Interférences.

En observant une bulle de savon, on voit apparaître des irisations dont les couleurs changent suivant l'angle d'observation : c'est un phénomène d'iridescence. Une bulle de savon est constituée d'un mince film d'eau savonneuse emprisonnant de l'air. Quand la lumière traverse ce film, il se produit un phénomène d'interférences entre la lumière réfléchiée sur la face supérieure du film et celle réfléchiée sur la face inférieure.

Pour une longueur d'onde  $\lambda$  et un angle de réfraction  $r$  donnés, la différence de marche entre ces deux ondes, notée  $\delta$ , dépend de l'épaisseur  $e$  et de l'indice moyen de réfraction  $n$  du film d'eau savonneuse :

$$\delta = 2ne \cos(r) + \frac{\lambda}{2}.$$



**Données :** Indice moyen de réfraction de l'eau savonneuse :  $n = 1,35$  ;  
 $1,35 \times \cos(42^\circ) \approx 1,0$  ;  
Longueur d'onde d'une radiation de couleur rouge :  $\lambda_{\text{rouge}} = 640 \text{ nm}$ .

a) *L'onde réfléchiée sur la face inférieure et celle réfléchiée sur la face supérieure sont synchrones et toujours en phase.*

Pour un ordre d'interférence  $k = 1$ ,

b) *L'épaisseur minimale du film pour obtenir des interférences destructives est donnée par la relation*

$$e = \frac{\lambda}{4n \cos r}.$$

c) *Avec un angle de réfraction  $r = 42^\circ$ , l'épaisseur minimale du film pour que la bulle paraisse rouge est de  $e = 160 \text{ nm}$ .*

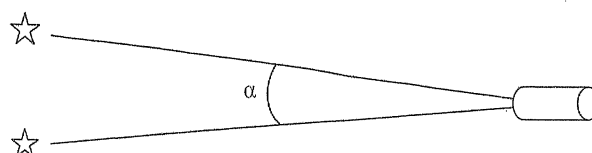
d) *Avec un film d'épaisseur  $e = 160 \text{ nm}$  et un rayon incident vert, l'intensité réfléchiée est maximum pour un angle de réfraction inférieur à  $42^\circ$ .*

### 4. Résolution d'un télescope.

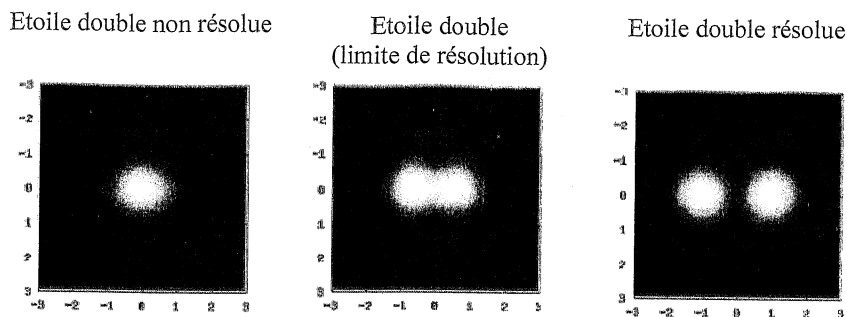
Au lieu de voir des étoiles ponctuelles à travers un télescope, on voit des taches. La diffraction brouille les images astronomiques. Pour un diamètre donné d'un télescope, tous les détails ne seront pas visibles. Si les plus gros détails pourront être vus, les plus fins seront flous et donc non visibles à l'œil à travers le télescope. Un exemple de détail que les astronomes cherchent à distinguer est l'existence d'étoiles doubles. Une étoile double est en fait un couple de deux étoiles. Elles peuvent être liées gravitationnellement. Elles tournent alors l'une autour de l'autre et sont donc proches physiquement.

*Inspiré du site de l'observatoire de Paris - <http://www.obspm.fr/>*

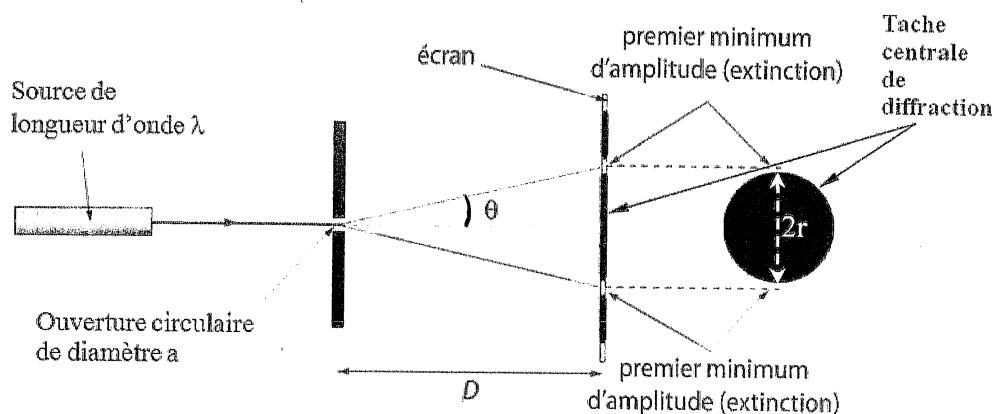
On appelle résolution l'angle limite  $\alpha$  entre les lignes de visées de deux étoiles ponctuelles pour lequel on peut distinguer les deux étoiles (voir schéma).



On considère qu'il n'y a plus qu'une tache lorsque le centre de la tache image de la seconde étoile est sur la première extinction de la figure correspondante à la première étoile (voir illustration ci-dessous).



Le schéma ci-dessous rappelle le principe de la diffraction de la lumière par un trou circulaire de diamètre  $a$ . L'écart angulaire  $\theta$ , exprimé en radian, sous lequel on voit le rayon  $r$  de la tache de diffraction est  $\theta \approx 1,22 \frac{\lambda}{a}$ , avec  $\lambda$  la longueur d'onde (en mètres) de la lumière émise par la source lumineuse et  $D$  la distance entre le trou et l'écran d'observation (également exprimée en mètres).



**Donnée :** Dans le vide, le spectre électromagnétique visible s'étend du violet (longueur d'onde d'environ 400 nm) au rouge (longueur d'onde d'environ 750 nm).

- a) En lumière blanche, on observe une tache irisée dont le pourtour est rouge.
- b) Les deux étoiles sont indiscernables lorsque l'écart angulaire entre les centres de leurs taches est inférieur à  $1,22 \frac{\lambda}{a}$ .
- c) Plus le diamètre du télescope est petit, plus sa résolution est bonne.
- d) En remplaçant un filtre sélectif bleu à 400 nm par un filtre sélectif rouge à 600 nm devant l'objectif du télescope, le rayon  $r$  d'une tache centrale est théoriquement multiplié par  $\frac{3}{2}$ .

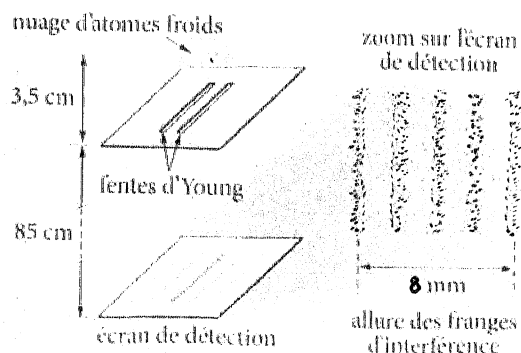
## 5. Interférences atomiques

Une expérience d'interférences atomiques, réalisée par une équipe japonaise en 1992, a consisté à ralentir une assemblée d'atomes de néon, puis à laisser tomber en chute libre ce nuage d'atomes au-dessus d'une plaque percée de deux fentes microscopiques.

Chaque onde atomique se dédouble à son passage par les deux fentes, et la superposition de ces deux ondes produit des franges d'interférence. Sur un écran de détection placé sous les fentes, chaque point noir correspond à l'impact d'un atome.

Pour une longueur d'onde de De Broglie de 15 nm, avec une distance fentes-écran égale à  $D = 85$  cm et des fentes écartées de  $a = 6,0$   $\mu\text{m}$ , l'interfrange est aisément observable.

La densité des impacts en un point de l'écran est proportionnelle à la probabilité qu'un atome se retrouve en ce point.



D'après [http://www.lkb.ens.fr/recherche/atfroids/tutorial/pages/10\\_interf\\_atmiques.htm](http://www.lkb.ens.fr/recherche/atfroids/tutorial/pages/10_interf_atmiques.htm)

**Données :** Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  ;  
Masse de l'atome de néon  $m = 3,4 \times 10^{-26} \text{ kg}$  ;  
 $\frac{8}{5} = 1,6$  ;  $\frac{6,63}{15} \approx 0,44$  ;  $6,63 \times 15 \approx 99$  ;  $\frac{4,4}{3,4} \approx 1,3$  ;  $4,4 \times 3,4 \approx 15$ .

- L'interfrange  $i$  mesurée est égale à 1,6 mm.
- La quantité de mouvement associée aux atomes de néon est de  $4,4 \times 10^{-26} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- Leur vitesse est de  $1,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- Cette expérience traduit la dualité onde corpuscule de la lumière.

## 6. Feux d'artifice

La pyrotechnie, du grec « pyros » feu et « tekhnê » savoir-faire, est la technique des feux d'artifice inventée par les chinois, il y a plus de mille ans. Une fusée pyrotechnique de masse  $M = 400 \text{ g}$  est tirée verticalement depuis un mortier fixé au sol, avec une vitesse initiale  $V_0 = 50,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Le mouvement de son centre d'inertie  $G$  s'effectue dans un repère vertical  $(O, \vec{j})$  orienté vers le haut. On choisit l'instant  $t_0 = 0 \text{ s}$  lorsque le centre d'inertie  $G$  est confondu avec l'origine du repère  $O$ .

Les courbes du **document n°1**, représentent l'évolution temporelle de l'énergie cinétique  $E_c$ , de l'énergie potentielle de pesanteur  $E_p$  et de l'énergie mécanique totale  $E_m$  de la fusée lors de son mouvement ascendant dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

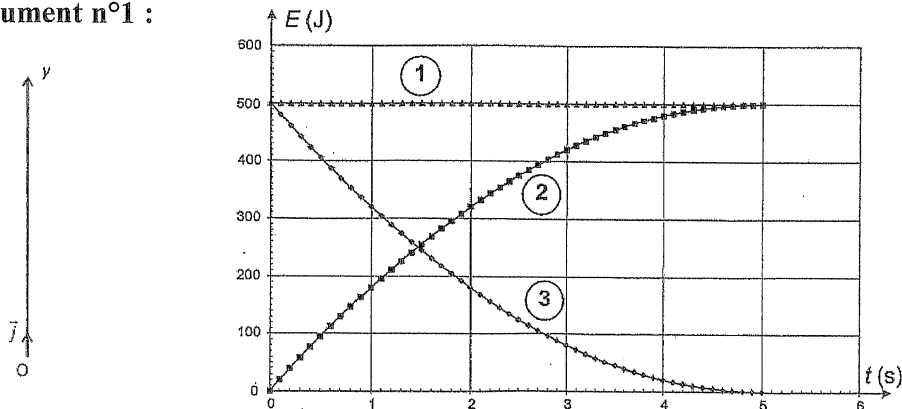
On prend l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au point  $O$ .

À l'apogée (au sommet), une charge d'éclatement provoque l'explosion de la fusée et disperse les garnitures pyrotechniques appelées « étoiles ». Le mouvement d'une « étoile » produite lors de l'explosion de la fusée à l'apogée de sa trajectoire s'effectue dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ . On prend comme nouvelle origine des temps l'instant où l'« étoile » est projetée à partir du point  $A$  à une altitude  $y_A$ , avec un vecteur vitesse initiale  $\vec{v}_A$  appartenant au plan  $xOy$  et incliné d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale.

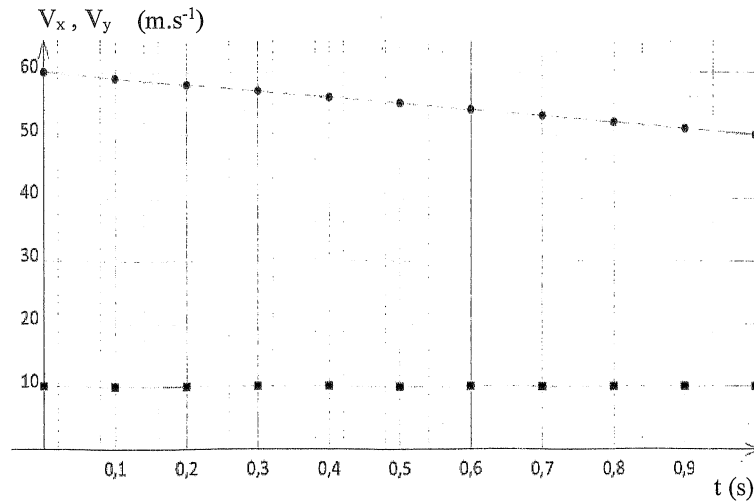
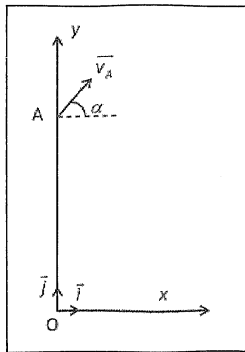
Les courbes du **document n°2**, représentent l'évolution temporelle des composantes  $V_x$  et  $V_y$  du vecteur vitesse  $\vec{v}$  d'une « étoile ». On néglige les actions mécaniques liées à l'air (poussée d'Archimède et force de frottements).

**Données :** Intensité du champ de pesanteur :  $g \approx 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  ;  $60,8^2 \approx 3700$ .

**Document n°1 :**



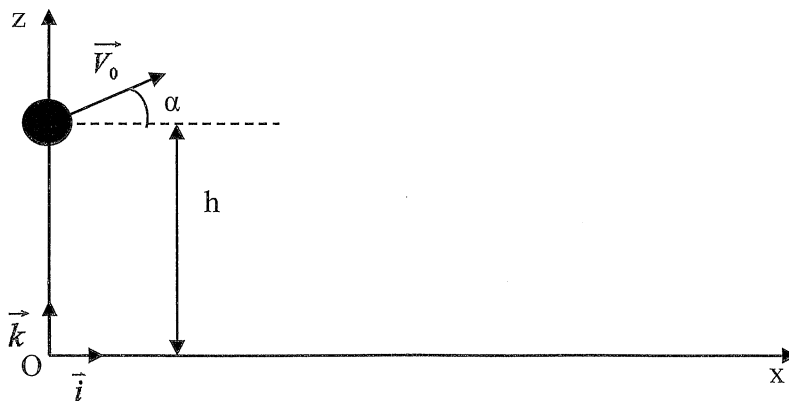
Document n°2 :



- L'évolution de l'énergie potentielle de pesanteur de la fusée est représentée sur la courbe n°2 du document 1.
- La fusée explose 1,5 s environ après son décollage.
- La fusée atteint son apogée à 100 m du sol.
- La vitesse  $V_A$  d'une étoile lors de l'explosion a une valeur supérieure à  $180 \text{ km.h}^{-1}$ .

## 7. Le lancer du poids.

Un poids d'une masse  $m = 6,0 \text{ kg}$  est lancé d'une hauteur  $h = 2,0 \text{ m}$  au dessus du sol avec une vitesse initiale de valeur  $V_0 = 7,0 \text{ m.s}^{-1}$  et faisant un angle  $\alpha$  avec l'horizontale. Le mouvement se fait dans un plan vertical affecté du repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{k})$ . On néglige les frottements de l'air.



**Données :** Intensité du champ de pesanteur :  $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$  ;

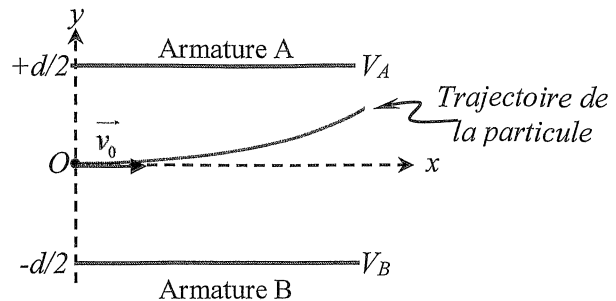
$$\cos(45^\circ) = \frac{\sqrt{2}}{2}; \quad \cos^2(\alpha) + \sin^2(\alpha) = 1; \quad 7\sqrt{10} \approx 22; \quad 7\sqrt{2} \approx 9,9.$$

- L'équation de la trajectoire est :  $z = \frac{g}{2V_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)} \cdot x^2 + x \cdot \tan(\alpha) + h$ .
- Pour  $\alpha = 45^\circ$ , l'équation de la trajectoire s'écrit :  $z = -\frac{g}{V_0^2} x^2 + x + h$ .
- Pour  $\alpha = 45^\circ$ , l'équation horaire sur la vitesse suivant Oz s'écrit  $V_z = -10t + 9,9$  ( $t$  étant exprimé en s et  $V_z$  en  $\text{m.s}^{-1}$ ).
- Pour  $\alpha = 0^\circ$ , le poids retombe au point d'abscisse  $x = 4,4 \text{ m}$ .

## 8. Mouvement d'une charge électrique

Un condensateur plan est constitué de deux armatures planes horizontales distantes de  $d$ , soumises à une différence de potentiel  $U_{AB} = V_A - V_B = 10 \text{ kV}$ , où  $V_A$  (respectivement  $V_B$ ) est le potentiel de l'armature  $A$  (respectivement  $B$ ). Le champ électrostatique  $\vec{E}$  entre les armatures est uniforme, de valeur  $5,0 \times 10^4 \text{ V.m}^{-1}$ .

Au point  $O$  de coordonnées  $(0;0)$ , une particule de charge  $q$  pénètre, avec une vitesse  $\vec{v}_0$  selon l'axe  $(Ox)$ , dans la zone où règne le champ électrostatique et décrit la trajectoire représentée sur le schéma ci-contre.



**Donnée :** Valeur absolue de la charge électrique de la particule :  $|q| = e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

- La distance  $d$  séparant les deux armatures est de 20 cm.
- L'intensité de la force électrostatique est de  $8,0 \times 10^{-14} \text{ N}$ .
- La charge de la particule est positive.

- d) Sachant que les équations horaires du mouvement de la particule sont
- $$\begin{cases} x(t) = v_0 t \\ y(t) = \frac{eE}{2m} t^2 \end{cases}, \text{ l'équation de la}$$

trajectoire de la particule est  $y(x) = \frac{eE}{mv_0^2} x^2$ .

## 9. Satellite SPOT.

Initié par la France à la fin des années 1970, le programme SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) s'est concrétisé depuis février 1986 par la mise sur orbite de cinq satellites équipés de capteurs à haute résolution. Le dernier de la série, SPOT 5, a été mis sur orbite le 4 mai 2002 depuis la base de lancement de Kourou par un lanceur Ariane 4.

SPOT 5 a une hauteur de 5,7 m pour une base de 3,1 m de côté ; sa masse au lancement était de 3000 kg dont 150 kg d'hydrazine. La durée de vie prévue est de 5 ans.

Tous les satellites SPOT évoluent à une altitude de 820 km, sur des orbites quasi polaires, caractérisées par une inclinaison de  $98,7^\circ$  (ce qui permet l'héliosynchronisme). La période de révolution des satellites SPOT est de 101,4 min et le cycle orbital a une durée de 26 jours.

Source : <http://eduscol.education.fr>

**Données :** Masse de la Terre :  $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$  ;  
 Rayon terrestre :  $R_T \approx 6380 \text{ km}$  ;  
 Constante de gravitation universelle :  $G \approx 6,67 \times 10^{-11} \text{ S.I.}$  ;  
 Champ de gravitation à la surface de la terre :  $g_0 = \frac{G.M_T}{R_T^2}$  ;

$$7,1 \times 1,014 \approx 7,2 ; \quad \frac{22,3}{\pi} \approx 7,1 ; \quad 446 \approx 74 \times 6.$$

- Le satellite, lorsqu'il est en orbite circulaire, a un vecteur accélération constant.
- Le champ de gravitation à l'altitude du satellite a pour valeur  $g(h) = \sqrt{\frac{R_T}{R_T + h}} \cdot g_0$ , avec  $g_0$  valeur du champ de pesanteur à la surface de la terre,  $R_T$  le rayon terrestre et  $h$  l'altitude du satellite.
- Le rayon de l'orbite a pour expression  $r = \frac{v^2}{g(h)}$ .
- La vitesse du satellite dans le référentiel géocentrique est  $v = 7,4 \text{ km.s}^{-1}$ .

## 10. Pendule élastique.

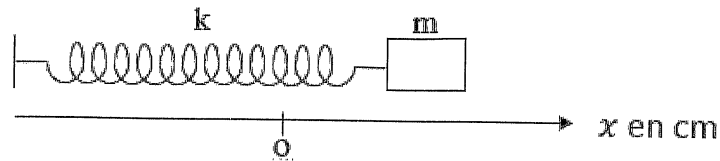
Soit un pendule élastique horizontal constitué d'une masse  $m = 2,0$  kg accrochée à un ressort de constante de raideur  $k$ . L'équation horaire de ce pendule est de la forme  $x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$  qu'on peut écrire

dans les conditions de l'expérience :  $x(t) = 2,0 \cos\left(10t + \frac{\pi}{2}\right)$  avec  $x$  en cm,  $t$  en s et  $\varphi$  en rad.

On considère que l'énergie potentielle de pesanteur reste constante et qu'elle a pour valeur 0 J.

On supposera qu'à l'équilibre l'énergie potentielle élastique est nulle.

On négligera les frottements.



**Données :**  $2\pi \approx 6,3$  ;  $2^8 = 256$  ;  $2^{16} = 65536$  ;  $\frac{5,0}{65536} \approx 7,6 \times 10^{-5}$ .

- A la date  $t = 0$ , le pendule se trouve à sa position d'équilibre.
- A la date  $t = 0$ , le pendule se déplace vers la droite avec une vitesse de  $20 \text{ cm.s}^{-1}$ .
- La période des oscillations est  $T_0 = 0,63 \text{ s}$ .
- L'énergie mécanique de ce système est  $E_m = 4,0 \text{ }\mu\text{J}$ .

## II. Montgolfière, résolution de problème.

Estimer la température minimale à laquelle l'air interne à l'enveloppe d'une montgolfière doit être portée pour assurer son décollage.

**Données :**

Le champ de pesanteur est uniforme de module  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ .

Constante des gaz parfaits :  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}\text{mol}^{-1}$  ; Masse molaire de l'air :  $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$

Température atmosphérique au sol  $T_0 = 288 \text{ K}$  ; pression au sol  $P_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

Masse de l'enveloppe et de la nacelle :  $150 \text{ kg}$  ; charge utile (dont brûleur et combustible)  $350 \text{ kg}$ .

Volume :  $V_0 = 2400 \text{ m}^3$

Fiche réponse devoir de vacances NOM :

I)

Exercice	a	b	c	d
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

II) Résolution de problème : la montgolfière. Rédaction de la solution :