

**DEVOIR SURVEILLE N°6 DE
 SCIENCES PHYSIQUES**

Cette épreuve comporte **quatre (4) pages** numérotées 1/4, 2/4,3/4,4/4.
 Toute calculatrice scientifique est autorisée.

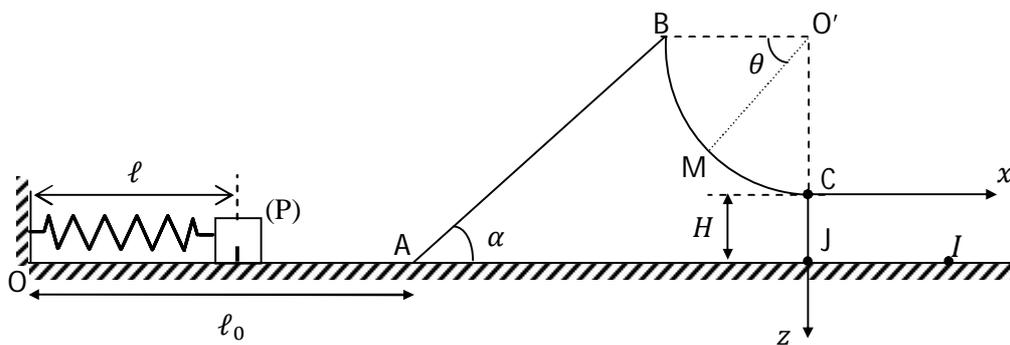
Exercice 1 : (5 points)

Dans tout l'exercice, on négligera les frottements et on assimilera le palet (P) à un point matériel. On s'intéresse au mouvement du centre d'inertie de la bille.

Un jouet est constitué d'une piste OABC sur laquelle glisse un palet P de petites dimensions,

- La portion OA est horizontale de longueur $OA = \ell_0 = 20 \text{ cm}$
- La portion AB est inclinée d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontal et $AB = 1 \text{ m}$.
- La portion BC est un quart de cercle de centre O' et de rayon $r = 1,5 \text{ m}$.

Le palet est lancé à l'aide d'un ressort à spires non jointives de raideur k. Arrivé en C, il quitte la piste pour tomber d'une hauteur $H = 0,5 \text{ m}$ plus bas.



On prendra l'état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur au niveau de l'axe horizontal du ressort .On donne :

- accélération de la pesanteur, $g=10\text{m/s}^2$
- Constante de raideur du ressort $K= 250\text{N.m}^{-1}$

Dans la position A le ressort est en équilibre .Sa longueur à vide est alors $OA = \ell_0 = 20 \text{ cm}$. On comprime le ressort de telle sorte qu'il ait la longueur ℓ , P restant en contact avec lui, Puis on le lâche sans vitesse initiale.

On admettra que le ressort reste en contact avec le palet jusqu'au moment où celui-ci arrive en A .En A la bille aborde un plan incliné AB.

1. Etablir l'expression littérale de l'accélération du mouvement du palet entre A et B. En déduire la nature du mouvement du palet entre A et B.
2. Quelle doit être la vitesse v_A du palet au point A, pour qu'il atteigne le point B avec une vitesse nulle ?
3. Pour la suite de l'exercice, on se place dans les conditions de la question 2. Montrer que la valeur de l'énergie mécanique au point B est $E_{m_B}=4 \text{ J}$.

4. En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, calculer la longueur ℓ du ressort au moment du lâché.
5. Le palet quitte la piste (AB) en B et aborde une portion circulaire (BC) de rayon r sans vitesse. Sa position est repérée à chaque instant par son abscisse angulaire $\theta = (\overrightarrow{O'B}; \overrightarrow{O'M})$.
 - 5.1. Etablir l'expression de la vitesse linéaire du palet au point M de la piste en fonction de g , r et θ .
 - 5.2. Etablir l'expression de l'intensité de la réaction R de la piste en fonction de m , g et θ .
 - 5.3. Donner les caractéristiques de la vitesse linéaire au point C.
 - 5.4. Pour la suite, on prendra $v_C = 5,4 \text{ m/s}$. Au point C, le palet quitte la piste circulaire.
 - 5.5. Etablir l'équation cartésienne de la trajectoire de la bille.
 - 5.6. Calculer la distance $d = \text{JI}$ où I est le point d'impact sur le sol horizontal.
 - 5.7. Calculer les coordonnées de la vitesse de la bille à l'arrivée au sol et en déduire le module.

Exercice 2 : (5 points)

Dans cet exercice on prendra $g=10 \text{ m.s}^{-2}$. On négligera les frottements. On utilise un ressort de masse négligeable à spire non jointives.

1. Etude préalable du ressort :

Pour déterminer la raideur k du ressort, on accroche l'une de ses extrémités à un solide S_1 de masse $m_1=100\text{g}$ et l'autre extrémité à un solide S_2 de masse $m_2=50\text{g}$ (voir figure)



L'ensemble est disposé verticalement.

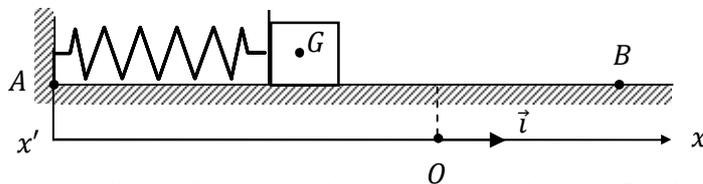
On le suspend par S_1 , la longueur du ressort est $\ell_1 = 10,5\text{cm}$.

Si on le suspend par S_2 , le ressort prend une longueur $\ell_2 = 10,25\text{cm}$.

Calculer la longueur à vide ℓ_0 du ressort et sa constante de raideur k .

2. Etude d'un oscillateur élastique

Le ressort précédent est incorporé à un lanceur en vue de propulser un solide S de masse m et de centre d'inertie G , le long d'un banc à coussin d'air. Le lanceur, de masse négligeable, est constitué d'un poussoir et du ressort à spires non jointives, de raideur k , de longueur à vide ℓ_0 (voir figure).



L'axe $(x'x)$ du ressort est parallèle à la trajectoire du centre d'inertie G . A l'équilibre, le centre d'inertie du solide est à la verticale de l'origine O du repère.

On prendra : $k=200\text{N.m}^{-1}$; $\ell_0 = 10\text{cm}$.

On donne : $m=200 \text{ g}$; $AB=0,4 \text{ m}$

2.1 Le solide est supposé en mouvement dans la position représentée sur la figure.

2.1.1 Faire l'inventaire des forces extérieures qui agissent sur le solide S . Représenter schématiquement ces forces sur un schéma correspondant à la figure.

2.1.2 Etablir l'équation différentielle qui régit le mouvement de G .

2.1.3 Vérifier que l'équation horaire $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$ est solution de l'équation différentielle précédente. Quelle est la nature du mouvement de G ?

2.2 On comprime le ressort en le poussant vers la gauche. Le point G occupe alors la position OG telle que $\overline{OG} = -0,075$ m. A l'instant $t = 0$, choisit comme origine des dates, on lâche le poussoir de manière à ne pas communiquer de vitesse initiale au solide $\xi = 2/4$

2.2.1 Déterminer X_m , ω_0 et φ après avoir donné leur signification physique.

2.2.2 A quelle date t_1 le solide passe-t-il pour la première fois par O ? En déduire la valeur maximale de la vitesse.

2.3. Au moment du passage en O, le mobile se désolidarise du poussoir et poursuit son mouvement jusqu'en B.

2.3.1 Quelle est la nature du mouvement du mobile entre G_0 et B ? En déduire la vitesse v_B de S en B.

2.3.2 A quelle date t_2 arrive-t-il en B ?

3. Oscillateur mécanique amorti

On se place dans le cas du 2.1 et on suppose maintenant qu'il existe des forces de frottements.

Représenter les allures des différents graphes $x = f(t)$ que l'on pourrait avoir en précisant à chaque fois le type d'oscillation.

Exercice 3 : (5 points)

Les parties 1 et 2 peuvent être traitées indépendamment.

Partie 1

On considère une solution d'acide benzoïque C_6H_5COOH de concentration $C_A = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La base conjuguée est l'ion benzoate $C_6H_5COO^-$. On prélève deux échantillons de cette solution acide, à 25°C , et on y ajoute respectivement du bleu de bromophénol et du vert de bromocrésol.

Le bleu de bromophénol prend une teinte verte et le vert de bromocrésol une teinte jaune.

1. Donner l'encadrement le plus précis possible du pH de la solution d'acide benzoïque.
2. L'acide benzoïque est-il un acide fort ?

Indicateur	Teinte de l'indicateur en fonction du pH				
Bleue de bromophénol	Jaune	3,0	Vert	4,8	Bleu
vert de bromocrésol	Jaune	3,8	Vert	5,4	Bleu

Partie 2

Pour étudier l'acidité du couple ion méthanoate/acide méthanoïque, un groupe d'élèves dispose de deux solutions :

- Une solution A d'acide méthanoïque de concentration $C_A = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$;
- Une solution B de méthanoate de sodium de concentration $C_B = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

Ils réalisent plusieurs mélanges de $V_A \text{ cm}^3$ de solution A et de $V_B \text{ cm}^3$ de solution B, et, pour chacun d'eux, on mesure le pH. On obtient les résultats suivants :

$V_A \text{ (cm}^3\text{)}$	30	25	22	18	15	10
$V_B \text{ (cm}^3\text{)}$	10	15	18	22	25	30
<i>pH</i>	3,3	3,5	3,7	3,8	4,0	4,3

1. Calculer les concentrations molaires volumiques de toutes les espèces chimiques présentes dans le mélange ($V_A = 30 \text{ cm}^3$; $V_B = 10 \text{ cm}^3$) puis montrer que $\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = \frac{V_B}{V_A}$.

2. On admettra dans la suite que la conclusion précédente est valable pour tous les autres mélanges.

Tracer la courbe de variation du pH en fonction de $\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}$.

$$\text{Echelle : } \begin{cases} 1 \text{ cm pour } 0,05 \text{ unité de } \log \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} \\ 1 \text{ cm pour } 0,5 \text{ unité de pH} \end{cases} \quad 3/4$$

3. En déduire que le pH peut s'écrire sous la forme : $pH = a \cdot \log \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} + b$.

A partir de la courbe, trouver les valeurs de a et b.

4. En déduire les valeurs de la constante pKa et de la constante d'acidité Ka du couple ion méthanoate/acide méthanoïque.

Exercice 4 : (5 points)

On se propose de déterminer à partir de deux solutions différentes le pKa du couple acide méthanoïque/ion méthanoate.

On dispose pour cela d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque et d'une solution aqueuse de méthanoate de sodium.

1. On dissout 4,6 g d'acide méthanoïque dans de l'eau pure, de façon à obtenir un litre de solution. Toutes les mesures sont effectuées à 25°C.

1.1 Calculer la concentration C_A de la solution d'acide méthanoïque ainsi préparée.

1.2 On mesure le pH de la solution et on trouve 2,4. Calculer :

1.2.1 les concentrations molaires de toutes les espèces chimiques présentes dans la solution.

1.2.2 le pKa du couple acide méthanoïque/ion méthanoate. On notera pK_{a1} , la valeur trouvée.

1.3 On dispose de trois indicateurs colorés dont les zones de virage sont :

*Phtaléine : 8,2-10,0

*Bleue de bromothymol : 6,7-7,6

*Hélianthine : 3,1-4,4

Parmi ces trois indicateurs, quel est celui que vous auriez pu choisir pour donner la meilleure indication sur la valeur du pH de cette solution ? Justifier votre réponse.

2. Le pH de la solution aqueuse de méthanoate de sodium HCOONa de concentration $C_B = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ est égal à 7,9.

2.1

2.1.1 Ecrire l'équation bilan de la réaction qui accompagne la dissolution de l'ion méthanoate dans l'eau. L'eau joue-t-elle le rôle d'un acide ou d'une base lors de cette opération ?

2.1.2 Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes dans la solution aqueuse de méthanoate de sodium.

2.2 Calculer :

2.2.1 les concentrations molaires de toutes les espèces chimiques.

2.2.2 le pKa du couple acide méthanoïque/ion méthanoate. La valeur trouvée sera notée pK_{a2} .

2.3 Comparer pK_{a1} et pK_{a2} .

2.4 Une solution d'ammoniaque a une concentration molaire volumique $C_B = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

Le pKa du couple (NH_4^+ / NH_3) est 9,2. Son pH sera-t-il supérieur ou inférieur au pH de la solution de méthanoate de sodium ?

3. On donne les valeurs de pKa de quelques couples acides/base suivants :

$$pK_a(HCO_3^-/CO_3^{2-}) = 10,3 \quad ; \quad pK_a(CH_3COOH/CH_3COO^-) = 4,8$$

Classer les couples (HCO_3^-/CO_3^{2-}) , (CH_3COOH/CH_3COO^-) , (NH_4^+/NH_3) , $(HCOOH/HCOO^-)$

Par ordre décroissant d'acidité.

Données (en g.mol⁻¹) : H : 1 ; C : 12 ; O : 16