

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30 – Coefficient : 8

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé

Ce sujet comporte un exercice de **CHIMIE** deux exercices de **PHYSIQUE** et présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I – Propriété de l'acide propanoïque
- II – Mouvement d'un palet
- III – Etude d'un son et de sa réception avec un récepteur radio

EXERCICE I. PROPRIETES DE L'ACIDE PROPANOÏQUE (6,5 points)

On se propose d'étudier deux propriétés chimiques de l'acide propanoïque dans deux parties indépendantes : la réaction de dissolution dans l'eau et la réaction avec l'alcool butan-1-ol.

Données :

Le tableau ci-dessous rassemble quelques propriétés physico-chimiques des réactifs et des produits.

	Formule brute	Masse volumique	Masse molaire	Température d'ébullition
Acide propanoïque	$C_3H_6O_2$	$1,00 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$74,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$	$141,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Butan-1-ol	$C_4H_{10}O$	$8,10 \cdot 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$74,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$	$117,5 \text{ }^\circ\text{C}$
Ester				$146,0 \text{ }^\circ\text{C}$
eau				$100,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Dans ce qui suit, l'acide propanoïque est noté AH et l'ion propanoate A^- .

Le conductimètre utilisé permet de mesurer la conductivité σ de la solution étudiée, proportionnelle à sa conductance G.

On considère une solution aqueuse d'acide propanoïque.

On néglige la concentration en ions hydroxyde HO^- par rapport à celles des autres espèces ainsi que leur contribution à la conductivité de la solution.

Dans ces conditions, la conductivité σ de la solution est de la forme :

$$\sigma = \lambda_1 [H_3O^+] + \lambda_2 [A^-].$$

- λ_1 conductivité molaire ionique de l'ion H_3O^+ : $\lambda_1 = 35,0 \cdot 10^{-3} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$
- λ_2 conductivité molaire ionique de l'ion propanoate : $\lambda_2 = 3,58 \cdot 10^{-3} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

Ces valeurs sont données à 25°C et les concentrations $[H_3O^+]$ et $[A^-]$ sont exprimées en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$.

1 - Étude de la réaction entre l'acide propanoïque et l'eau.

On verse 0,10 mole d'acide propanoïque pur dans de l'eau pour obtenir 500 mL d'une solution notée S_0 . Pour des mesures de conductimétrie, il est nécessaire de disposer de solutions moins concentrées. On souhaite donc obtenir $V = 1,00 \text{ L}$ de solution S de concentration $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

1.1 - On donne la liste du matériel disponible : béchers et erlenmeyers de diverses capacités, pipettes jaugées de 10 mL et 20 mL avec système de pipetage, fioles jaugées de 50,0 mL, 100 mL et 1000 mL. Indiquer le protocole expérimental à suivre pour réaliser la solution S à partir de S_0 .

1.2 - Ecrire la formule développée de l'acide propanoïque. On utilisera ensuite les abréviations précisées dans les données.

1.3 - Ecrire l'équation de la réaction chimique entre l'acide propanoïque et l'eau.

1.4 - Dresser un tableau d'avancement de la transformation de $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ d'acide propanoïque dans un volume d'eau tel qu'on obtient $V = 1,00 \text{ L}$ de solution S. On notera x_{eq} l'avancement à l'équilibre.

1.5 - Etablir la relation entre la conductivité σ de la solution, les conductivités molaires ioniques λ_1 et λ_2 , le volume V et l'avancement x_{eq} à l'équilibre.

1.6 - La mesure au conductimètre donne $\sigma = 6,20 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^{-1}$. Déterminer la valeur numérique de $x_{\text{éq}}$. En déduire les valeurs numériques des concentrations $[A^-]_{\text{éq}}$ et $[H_3O^+]_{\text{éq}}$ à l'équilibre.

1.7 - Quelle est la concentration de l'acide propanoïque $[AH]_{\text{éq}}$ à l'équilibre ?

1.8 - Rappeler l'expression de la constante d'acidité K_a du couple acide propanoïque / ion propanoate et la calculer. En déduire le pK_a de ce couple.

2. - Réaction de l'acide avec un alcool

On prélève 0,20 mole d'acide propanoïque pur et 0,20 mole de butan-1-ol pur qu'on verse dans un ballon.

2.1 - Comment s'appelle la réaction qui a lieu entre ces deux réactifs ? Ecrire l'équation de cette réaction chimique. On pourra utiliser les formules brutes (voir le tableau « *Données* » au début du sujet).

2.2 - Donner le nom des produits formés et leur formule semi développée.

2.3 - Dresser un tableau d'avancement de la transformation. En déduire l'expression du quotient de réaction Q_r en fonction de l'avancement x à la date t .

2.4 - Calculer l'avancement à l'équilibre $x_{\text{éq}}$ sachant que la constante d'équilibre $K = 4,0$.

2.5 - En déduire le taux d'avancement τ final de la réaction.

2.6 - On demande à un groupe d'élèves de formuler des propositions pour augmenter le taux d'avancement. On relève les propositions suivantes

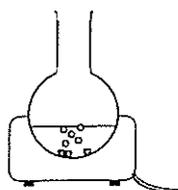
1 : On chauffe le milieu réactionnel pendant 5 minutes.

2 : On ajoute un catalyseur : l'acide sulfurique concentré par exemple.

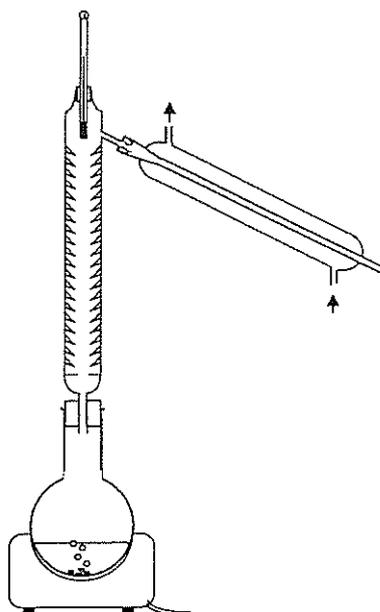
3 : On réalise une distillation pour éliminer l'eau.

4 : On chauffe à reflux.

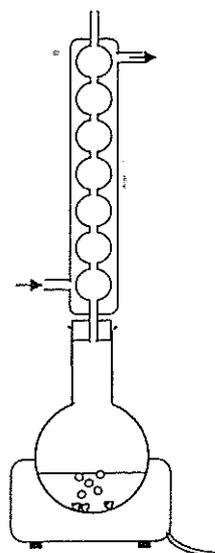
Parmi ces quatre propositions, choisir en justifiant celle qui vous semble correcte. Quel montage réaliserez vous alors parmi ceux qui sont proposés ci dessous ?



Montage n° 1



Montage n° 2



Montage n° 3

EXERCICE II. MOUVEMENT D'UN PALET (5,5 points)

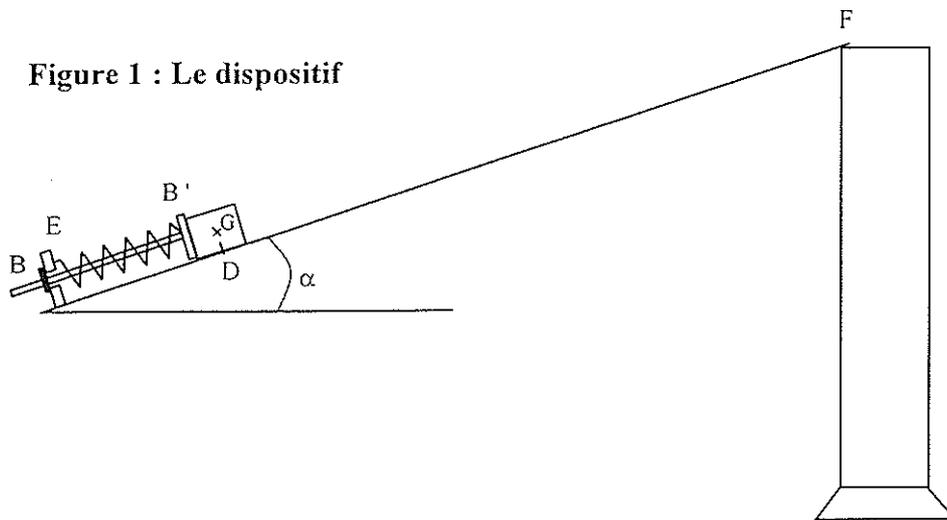
Les trois parties du problème sont indépendantes

Les figures 1, 2, et 4 ne sont pas à l'échelle. La figure 3 est à l'échelle 1.
Intensité du champ de pesanteur au niveau du sol : $g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$

Un palet en acier, de masse $m = 50,0 \text{ g}$, peut se déplacer dans une gouttière inclinée d'un angle $\alpha = 28,0^\circ$ avec l'horizontale. En D, le palet passe avec une vitesse \overline{V}_D acquise à l'aide d'un propulseur à ressort. En F, la gouttière est ouverte et le palet peut en sortir librement. Il tombe ensuite dans une éprouvette contenant de la glycérine.

On peut considérer les frottements comme négligeables dans les parties 1 et 2, lorsque le palet glisse dans la gouttière.

Figure 1 : Le dispositif



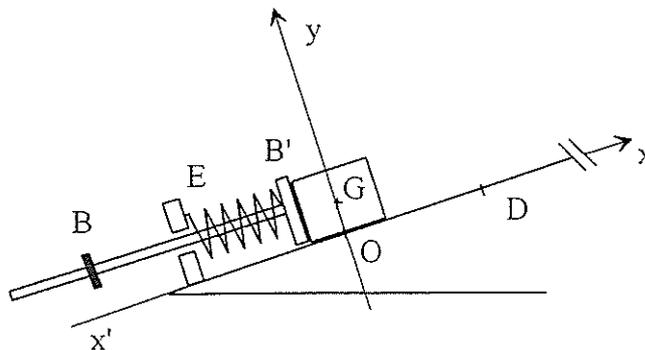
Partie 1 : Propulsion du palet.

Dans le bas de la gouttière se trouve un dispositif de propulsion constitué d'une tige munie de deux butées B et B' servant d'axe à un ressort. Le dispositif a une masse négligeable devant celle du palet. Le ressort a une longueur à vide l_0 .

L'extrémité E du ressort est maintenue fixe, l'autre est libre et reste en contact avec le palet par l'intermédiaire de la butée B' tant que le ressort est comprimé.

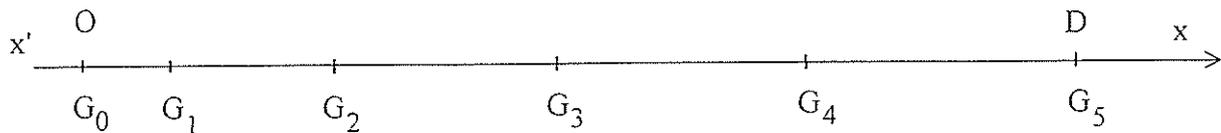
La position du centre d'inertie G du palet est repérée sur un axe $x'x$ de même direction que la ligne de plus grande pente de la gouttière et orienté vers le haut (voir figure 2).

Figure 2 : vue agrandie du lanceur



Un manipulateur tire sur la tige et comprime ainsi le ressort jusqu'à ce que le centre d'inertie du palet se trouve au point O. En lâchant la tige, il libère le dispositif qui propulse le palet. Lorsque le centre d'inertie du palet arrive en D, la butée B bloque le mouvement du ressort qui retrouve dans cette position sa longueur à vide et libère le palet. On filme le mouvement du palet puis on exploite la vidéo avec un logiciel adapté. La **figure 3** suivante présente la position qu'occupe le centre d'inertie G du palet à intervalles de temps réguliers $\tau = 20,0$ ms (points G_0 à G_5). A $t = 0$, le centre d'inertie du palet est au point O ou G_0 .

Figure 3 : position du centre d'inertie du palet (échelle 1)



- 1.1. - En exploitant numériquement la figure 3, déterminer les vitesses V_{G_2} et V_{G_4} du palet aux points G_2 et G_4 .
- 1.2. - Exprimer le vecteur accélération $\overline{a_{G_3}}$ du palet au passage du point G_3 en fonction des vitesses $\overline{V_{G_4}}$ et $\overline{V_{G_2}}$ et de l'intervalle de temps τ .
En déduire la valeur de cette accélération a_{G_3} .
- 1.3. - Faire l'inventaire des forces qui s'appliquent au palet et les représenter sur un schéma.
- 1.4. - En projetant la seconde loi de Newton appliquée au palet sur l'axe $x'x$, exprimer la valeur de la force de rappel F du ressort en fonction de m , g , a_G , α .
- 1.5. - A partir du résultat de 1.2, calculer la valeur de F au point G_3 .

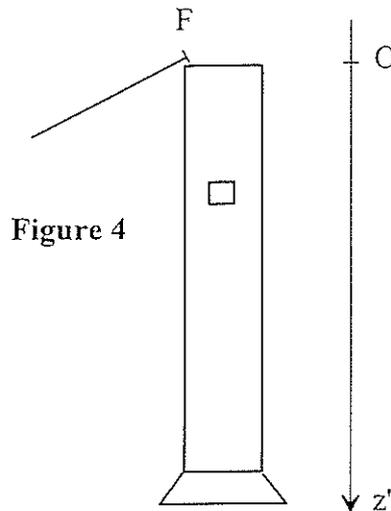
Partie 2 : Montée du palet dans la gouttière.

Le palet n'est plus sous l'action du propulseur et il quitte le point D avec une vitesse $V_D = 2,00 \text{ m.s}^{-1}$ puis il glisse jusqu'au point F où il s'arrête. Dans cette partie du mouvement, on prendra la position du centre d'inertie du palet en D comme origine des altitudes ($z_D = 0$) et comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur : $E_{PP}(D) = 0$.

- 2.1. - Faire l'inventaire des forces qui s'appliquent au palet sur le trajet DF et les représenter sur un schéma.
- 2.2. - Donner l'expression au point D de l'énergie mécanique $E_M(D)$ du palet en translation dans le champ de pesanteur.
- 2.3. - Donner l'expression de l'énergie mécanique $E_M(F)$ du palet au point F, en fonction de m , g , α et de la distance DF.
- 2.4. - Montrer que sur le trajet DF, l'énergie mécanique du palet en translation dans le champ de pesanteur se conserve. En déduire la valeur de la distance DF.

Partie 3 : Chute du palet sans vitesse initiale.

En F, le palet poursuit son mouvement en réalisant une chute verticale (sans vitesse initiale) dans une éprouvette contenant de la glycérine (**voir figure 4 page suivante**). On admettra que dans ce cas, le palet est soumis à une force de frottement fluide, modélisée par un vecteur \vec{f} de même direction que le vecteur vitesse \vec{V} mais de sens opposé et de valeur $f = kV$, k étant une constante positive.

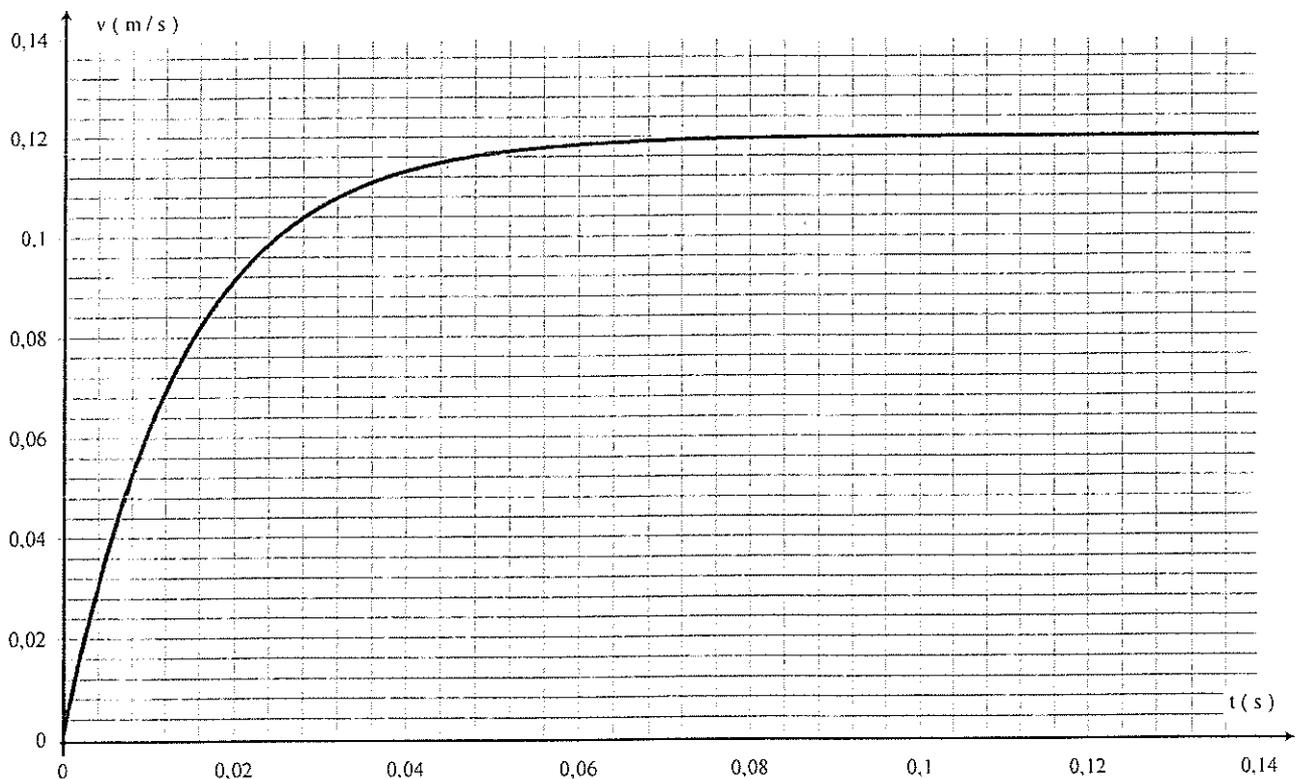


3.1. - Faire l'inventaire des forces qui s'appliquent sur le palet pendant sa chute dans la glycérine et les représenter sur un schéma.

3.2. - En appliquant la seconde loi de Newton, montrer que le mouvement du centre d'inertie du palet obéit à une équation différentielle du type $\frac{dV}{dt} = A - BV$. Donner les expressions littérales de

A et B en fonction des données du texte, de la masse volumique ρ de la glycérine et du volume V_{01} du palet.

3.3. - En utilisant le graphe $V = f(t)$ suivant, calculer numériquement les valeurs de A et B en justifiant votre démarche.



EXERCICE III. ETUDE D'UN SON ET DE SA RECEPTION AVEC UN RECEPTEUR RADIO
(4 points)

On se propose, dans cet exercice, d'étudier dans une première partie le son produit par une corde métallique vibrant entre deux points fixes A et B puis, dans une deuxième partie, la transmission et la réception de ce son par ondes hertziennes.

Données :

La fréquence propre f_0 d'un circuit L, C est donnée par la relation $LC(2\pi f_0)^2 = 1$

Première partie : étude du son.

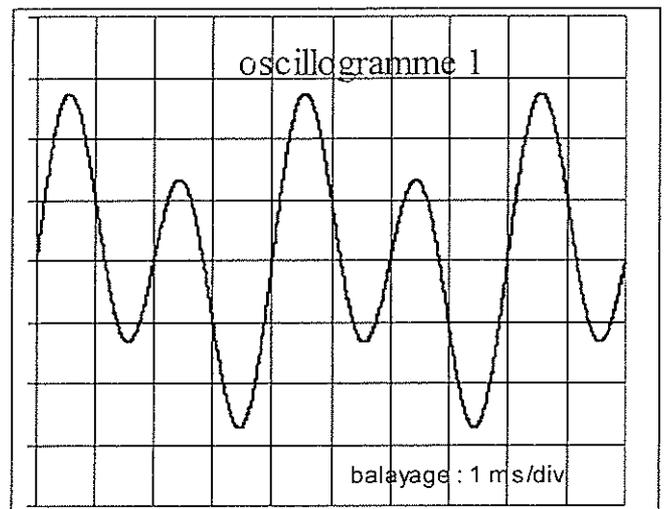
On a enregistré, à l'aide d'un microphone et d'un oscilloscope, le signal électrique correspondant au son produit par la corde vibrante.

On a obtenu l'oscillogramme ci-contre :

1.1. - Le son produit est-il pur ou complexe ? Justifier.

1.2. - Déterminer la valeur de la fréquence f_1 du son fondamental.

Déterminer la valeur de la fréquence f_3 de l'harmonique de rang 3.



1.3. - Un générateur basses fréquences fait circuler dans cette corde métallique un courant alternatif sinusoïdal de fréquence réglable. La corde passe entre les pôles d'un aimant en U. Représenter sur un schéma l'état vibratoire de la corde entre A et B pour le fondamental puis pour l'harmonique de rang 3.

1.4. - Donner la relation entre la longueur d'onde λ , la longueur AB et le rang n de l'harmonique.

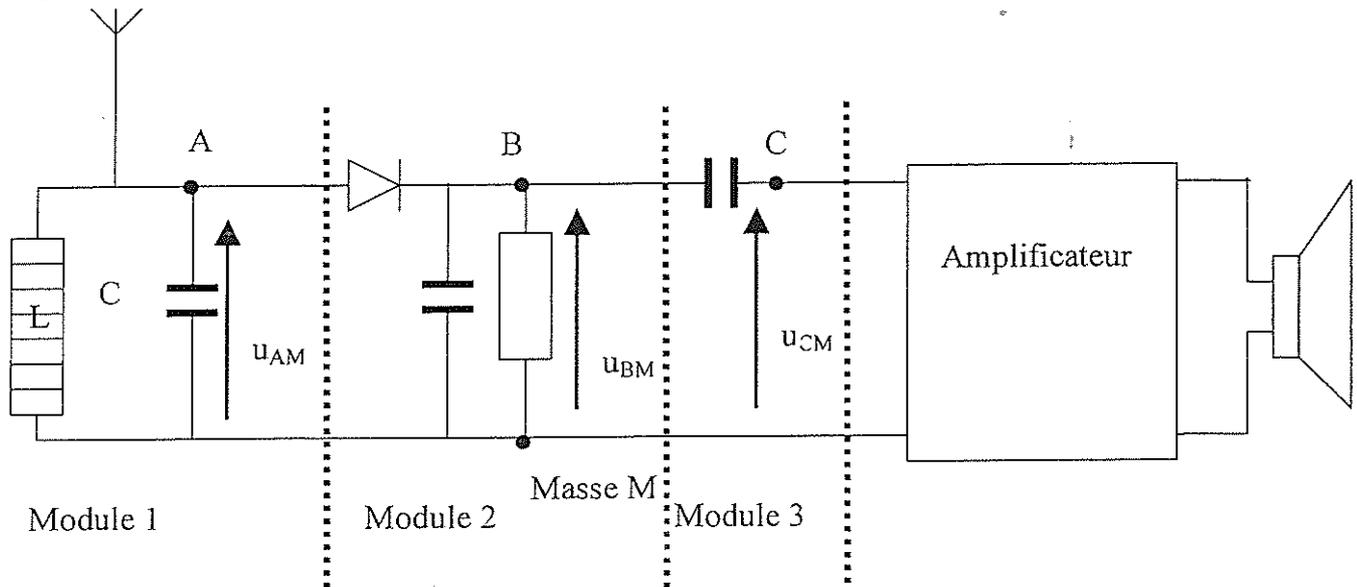
1.5. - La longueur AB vaut 0,90 m. En déduire la célérité V des ondes le long de la corde.

Deuxième partie : Emission et réception

On étudie un dispositif expérimental émetteur-récepteur d'ondes pour transmettre le son précédent par voie hertzienne.

L'émetteur utilise une onde porteuse de fréquence f , modulée en amplitude par le signal électrique de fréquence f_1 correspondant au son de la première partie. La tension modulée u_m émise par l'émetteur est représentée en annexe sur les deux premiers graphes.

Le récepteur est constitué de 3 modules notés 1, 2 et 3 selon le schéma de principe ci-après. Les tensions correspondantes sont représentées en annexe (graphes G1, G2 et G3).



2.1. - En utilisant la partie zoomée de la tension modulée u_m à la sortie de l'émetteur (2^{ème} graphe figurant en annexe), déterminer la fréquence f de l'onde porteuse.

2.2. - Le module 1 du récepteur, filtre passe bande ou circuit d'accord, est composé d'une bobine d'inductance L de valeur fixe et d'un condensateur de capacité C réglable.

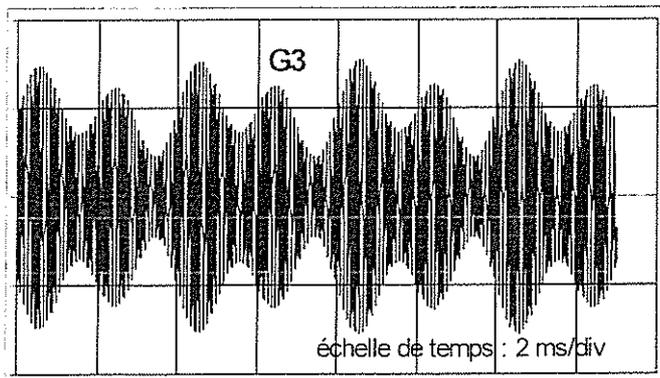
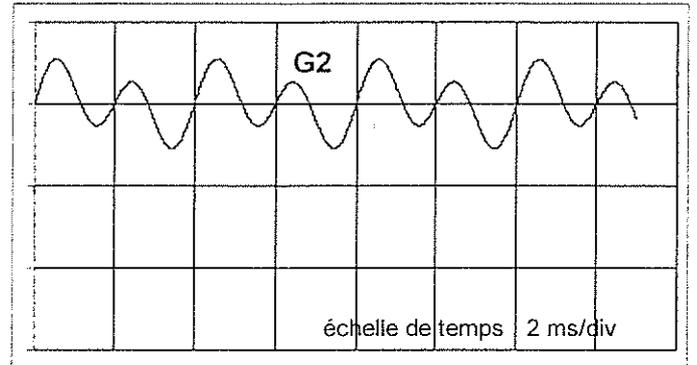
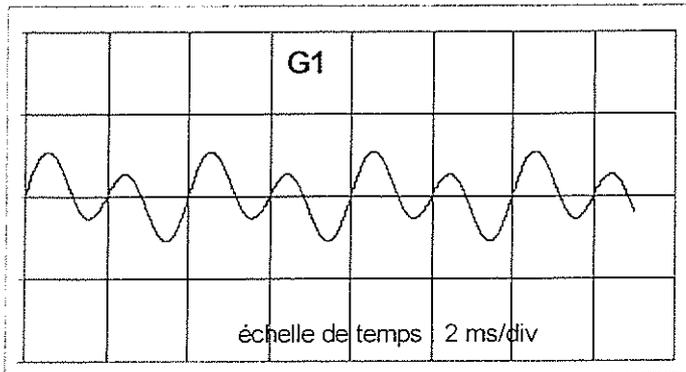
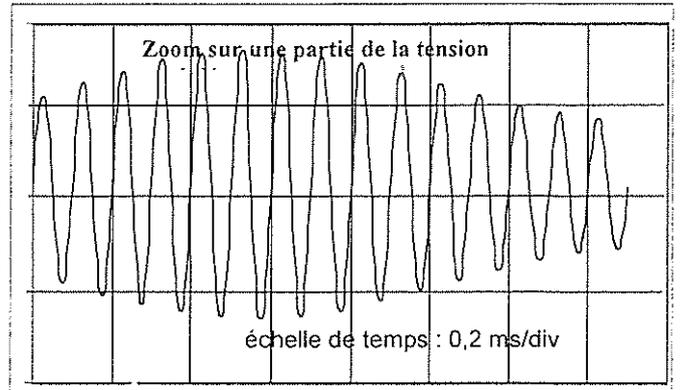
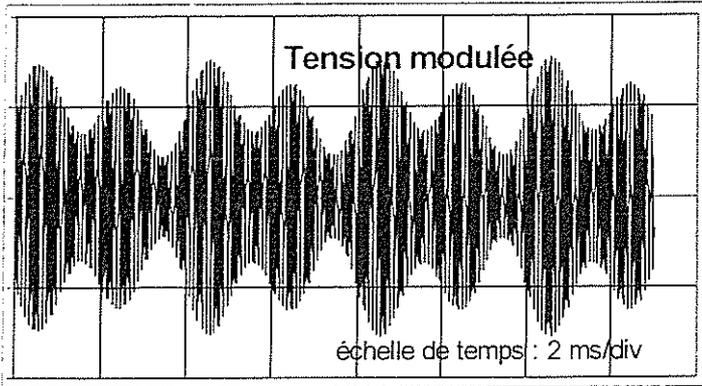
2-2-1 - Quel est le rôle de ce module ?

2-2-2 - Quel est l'intérêt de pouvoir faire varier la capacité ?

2-2-3 - A quelle valeur doit-on fixer C si $L = 1,00$ mH ?

2.3. - Les graphes des tensions u_{AM} , u_{BM} , u_{CM} sont représentés en annexe. Attribuer les graphes numérotés G1, G2, G3 aux tensions u_{AM} , u_{BM} , u_{CM} en justifiant brièvement vos choix.

Annexe de l'exercice III (Spécialité)



Pour chaque oscillogramme, la trace correspondant à une tension nulle est confondue avec l'axe horizontal central.