



SESSION 2003

CLASSES DE TERMINALE

# SCIENCES PHYSIQUES

## PHYSIQUE

### PARTIE A : Autobus électrique. (15 points)

Dans tout l'exercice on prendra  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ .

#### **A-1) Autobus à l'arrêt.**

En un point A du plafond d'un autobus est accroché un pendule constitué d'un fil inextensible de longueur  $l = 25 \text{ cm}$  auquel est suspendue une bille supposée ponctuelle de masse  $m$ .

Le véhicule étant à l'arrêt, le pendule est écarté d'un angle de  $10^\circ$  par rapport à sa position d'équilibre et lâché sans vitesse initiale à une date prise comme origine des temps  $t = 0$ .

A chaque date  $t$ , on repère la position du pendule par l'angle  $\alpha$  que fait le fil avec la verticale.

On néglige les frottements et le mouvement est rapporté au référentiel terrestre.

**A-1-1)** Etablir l'équation différentielle du mouvement reliant l'élongation  $\alpha$  et sa dérivée seconde par rapport au temps. (1 Pt)

**A-1-2)** En déduire l'expression de  $\alpha$  en fonction de  $t$ . (0,75 Pt)

**A-1-3)** Calculer la période du mouvement. (0,25 Pt)

#### **A-2) Autobus en mouvement.**

On remet le pendule à l'équilibre. Puis l'autobus, partant du repos, se déplace sur une route horizontale suivant un mouvement rectiligne uniformément varié de telle sorte qu'il acquiert la vitesse de  $12 \text{ m.s}^{-1}$  au bout de  $20 \text{ s}$  dans le référentiel terrestre.

**A-2-1)** Evaluer l'accélération  $a_1$  de l'autobus dans ce référentiel. (0,5 Pt)

**A-2-2)** Déterminer l'angle d'inclinaison du fil. (1 Pt)

**A-2-3)** Le fil se casse à un instant  $t \in ]0, 20 \text{ s}[$ .

**A-2-3-1)** Montrer que par rapport à un observateur assis dans l'autobus, la bille du pendule effectue un mouvement rectiligne uniformément varié dont on précisera la direction de la trajectoire. (1 Pt)

**A-2-3-2)** Démontrer que l'accélération  $a_2$  de ce mouvement est donnée par l'expression :

$$a_2 = (a_1^2 + g^2)^{1/2} \quad (1 \text{ Pt})$$

**A-2-3-3)** Calculer la distance HB séparant la projection orthogonale H de A sur le plancher de l'autobus avec le point de chute B de la bille sur ce plancher. (0,5 Pt)

**A-3) Effets des forces résistantes.**

On étudie le mouvement de l'autobus durant sa phase accélérée. L'accélération n'est plus supposée constante.

L'autobus, de masse  $M = 10$  tonnes, est à moteur électrique et possède quatre roues dont les deux roues arrière sont motrices, celles de devant étant seulement porteuses. Chaque roue a un rayon de  $R = 50$  cm. On néglige l'énergie cinétique de rotation des roues.

Le moteur exerce un couple de moment résistant constant  $M_r = 1250$  N. m sur chaque roue motrice. A la vitesse  $\vec{V}$ , les forces qui s'opposent au déplacement de l'autobus admettent une résultante  $\vec{f}$  telle que  $\vec{f} = -\lambda \vec{V}$  (relation où  $\lambda$  est une constante positive).

**A-3-1)** Le véhicule, parti sans vitesse initiale, acquiert à l'instant  $t$  la vitesse  $V$  et l'accélération  $a$  dans le référentiel terrestre .

$P_m$  désignant la puissance mécanique fournie par le couple moteur et  $P_f$  la puissance consommée par les forces qui s'opposent au déplacement, établir la relation :  $M V a = P_m + P_f$ . (1 Pt)

**A-3-2)** En déduire l'expression de  $a$  en fonction  $V$  et des constantes  $M_r$ ,  $\lambda$ ,  $M$  et le rayon  $R$ . (0,5 Pt)

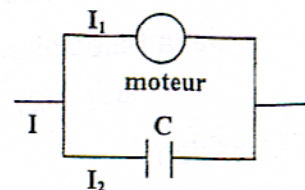
**A-3-3)** En admettant que la relation  $\vec{f} = -\lambda \vec{V}$  reste vérifiée quel que soit le module de  $\vec{V}$ , en déduire que la vitesse de l'autobus tend vers une limite  $V_l$  dont on exprimera la valeur en fonction des données utiles. Faire l'application numérique. On donne :  $\lambda = 250$  S.I. (1 Pt)

**A-4) Alimentation du moteur.**

Le moteur électrique de l'autobus est alimenté en courant alternatif sinusoïdal de fréquence égale à 50 Hz sous une différence de potentiel de valeur efficace égale à 1000 volts. L'intensité efficace du courant qui le traverse est de 200 A. L'autobus roule à la vitesse de 72 km/h.

**A-4-1)** Sachant que le facteur de puissance du moteur est de  $\cos \phi_1 = 0,6$  en déduire la puissance électrique moyenne consommée dans ces conditions. (0,5 Pt)

**A-4-2)** On place un condensateur en dérivation aux bornes du moteur afin que le facteur de puissance de l'ensemble moteur – condensateur soit  $\cos \phi_2 = 0,9$ . L'intensité du courant principal  $i$  dans la ligne qui alimente en courant l'autobus présente un retard de phase par rapport à la différence de potentiel.



**A-4-2-1)** Représenter sur un diagramme de Fresnel la différence de potentiel  $u$  appliquée, l'intensité  $i_1$  dans le moteur, l'intensité  $i_2$  dans le condensateur, les angles  $\phi_1$  et  $\phi_2$ . (1,5 Pt)

A-4-2-2) Calculer l'intensité efficace  $I_2$  du courant qui traverse le condensateur. Vérifier graphiquement ce résultat (1 Pt)

A-4-2-3) Calculer la capacité du condensateur (1 Pt)

**A- 5.) Effet de la suspension.**

L'autobus possède une suspension à ressorts. On admet que ces ressorts peuvent soumettre le système S constitué par la carrosserie et le moteur à un mouvement de translation rectiligne et sinusoïdal. Ce système S a une masse  $M_S = 9$  tonnes. On prendra  $\pi^2 = 10$ .

A-5-1) Sachant que le système S s'abaisse de 2,5 cm pour une charge de 1 tonne (passagers), calculer la période des oscillations de S avec cette charge. (1 Pt)

A-5-2) L'autobus se déplace sur une route horizontale qui présente une succession de bosses transversales (dos d'âne) régulièrement espacées de 10 m . La vitesse de 36 km/h est à éviter. Expliquer pourquoi ? (1,5 Pt)

**PARTIE B : Etude de la suspension d'un véhicule. (10 points)**

Afin d'étudier le rôle de la suspension d'un véhicule, on a recours au modèle mécanique très simplifié suivant : un solide (S) de masse  $M = 1$  tonne (représentant la caisse du véhicule) repose sur le sol par l'intermédiaire d'un ressort de raideur  $K = 9 \cdot 10^4 \text{ N.m}^{-1}$  équivalent à l'ensemble des ressorts de suspension du véhicule.

**Rappel :** période de l'oscillation harmonique  $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$

**B-1) Etude de la suspension d'un véhicule dépourvu de tout système amortisseur.**

Nous considérons le dispositif de la Figure 1 pour étudier, suivant un axe vertical orienté vers le bas, les oscillations verticales du véhicule réel qui roule.

Le mouvement du centre d'inertie du véhicule est alors régi par l'équation :

$$y = Y_m \cos \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad ; \text{ on notera que } Y_m > 0$$

B-1-1) Préciser l'origine des abscisses et le sens du mouvement à  $t = 0$  ; justifier. (0,5 Pt)

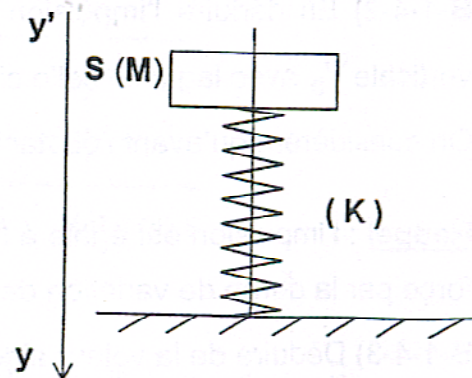


Figure 1

B-1-2)  $V_0$  étant la valeur algébrique de la vitesse verticale au passage par la position d'équilibre, indiquer, en justifiant, la relation liant  $V_0$ ,  $Y_m$  et  $T_0$  (période des oscillations). Interpréter le signe de  $V_0$ . (0,75 Pt)

**B-1-3)** La voiture descend, le plan **AB** faisant un angle  $\alpha = 3^\circ$  avec un plan horizontal à la vitesse  $V = 72 \text{ km/h}$  et arrive à un plan horizontal **BD**. (Figure 2)

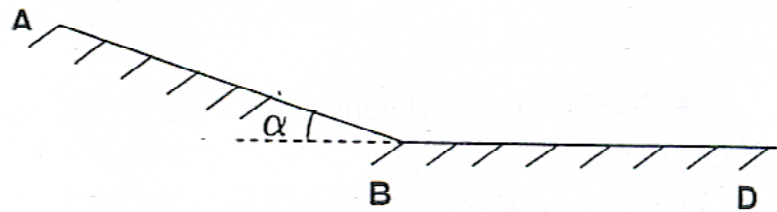


Figure 2

Tout se passe comme si la caisse était lancée instantanément vers le bas avec une vitesse  $\vec{V}_0$ , projection verticale de  $\vec{V}$ .

Montrer que l'amplitude des oscillations  $Y_m$  est proportionnelle à la vitesse  $V$  du véhicule. (0,5 Pt)

Calculer  $Y_m$  en unité du système international. (0,25 Pt)

**B-1-4)** Le véhicule roule maintenant sur un plan horizontal à la vitesse  $V = 72 \text{ km/h}$  et passe sur un "dos d'âne" (mal fait) de section rectangulaire de hauteur  $h = 0,15 \text{ m}$  et de largeur  $L = 0,30 \text{ m}$  (voir Figure 3).

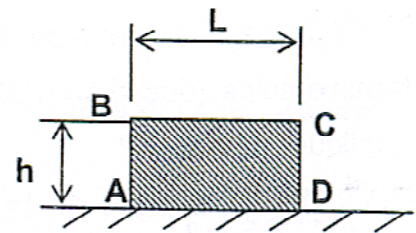


Figure 3

Tout se passe comme si, pour le modèle simplifié, le centre d'inertie du véhicule était instantanément soulevé de  $h$  et que cela dure le temps  $\Delta t$  mis pour aller de **B** en **C**.

**B-1-4-1)** Quel est l'auteur de la force qui a pour effet le soulèvement du véhicule ? (0,5 Pt)

Calculer l'intensité  $F$  de cette force. (0,5 Pt)

**B-1-4-2)** En déduire l'impulsion  $I$  communiquée à la caisse et la valeur algébrique de la vitesse verticale  $\vec{V}_0$  avec laquelle celle-ci est lancée du fait du passage de l'obstacle.

On considèrera qu'avant l'obstacle la vitesse verticale était nulle

(01 Pt)

**Rappel :** l'impulsion est égale à la variation de la quantité de mouvement (produit de l'intensité d'une force par la durée de variation de la quantité de mouvement).

**B-1-4-3)** Déduire de la valeur algébrique de  $\vec{V}_0$  l'amplitude des oscillations du véhicule au passage de l'obstacle. (0,5 Pt)

**B-1-4-4)** Montrer, à l'aide des résultats établis précédemment, que cette amplitude est inversement proportionnelle à la vitesse horizontale  $V$  du véhicule au passage de l'obstacle.

Quel renseignement peut-on tirer de la relation liant  $Y_m$  et  $V$  ?

(01 Pt)

**B-2) Suspension d'un véhicule muni d'un système d'amortissement.**

On étudie le mouvement du centre d'inertie, seulement suivant la verticale, de véhicules possédant un système d'amortissement. On repère le centre d'inertie par son ordonnée  $y$ , sur un axe  $oy$  orienté cette fois ci vers le haut, l'origine étant à la position du centre d'inertie à l'équilibre. On conservera toujours le modèle simplifié de la partie B-1 (Figure 4).

On donne  $m = 1,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$  ;  $K = 6 \cdot 10^5 \text{ N.m}^{-1}$

La force de frottement qui s'exerce sur le véhicule est opposée à la vitesse du centre d'inertie.  
 $\vec{F} = -\lambda \cdot \vec{V}$ , avec  $\lambda =$  constante positive appelée coefficient de frottement.

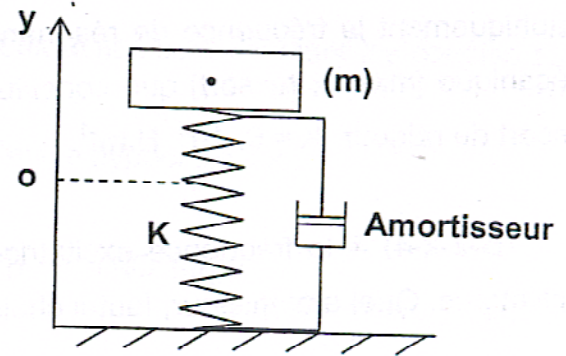


Figure 4

**B-2-1) La figure 5 donne trois courbes représentant  $y = g(t)$  pour trois véhicules dont les valeurs des coefficients d'amortissement sont :**

$$\lambda_1 = 1,5 \cdot 10^4 \text{ kg.s}^{-1} \quad \lambda_2 = 5,0 \cdot 10^4 \text{ kg.s}^{-1} \quad \lambda_3 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ kg.s}^{-1}$$

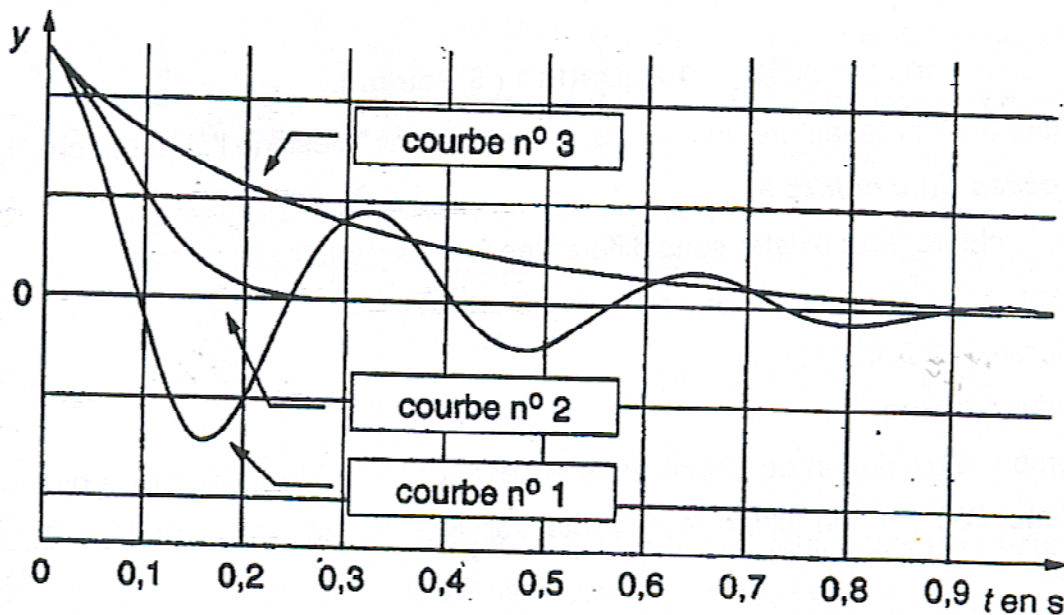


Figure 5

**B-2-1-1) Attribuer à chaque courbe, en le justifiant, le coefficient d'amortissement correspondant.**

(01 Pt)

**B-2-1-2) L'une des courbes est une sinusoïde amortie, déterminer graphiquement la valeur de la pseudo période  $T$  des oscillations.**

(0,25 Pt)

CLASSES DE TERMINALE

**B-2-2-3)** Pour le véhicule correspondant au coefficient d'amortissement  $\lambda_1$ , déterminer graphiquement la fréquence de résonance et la comparer avec la fréquence propre de l'oscillateur mécanique [masse, ressort] que constitue le véhicule de masse  $M = 1,5$  tonnes, suspendu par le ressort de raideur  $K = 6 \cdot 10^5 \text{ N.m}^{-1}$ . (0,5Pt)

**B-2-2-4)** A la fréquence excitatrice  $f' = 4,5 \text{ Hz}$ , l'amplitude  $Y_M$  est la même pour les trois oscillateurs. Quel amortisseur, faut-il choisir pour équiper le véhicule :

Pour des fréquences excitatrices  $f_e < f'$  (0,5 Pt)

Pour des fréquences excitatrices  $f_e > f'$  (0,5 Pt)

Quel amortisseur donne plus de confort et de sécurité quelle que soit la fréquence excitatrice ? (0,5 Pt)

CHIMIEPARTIE C : Le chlore en solution aqueuse ( 6 Points ).

Dans cet exercice, pour faciliter la lecture du texte, le terme " chlore " désigne l'élément chlore.

**C-1) Différentes espèces du « chlore ».**

En solution aqueuse, le chlore peut exister sous différentes formes dont, entre autres :

- dichlore,  $\text{Cl}_2(\text{aq})$  ;
- acide hypochloreux,  $\text{ClOH}(\text{aq})$  ;
- ions hypochlorite,  $\text{ClO}^-(\text{aq})$  ;

**C-1-1)** Evaluer le nombre d'oxydation du chlore dans les espèces : dichlore  $\text{Cl}_2$ ; acide hypochloreux  $\text{ClOH}$ , ion hypochlorite  $\text{ClO}^-$  et ion chlorure  $\text{Cl}^-$ . Classer ces espèces en fonction du nombre d'oxydation croissant. (1,5 Pt)

**C-1-2)** Préciser l'oxydant et le réducteur de chacun des couples oxydant-réducteur que l'on peut envisager avec les espèces  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{ClO}^-$  et  $\text{Cl}^-$ . Ecrire les demi-équations électroniques de chaque couple. (1 Pt)

**C-1-3)** Quel est l'acide conjugué de l'ion  $\text{ClO}^-$  ? Ecrire les demi-équations protoniques correspondantes. (0,75 Pt)