Amérique du Sud 2005 Sans calculatrice

I. ÉMISSION ET RÉCEPTION D'UNE ONDE RADIO (4 points)

Au cours d'une séance de travaux pratiques, les élèves réalisent un montage permettant d'émettre puis de recevoir un signal radio.

1. Émission du signal.

Le montage de modulation d'amplitude, utilisé pour l'émission et réalisé à l'aide d'un multiplieur, est représenté sur la figure 1 ci-contre :

Pour engendrer l'onde porteuse de fréquence F, on envoie sur l'entrée E_1 du multiplieur la tension $v(t) = V_m\cos(2\pi Ft)$.

Le signal à transmettre, de fréquence f et d'amplitude U_m est $u_1(t) = U_m\cos(2\pi ft)$. *On lui ajoute une tension continue U_0, appelée tension de décalage ou tension offset.*

On obtient alors $u(t) = U_0 + u_1(t) = U_0 + U_m\cos(2\pi ft)$ *qu'on envoie sur l'entrée E_2.*

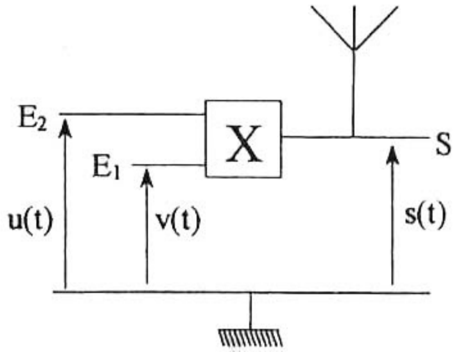
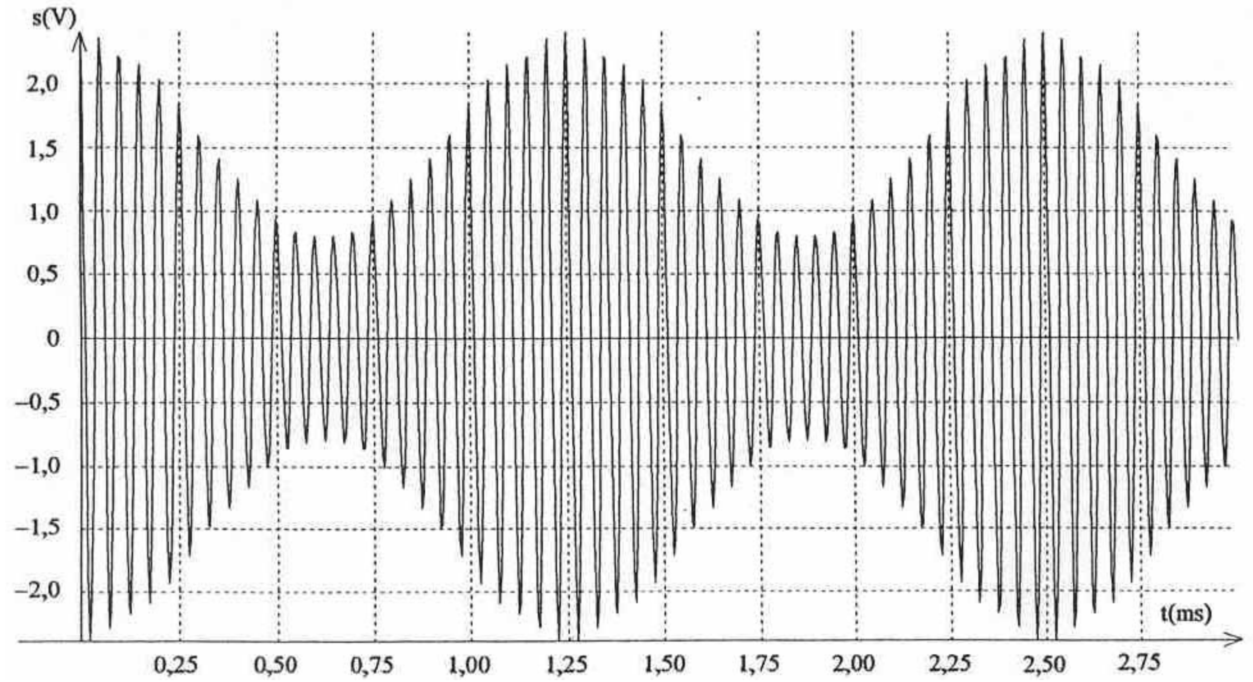


fig. 1

À l'aide d'un dispositif d'acquisition de données, branché sur la sortie S du multiplieur, on observe sur l'écran de l'ordinateur, la courbe s(t) représentée ci-dessous (fig. 2)

fig. 2



1.1.1. Pourquoi faut-il ajouter une tension de décalage au signal à transmettre ?

1.1.2. Quelle condition doit vérifier le rapport $m = \dfrac{U_m}{U_0}$ pour réaliser une bonne modulation ? (m est appelé taux de modulation).

1.2. *Le multiplieur donne en sortie une tension s(t) proportionnelle au produit des tensions appliquées sur les entrées :* $s(t) = k.u(t).v(t)$.

Le coefficient k est une constante qui ne dépend que du multiplieur.

1.2.1. Montrer que s(t) peut se mettre sous la forme $s(t) = A[1 + m\cos(2\pi ft)]\cos(2\pi Ft)$ dans laquelle A est une constante.

1.2.2. Donner l'expression de A en fonction de k, V_m et U_0.

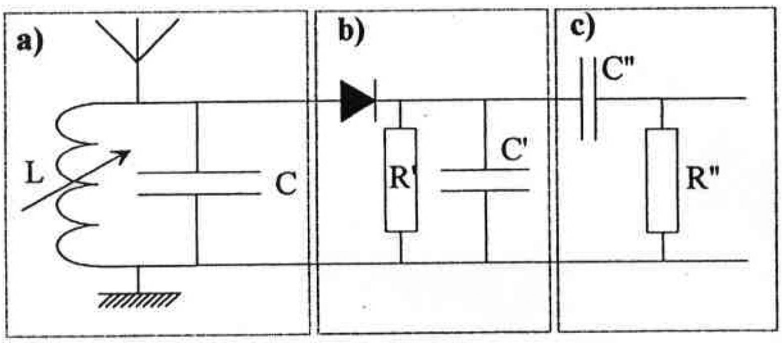
1.3. En utilisant la courbe de la figure 2, déterminer f et F. Justifier la méthode utilisée.

2. Réception du signal.

La réception du signal se fait à l'aide du montage représenté ci-dessous (figure 4). Ce montage est constitué de plusieurs modules branchés les uns après les autres.

2.1. *Le premier module, notée* ***a)*** *sur la figure 4, est le circuit d'accord.*

fig. 4



2.1.1. Quel est son rôle ?

2.1.2. Comment procède-t-on pour "capter" une station radio ?

2.1.3. Vérifier que lorsque L = 62 mH, le circuit est accordé sur l'émetteur réalisé au 1.

Données : $C = 1{,}0\ nF$; $\pi\sqrt{62} \approx 25$

2.2. *Le deuxième module (noté* ***b)*** *sur le schéma) est un détecteur de crête. Il permet de démoduler le signal reçu.*

2.2.1. Que signifie démoduler le signal reçu ?

2.2.2. *Un élève a représenté sur la figure 5, en trait gras, le signal qu'il observe sur l'écran lorsque le système d'acquisition est branché à la sortie du détecteur de crête.*

Ce schéma vous semble-t-il correct ?

Justifier la réponse.

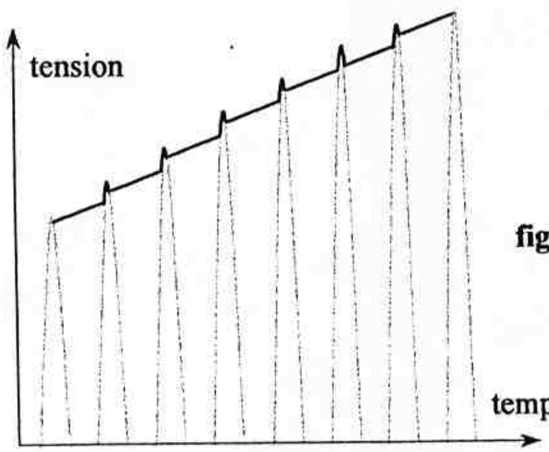


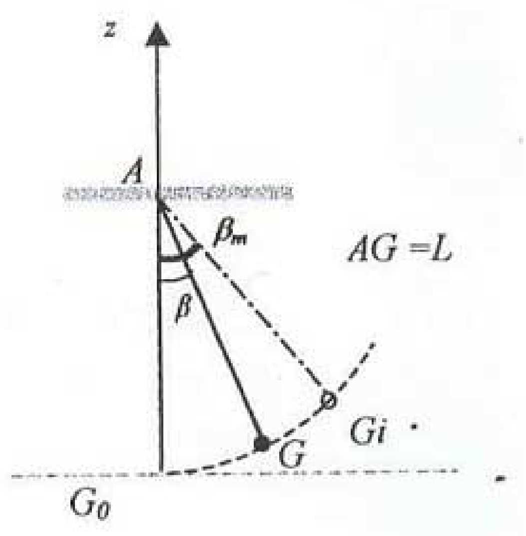
fig. 5

2.3. Quel est le rôle du troisième module **(c)** ?

2005 Amérique du Sud	Sans calculatrice
II. LES OSCILLATEURS MÉCANIQUES (5,5 points)	

Les parties A et B sont indépendantes. Dans tout ce qui suit, les frottements sont négligés.

Partie A : pendule simple.



On étudie un pendule simple constitué d'une masse ponctuelle m, attachée à l'une des extrémités d'un fil inextensible, de masse négligeable et de longueur L.
Ce pendule est placé dans le champ de pesanteur dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

L'autre extrémité du fil est attachée en un point fixe A. Écarté de sa position d'équilibre G_0, le pendule oscille sans frottements avec une amplitude β_m.
G_i est la position initiale à partir de laquelle le pendule est abandonné sans vitesse.
Une position quelconque G est repérée par β , élongation angulaire mesurée à partir de la position d'équilibre.

1. **Étude énergétique.**
2. Donner l'expression de l'énergie cinétique en G.
3. *On prendra l'origine des énergies potentielles en G_0, origine de l'axe des z. On montre que, dans ce cas, l'énergie potentielle en G peut se mettre sous la forme :*

$$E_P = mgL(1 - \cos\beta) .$$

Donner l'expression de l'énergie mécanique en fonction de m, g, L, v et β. Pourquoi l'énergie mécanique se conserve-t-elle ?

4. Exploitation.

Exprimer la vitesse au passage par la position d'équilibre en fonction de g, L et β_m. Calculer sa valeur.
Données : $g = 10\ m.s^{-2}$; $L = 1,0\ m$; $\cos\beta_m = 0,95$.

5. **Isochronisme.**
6. Énoncer la loi d'isochronisme des petites oscillations.
7. Choisir l'expression correcte de la période parmi les suivantes, en justifiant par une analyse dimensionnelle :

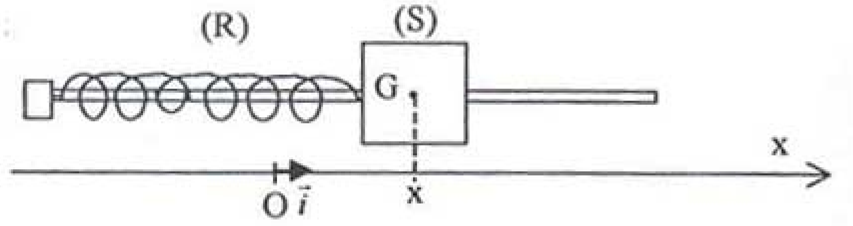
$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{g}{L}} \qquad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\beta_m}{L}} \qquad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{L}}$$

Partie B : oscillateur élastique.

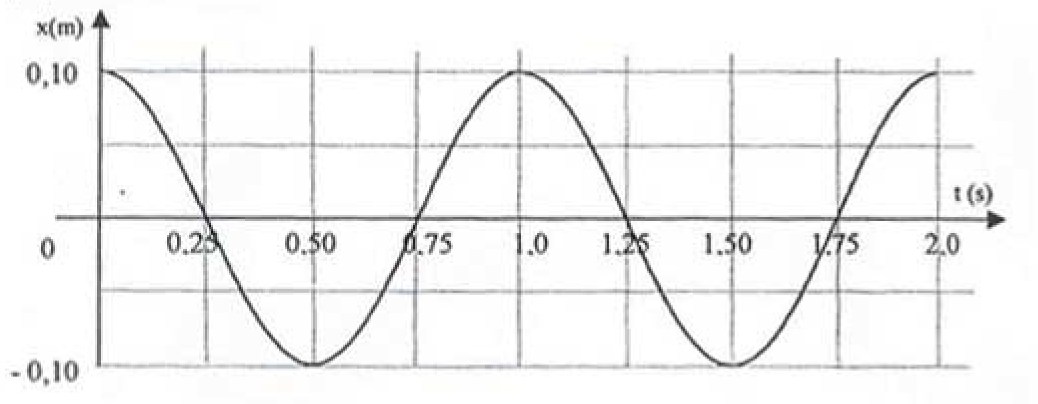
Un solide (S) de masse m, de centre d'inertie G, peut glisser sans frottements sur une tige horizontale. Il est accroché à un ressort (R) à spires non jointives, de raideur $k = 4,0\ N.m^{-1}$. L'ensemble constitue un oscillateur élastique horizontal, non amorti.
La masse du ressort est négligeable devant m et (S) entoure la tige de telle sorte que G se trouve sur l'axe de celle-ci (voir schéma page suivante).
On étudie le mouvement de translation du solide (S) dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Lorsque le solide (S) est à l'équilibre, son centre d'inertie G se situe à la verticale du point O, origine de l'axe des abscisses. Le solide est écarté de 10 cm de sa position d'équilibre et abandonné sans vitesse initiale à la date t = 0 s.

Dispositif expérimental :



On procède à l'enregistrement des positions successives de G au cours du temps par un dispositif approprié. On obtient la courbe ci-dessous :



1. Étude dynamique.

1.1. Reproduire sur la copie le schéma du dispositif expérimental ci-dessus. Représenter et nommer les forces en G, sans souci d'échelle, s'exerçant sur le solide (S).
1.2. En appliquant la deuxième loi de Newton au solide (S), établir l'équation différentielle (relation entre x et ses dérivées par rapport au temps) régissant le mouvement de son centre d'inertie G.
1.3. *Une solution de l'équation différentielle peut s'écrire sous la forme :*

$$x(t) = X_m \cos\left(\frac{2\pi . t}{T_0} + \varphi\right). \qquad (X_m \text{ est l'amplitude et } \varphi \text{ la phase initiale})$$

Retrouver l'expression de la période T_0 en fonction de m et de k.

2. Étude énergétique.

L'énergie potentielle de pesanteur est choisie nulle dans le plan horizontal passant par G.
2.1. Donner l'expression littérale de l'énergie mécanique du système {ressort + solide}, en fonction de k, m, x et sa dérivée première.
2.2. À partir de l'enregistrement ci-dessus, trouver pour quelles dates l'énergie potentielle élastique du système {ressort + solide} est maximale. Que vaut alors l'énergie cinétique ?
2.3. Calculer la valeur de l'énergie mécanique du système.

Partie C : comparaison des périodes.
Les comportements des deux pendules précédents sont maintenant envisagés sur la Lune.
Parmi les hypothèses ci-dessous, choisir pour chaque pendule celle qui est correcte. Justifier.

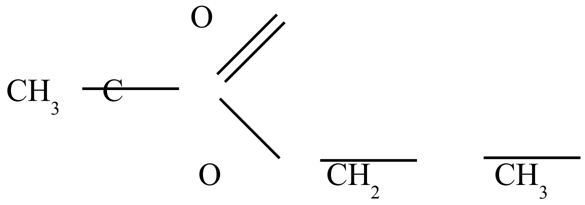
Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3
T_0 ne varie pas	T_0 augmente	T_0 diminue

2005 Amérique du Sud Sans calculatrice

III. CINÉTIQUE DE LA SAPONIFICATION DE L'ÉTHANOATE D'ÉTHYLE (6,5 points)

1. L'éthanoate d'éthyle.

L'éthanoate d'éthyle ($C_4H_8O_2$) est un liquide incolore de formule semi-développée :



1.1. Recopier la formule semi-développée sur la copie et entourer le groupement fonctionnel.
1.2. À quelle famille de composés organiques l'éthanoate d'éthyle appartient-il ?

2. Saponification de l'éthanoate d'éthyle.

C'est la réaction entre l'éthanoate d'éthyle et une solution de soude (par exemple).
L'équation chimique associée à la réaction s'écrit :

$$C_4H_8O_2(aq) \;+\; Na^+(aq) \;+\; HO^-(aq) \;=\; Na^+(aq) \;+\; A^-(aq) \;+\; B(aq).$$

c. Écrire la formule semi-développée de l'espèce chimique A^-. Donner son nom.

2.2. La réaction est-elle limitée ou totale ?

4. Étude expérimentale de la cinétique de la saponification par conductimétrie.

À un instant choisi comme date t = 0, on introduit de l'éthanoate d'éthyle dans un bécher contenant une solution de soude. On obtient un volume V = 100,0 mL de solution où les concentrations de toutes les espèces chimiques valent $c_0 = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1} = 10 mol.m^{-3}. La température est maintenue égale à 30°C. On plonge dans le mélange la sonde d'un conductimètre qui permet de mesurer à chaque instant la conductivité σ de la solution. Le tableau ci-dessous regroupe quelques valeurs.

t en min	0	5	9	13	20	27	∞
σ en S.m^{-1}	0,250	0,210	0,192	0,178	0,160	0,148	0,091

3.1. Évolution de la transformation.
Soit x(t) l'avancement de la transformation à un instant t.
Compléter le tableau fourni en annexe à rendre avec la copie.
Dans ce tableau t = ∞ correspond à un instant de date très grande où la transformation chimique est supposée terminée.

3.2. La conductimétrie.
3.2.1. Quelles sont les espèces chimiques responsables du caractère conducteur de la solution ?
3.2.2. Pourquoi la conductivité de la solution diminue-t-elle ?
Données : conductivités molaires ioniques λ en S.m².mol^{-1}
ion $Na^+(aq)$: $\lambda_{Na^+} = 5{,}0\times10^{-3}$; ion $HO^-(aq)$: $\lambda_{HO^-} = 2{,}0\times10^{-2}$; ion $A^-(aq)$: $\lambda_{A^-} = 4{,}1\times10^{-3}$
3.2.3. Exprimer σ_t, valeur de la conductivité de la solution à un instant t en fonction de c_0, V, x(t) et des conductivités molaires ioniques.
3.2.4. *Les expressions de σ_0 et σ_∞, valeurs de la conductivité de la solution à l'instant t = 0 et au bout d'une durée très grande, sont :* $\sigma_0 = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-}).c_0$; $\sigma_\infty = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{A^-}).c_0$
Justifier ces expressions.
3.2.5. Montrer que l'avancement x(t) peut être calculé par l'expression :

$$x(t) = c_0 V \frac{\sigma_0 - \sigma_t}{\sigma_0 - \sigma_\infty}.$$

3.3. Étude cinétique.

La relation trouvée au 3.2.5. permet de calculer les valeurs de l'avancement x(t) à chaque instant. Le graphe fourni en annexe à rendre avec la copie représente l'évolution de l'avancement x(t) en fonction du temps.

3.3.1. Donner l'expression de la vitesse volumique de réaction en précisant les unités.

3.3.2. Expliquer la méthode permettant d'évaluer graphiquement cette vitesse à un instant donné.

3.3.3. Comment évolue cette vitesse au cours de la transformation chimique ? Quel est le facteur cinétique mis en jeu ?

3.3.4. Calculer l'avancement maximal.

3.3.5. Définir le temps de demi-réaction. Trouver sa valeur à partir du graphe fourni en annexe.

3.3.6. *On reproduit la même expérience à une température de 20°C.*

Tracer, sur le graphe fourni en annexe à rendre avec la copie, l'allure de la courbe obtenue. On justifiera le tracé.

ANNEXE à l'exercice III

À rendre avec la copie

Annexe

Réaction		$C_4H_8O_2$ +	$Na^+(aq)$ +	$HO^-(aq)$ =	$Na^+(aq)$ +	$A^-(aq)$ +	B
instant	avancement						
0	0	$c_0.V$	$c_0.V$	$c_0.V$	$c_0.V$	0	0
t	x(t)		$c_0.V$		$c_0.V$		
∞	x_{max}		$c_0.V$		$c_0.V$		

Annexe