



C : NS30

7	المعامل :	الفيزياء والكيمياء	المادة :
4	مدة الإنجاز :	شعبة العلوم الرياضية (أ) و (ب)	الشعب (ة) أو المسلك :

L'usage des calculatrices programmables ou d'ordinateurs n'est pas autorisé

Ce sujet comporte un exercice de chimie et trois exercices de physique :

<b>Chimie :</b>	• Contrôle de la proportion d'un élément chimique dans un produit industriel ;	3,75 points
	• Préparation du gout d'ananas.	3,25 points
<b>Physique 1 :</b>	Ondes ultrasonores;	3 points
<b>Physique 2 :</b>	Rôle du dipôle RC dans un récepteur d'ondes électromagnétiques ;	4,5 points
<b>Physique 3 :</b>	Amortisseurs d'une voiture et sécurité routière.	5,5 points

Barème

**Chimie (7 points) : les deux parties (1) et (2) sont indépendantes**

**Partie (1) : Contrôle de la proportion d'un élément chimique dans un produit industriel (3,75 points)**

On utilise quelques produits industriels azotés dans le domaine agricole, à cause de leur contenance en élément Azote qui est considéré parmi les éléments nécessaires à la fertilisation du sol.

Un produit industriel, contient du nitrate d'ammonium  $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$  très soluble dans l'eau, de façon à ce qu'on peut considérer que cette dissolution est totale, et on la modélise par l'équation de réaction :  $\text{NH}_4\text{NO}_3(s) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(l)} \text{NH}_4^+(aq) + \text{NO}_3^-(aq)$

Le fabricant indique, sur la caisse d'emballage du produit industriel azoté, le pourcentage massique X de l'élément azote dans ce produit :  $X = 27 \%$ .

Le but de cet exercice est de s'assurer de cette valeur de X.

On donne :

- Masses molaires :  $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ ,  $M(\text{N}) = 14 \text{ g.mol}^{-1}$ ,  $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$ .
- Toutes les mesures de pH ont été effectuées à  $25^\circ\text{C}$ .
- Produit ionique de l'eau à  $25^\circ\text{C}$  :  $K_e = 10^{-14}$ .
- Constante  $\text{pK}_a$  du couple  $(\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3)$  :  $\text{pK}_a = 9,20$ .

**1- Etude d'une solution aqueuse de nitrate d'ammonium  $(\text{NH}_4^+(aq) + \text{NO}_3^-(aq))$  :**

On prélève un volume  $V_S$  d'une solution (S) de nitrate d'ammonium, de concentration molaire  $C = 4,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . La mesure du pH de cette solution donne  $\text{pH} = 5,30$ .

0,5

**1-1-** Ecrire l'équation modélisant la réaction de l'ion ammonium avec l'eau.

0,75

**1-2-** Calculer la valeur du taux d'avancement final de cette transformation, conclure ?

0,75

**1-3-** S'assurer que la valeur du  $\text{pK}_a$  du couple  $(\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3)$  est :  $\text{pK}_a = 9,20$ .

**2- Détermination du pourcentage massique de l'élément azote dans un produit industriel :**

On dissout dans l'eau pure, un échantillon du produit industriel azoté de masse  $m = 5,70 \text{ g}$  pour obtenir une solution aqueuse ( $S_A$ ) de volume  $V = 250 \text{ mL}$ .

On prélève de cette solution ( $S_A$ ), un volume  $V_A = 20,0 \text{ mL}$ , et on neutralise les ions ammoniums qui s'y trouvent par une solution aqueuse ( $S_B$ ) d'hydroxyde de sodium  $(\text{Na}^+(aq) + \text{OH}^-(aq))$ , de concentration molaire  $C_B = 0,200 \text{ mol.L}^{-1}$ . L'équivalence est atteinte lorsqu'on a versé un volume  $V_{Be} = 22,0 \text{ mL}$  de solution ( $S_B$ ).

0,5

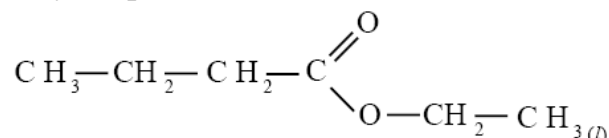
**2-1-** Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction du dosage.

1,25

**2-2-** Trouver la quantité de matière n ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) de nitrate d'ammonium contenue dans l'échantillon étudié. Et s'assurer de la valeur X du pourcentage massique de l'élément azote dans le produit industriel étudié.

### Partie (2) : Préparation du gout d'ananas (3,25 points)

Plusieurs fruits contiennent des esters à gout distingué. Par exemple le gout d'ananas est dû au butanoate d'éthyle, qui est un ester de formule développée :

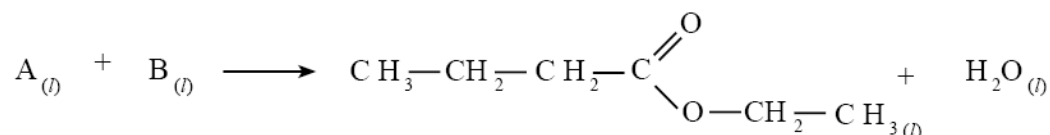


Pour satisfaire les besoins de l'industrie alimentaire en cet ester, on utilise un ester identique à l'ester naturel extrait de l'ananas, mais synthétisé plus facilement et moins chère.

On donne :

- Masses molaires :  $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ ,  $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$ ,  $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$ .

1- On obtient le butanoate d'éthyle par réaction entre un acide carboxylique (A) avec un alcool (B) en présence d'acide sulfurique, selon l'équation suivante :



0,5

1-1- Citer les caractéristiques de cette réaction.

0,5

1-2- Donner la formule semi-développée de l'acide carboxylique (A) et l'alcool (B).

2- On chauffe par reflux, un mélange équimolaire contenant  $n_0 = 0,30 \text{ mol}$  d'acide (A) et  $n_0 = 0,30 \text{ mol}$  d'alcool (B), en présence d'acide sulfurique. On obtient à l'équilibre 23,2 g de butanoate d'éthyle.

2-1- Trouver, à l'aide du tableau d'avancement :

1

a- La constante d'équilibre K associée à la réaction étudiée.

0,5

b- La valeur du rendement r de cette réaction.

0,75

2-2- On réalise la même transformation, en utilisant n mol d'acide carboxylique (A), et  $n_0 = 0,30 \text{ mol}$  d'alcool (B). Calculer la quantité de matière n pour obtenir un rendement  $r = 80\%$ .

### Physique 1 (3 points) : ondes ultrasonores

Les ondes ultrasonores sont des ondes de fréquence supérieure à celle des ondes sonores audibles par l'homme. Elles sont exploitées dans plusieurs domaines, comme l'échographie.

Le but de cet exercice est :

- L'étude de la propagation des ondes ultrasonores ;
- Détermination des dimensions d'un tube métallique.

1- Propagation des ondes mécaniques :

0,25

1-1- a- Ecrire la définition de l'onde mécanique progressive.

0,25

b- Quelle est la différence entre l'onde mécanique longitudinale et l'onde mécanique transversale ?

1-2- Propagation des ondes ultrasonores dans l'eau :

On pose un émetteur E et deux récepteurs R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> d'ondes ultrasonores dans une cuve remplie d'eau, de façon à ce que l'émetteur et les deux récepteurs sont alignés suivant une règle graduée (Figure 1).

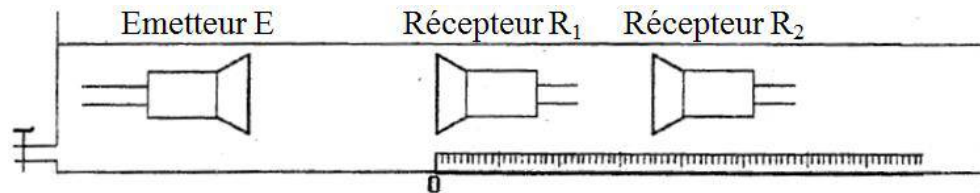


Figure 1

L'émetteur émet une onde ultrasonore qui se propage dans l'eau et arrive aux récepteurs R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub>. Les deux signaux captés par les deux récepteurs R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub>, sont appliqués successivement aux entrées d'un oscilloscope.

Lorsque les deux récepteurs R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> se trouvent au zéro de la règle, on constate sur l'écran de l'oscilloscope l'oscillogramme représenté sur la figure 2, où les deux courbes correspondant aux signaux captés par R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> sont en phases.

La sensibilité horizontale est fixée sur 5  $\mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$ .

On éloigne R<sub>2</sub> suivant la règle graduée, on constate que la courbe correspondante au signal capté par R<sub>2</sub> est décalée vers la droite. Les deux signaux captés par R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> deviennent à nouveau en phase, lorsque la distance entre R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> est d = 3 cm.

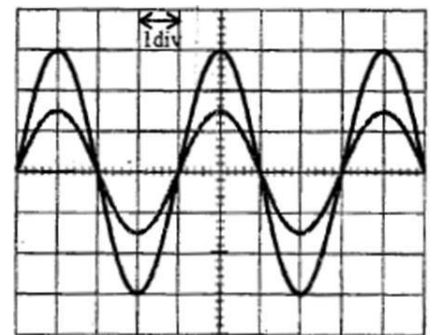


Figure 2

0,25

a- Ecrire la définition de la longueur d'onde  $\lambda$ .

0,25

b- Ecrire la relation entre la longueur d'onde  $\lambda$ , la fréquence N des ultrasons et sa célérité de propagation dans un milieu quelconque.

0,5

c- En déduire de cette expérience, la valeur V<sub>e</sub> de la célérité de propagation des ultrasons dans l'eau.

1-3- Propagation des ultrasons dans l'air :

On conserve le même dispositif précédent (d = 3 cm), et on vide la cuve, le milieu de propagation des ultrasons devient ainsi l'air. On observe que les deux courbes correspondant aux signaux captés par R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> ne sont plus en phases.

0,25

a- Expliquer le phénomène observé.

0,5

b- Calculer la valeur minimale de la distance de laquelle il faut éloigner le récepteur R<sub>2</sub> pour que les deux signaux deviennent à nouveau en phase.

On donne : La célérité de propagation des ultrasons dans l'air V<sub>a</sub> = 340 m.s<sup>-1</sup>.

2- Utilisation des ultrasons pour mesurer les dimensions d'un tube métallique.

Une sonde jouant le rôle d'un émetteur et récepteur, émet une onde ultrasonore de courte durée dans une direction normale à l'axe du tube cylindrique (Figure 3).

Cette onde traverse le tube et se réfléchit à chaque changement de milieu de propagation, pour revenir à la sonde, qui la transforme en signal électrique de courte durée.

On visualise à l'aide d'un oscilloscope à mémoire, les signaux émis et reçus.

L'oscillogramme obtenu au cour du test fait sur le tube, a permis de tracer le diagramme de la figure 4.

On observe des raies sous forme de pics verticaux :  $P_0, P_1, P_2, P_3$ . Figure 4.

- $P_0$  : correspond à l'instant de l'émission.
- $P_1$  : correspond à l'instant de la réception, par la sonde, de l'onde réfléchie ①
- $P_2$  : correspond à l'instant de la réception, par la sonde, de l'onde réfléchie ②
- $P_3$  : correspond à l'instant de la réception, par la sonde, de l'onde réfléchie ③

0,5 On donne : la vitesse de propagation des ultrasons :

- Dans le métal du tube :  $v_m = 1,00 \cdot 10^4 \text{ m.s}^{-1}$  ;
- Dans l'air :  $v_a = 340 \text{ m.s}^{-1}$ .

2-1- Trouver l'épaisseur  $e$  du métal du tube ;

2-2- Trouver la valeur  $D$  du diamètre interne du tube.

**Physique 1 (4,5 points) : Rôle du dipôle RC dans un récepteur d'ondes électromagnétiques ;**

Le condensateur est utilisé dans la fabrication de beaucoup d'appareils électriques, en particulier le récepteur d'ondes électromagnétiques.

Le but de cet exercice est d'étudier la charge d'un condensateur et mettre en évidence le rôle du dipôle RC dans l'un des étages d'un récepteur d'ondes électromagnétiques.

1- Etude de la charge d'un condensateur :

On réalise le circuit de la figure 1, constitué de :

- (G) : Générateur idéal de fem  $E$  ;
- (D) : Résistor de résistance  $R = 100 \Omega$  ;
- (c) : Condensateur de capacité  $C$  ;
- (K) : Interrupteur

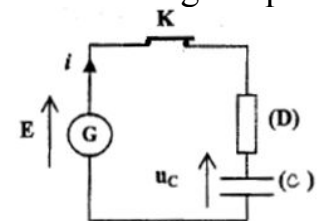


Figure 1

Le condensateur non chargé, on ferme l'interrupteur à un instant  $t = 0$ .

1-1- Etablir l'équation différentielle d'évolution de la tension  $u_c$ .

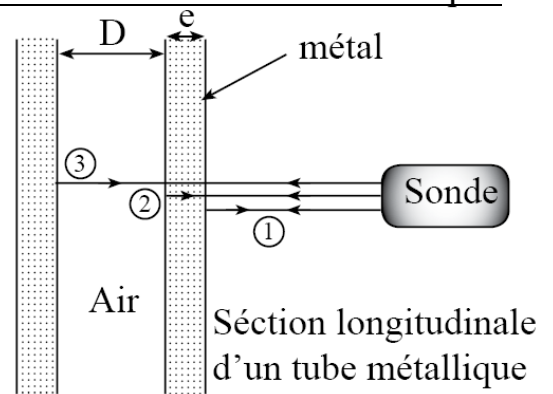


Figure 3

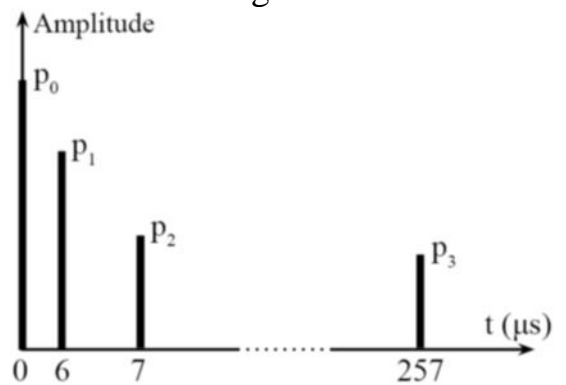


Figure 4

0,75

1-2- La solution de cette équation s'écrit sous la forme :  $u_C = A(1 - e^{-t/\tau})$ , où A est une constante positive et  $\tau$  la constante de temps du circuit RC.

Montrer que :  $\ln(E - u_C) = -\frac{1}{\tau}t + \ln(E)$

0,5

1-3- La courbe représentée par la figure 2 traduit les variations de la grandeur  $\ln(E - u_C)$  en fonction du temps. En exploitant cette courbe, trouver la valeur de E et celle de  $\tau$ .

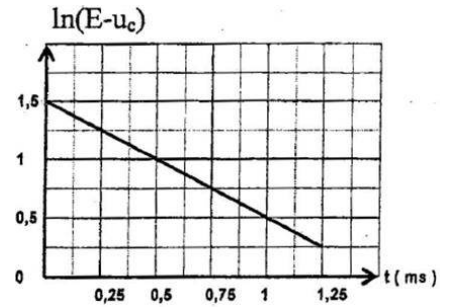


Figure 2

1

1-4- On désigne par  $E_e$  l'énergie emmagasinée dans le condensateur à l'instant  $t = \tau$ , et par  $E_{e \max}$  à sa valeur maximale .

Calculer la valeur du rapport  $\frac{E_e}{E_{e \max}}$ .

1-5- Calculer la capacité  $C'$  du condensateur ( $c'$ ) qu'on doit monter avec le condensateur (C) dans le circuit précédent, pour que la constante de temps devienne  $\tau' = \frac{\tau}{3}$ , en indiquent le type de montage (série ou parallèle).

2- Etude du Rôle du dipôle RC dans le circuit du détecteur de crêtes d'un récepteur d'ondes électromagnétiques.

On utilise le résistor (D) et le condensateur (c), dans le détecteur de crêtes correspondant à l'un des étages du circuit représenté par la figure 3, pour détecter les crêtes de la tension modulée en amplitude d'expression :

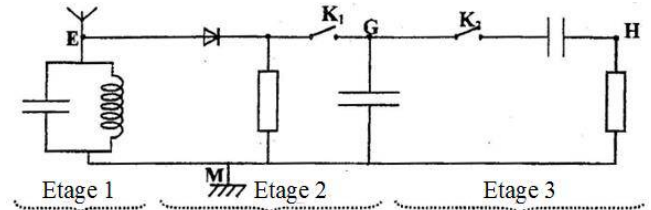


Figure 3

0,25

0,5

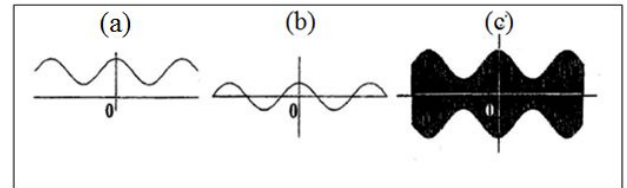
0,5

$$u(t) = k[0,5 \cdot \cos(10^3 \pi t) + 0,7] \cdot \cos(10^4 \pi t)$$

2-1- Indiquer, à l'aide de la figure 3, l'étage correspondant au détecteur de crêtes.

2-2- Montrer que le dipôle RC permet une bonne détection de crêtes.

2-3- Les deux interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$  sont fermés, les courbes obtenus successivement sur l'écran d'un oscilloscope Représentent les variations des



tensions  $u_{EM}$ ,  $u_{GM}$  et  $u_{HM}$  (Figure 4). Indiquer en justifiant, la courbe correspondant à la sortie du détecteur de crêtes.

**Physique 3 (5,5 points) : Amortisseurs et sécurité routière**

I- Test de freinage :

Des tests effectués dans une usine de fabrication de voitures, ont montré que :

0,25  
0,5  
0,25  
0,25  
0,75

- L'accélération d'une voiture au cour du freinage sur une route rectiligne, reste constant.
- La valeur de cette accélération est la même quelle que soit la vitesse de la voiture juste avant le début du freinage.

Les courbes de la figure 1, donnent ce type de tests, à partir de l'instant  $t = 0$ , auquel le conducteur perçoit un obstacle devant lui.

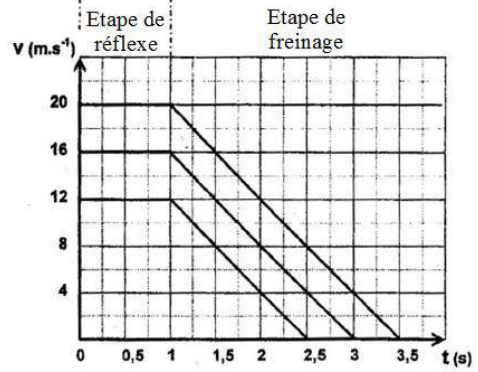


Figure 1

Entre l'instant de perception de l'obstacle et l'instant d'appui sur la pédale des freins, s'écoule une durée de (1s), et c'est la durée normale de reflexe.

- 1- Calculer, à partir du graphe (Figure 1), l'accélération de la voiture au cour du freinage.
- 2- En déduire le module de la somme des vecteurs forces appliquées sur la voiture au cour du freinage, sachant que sa masse est :  $M = 1353 \text{ kg}$ .
- 3- Si la vitesse de la voiture au début du freinage est  $72 \text{ km.h}^{-1}$ , calculer en exploitant le graphe ;
  - 3-1- La distance parcourue par la voiture au cour de la phase du freinage.
  - 3-2- La durée de la phase de freinage ;
- 4- Lors du mouvement de la voiture à la vitesse de  $16 \text{ km.h}^{-1}$ , le conducteur est surpris d'un obstacle à la distance de 35 m de l'avant de sa voiture. Montrer que le conducteur arrête la voiture avant d'heurter l'obstacle.

**II- Modélisation de la suspension d'une voiture :**

La suspension d'une voiture est composée de ressorts et d'amortisseurs, qui assurent le confort et la sécurité des passagers.

Les ressorts se compriment et se dilatent, tandis que les amortisseurs amortissent les oscillations.

On modélise la voiture par un pendule élastique vertical amorti, comme l'indique la figure 2.

Le pendule est constitué d'un corps de masse égale à celle de la voiture  $M = 1353 \text{ kg}$ , de centre de gravité G, fixé à un ressort vertical, à spires non jointives, de raideur  $K = 6.10^5 \text{ N.m}^{-1}$  et de masse négligeable.

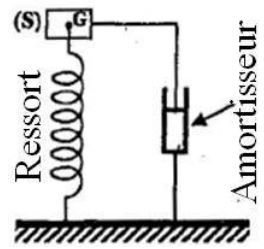


Figure 2

L'amortisseur applique sur le corps (S), au cour des oscillations, des frottements visqueux.

- 1- Etude énergétique de l'oscillateur {corps (S) + Ressort}, non amorti :

0,25  
0,5  
0,75  
0,5  
0,75  
0,75

On considère que l'oscillateur {corps (S) + Ressort} est non amorti et que son énergie mécanique se conserve.  
A l'équilibre, la position  $G_0$  du centre d'inertie de (S), appartient au même plan horizontal contenant le point O, origine du repère vertical ascendant  $(O, \vec{k})$ , et où le ressort est comprimé de  $|\Delta \ell_0|$ .  
L'oscillateur est susceptible d'effectuer des oscillations verticales autour de sa position d'équilibre  $G_0$ . On repère à chaque instant, la position du centre d'inertie G de (S), au cour de ses oscillations suivant l'axe  $(O, \vec{k})$ , par son ordonnée z (Figure 3).

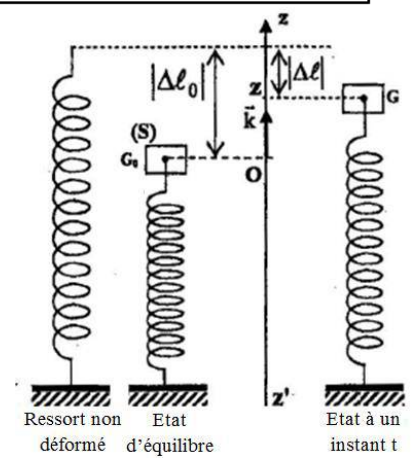


Figure 3

- On choisit le plan horizontal contenant l'origine O du repère comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ( $E_{pp} = 0$ ).
  - On choisit l'état où le ressort est non déformé comme état de référence de l'énergie potentielle d'élasticité ( $E_{pe} = 0$ ).
- 1-1-** Trouver, à l'équilibre, la relation entre  $|\Delta \ell_0|$ , M, K et g (intensité de pesanteur).
- 1-2-** Montrer que l'expression de l'énergie potentielle d'élasticité s'écrit :  
$$E_{pe} = \frac{1}{2} K (|\Delta \ell_0| - z^2).$$
- 1-3-** L'énergie mécanique  $E_m$  de l'oscillateur est la somme de son énergie potentielle de pesanteur et de son énergie potentielle d'élasticité et de son énergie cinétique.
- a- Exprimer l'énergie mécanique  $E_m$  en fonction de : M, z,  $\frac{dz}{dt}$ , K et  $|\Delta \ell_0|$ .
  - b- En déduire l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie G du corps (S).
- 2-** Dans cette partie, on suppose que le corps (S) subit de la part de l'amortisseur, des frottements visqueux modélisés par une force d'expression  $\vec{f} = -h \frac{dz}{dt} \vec{k}$  où h est un constante positive, appelée coefficient d'amortissement, et qui caractérise la qualité de l'amortisseur.  
On montre dans ce cas que l'équation différentielle vérifiée par l'ordonnée z du centre d'inertie G s'écrit sous la forme :  $M \frac{d^2z}{dt^2} + h \frac{dz}{dt} + Kz = 0$ .
- 2-1-** Exprimer  $\frac{dE_m}{dt}$  en fonction de la constante h et  $\frac{dz}{dt}$ . Commenter le résultat.



2-2- Sur le document de la figure 4, sont représentées les courbes (a) et (b) modélisant les variations en fonction du temps, de l'ordonnée  $z$  des centres d'inertie de deux corps ( $S_1$ ) et ( $S_2$ ) modélisant deux voitures ① et ② de même type, ne différenciant que par la qualité des amortisseurs.

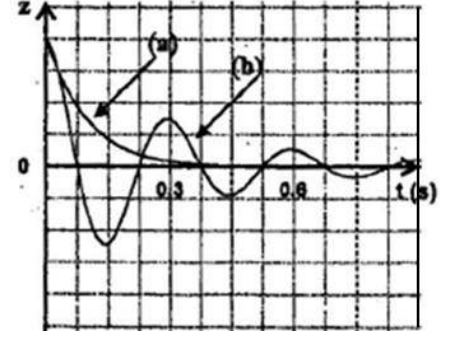


Figure 4

Les coefficients de frottement relatifs successivement aux voitures ① et ② sont tel que :  $h_2 > h_1$ .

Préciser laquelle des deux voitures offre plus de sécurité au conducteur, en précisant la courbe correspondante. Justifier votre réponse.