

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE – Série S**

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ**

**L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ**

**PREVOIR UNE FEUILLE DE PAPIER MILLIMÈTRE POUR L'EXERCICE II**

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11, y compris celle-ci.

La page 11 est à rendre avec la copie après avoir été complétée.

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

- |                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| I. Chimie et spéléologie    | (6,5 points) |
| II. Enquête sur un homicide | (5,5 points) |
| III. La radio               | (4 points)   |

## EXERCICE I : CHIMIE ET SPÉLÉOLOGIE (6,5 points)

Dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire sur le thème de la spéléologie, des élèves de terminale doivent faire l'exploration d'une grotte où ils risquent de rencontrer des nappes de dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$ . A teneur élevée, ce gaz peut entraîner des évanouissements et même la mort. Le dioxyde de carbone est formé par action des eaux de ruissellement acides sur le carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  présent dans les roches calcaires. Le professeur de Chimie leur propose d'étudier cette réaction.

### Données :

- température du laboratoire au moment de l'expérience :  $25^\circ\text{C}$  soit  $T = 298 \text{ K}$  ;
- pression atmosphérique :  $P_{\text{atm}} = 1,020 \times 10^5 \text{ Pa}$  ;
- loi des gaz parfaits :  $P.V = n.R.T$  ;
- constante des gaz parfaits :  $R = 8,31 \text{ SI}$  ;
- masses molaires atomiques, en  $\text{g.mol}^{-1}$  :  $M(\text{C}) = 12$  ;  $M(\text{H}) = 1$  ;  $M(\text{O}) = 16$  ;  $M(\text{Ca}) = 40$  ;
- densité d'un gaz par rapport à l'air :  $d = \frac{M}{29}$ , où  $M$  est la masse molaire du gaz.

Dans un ballon, on réalise la réaction entre le carbonate de calcium  $\text{CaCO}_{3(s)}$  et l'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ ). Le dioxyde de carbone formé est recueilli, par déplacement d'eau, dans une éprouvette graduée.

Un élève verse dans le ballon un volume  $V_S = 100 \text{ mL}$  d'acide chlorhydrique à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ . A la date  $t = 0 \text{ s}$ , il introduit rapidement dans le ballon  $2,0 \text{ g}$  de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_{3(s)}$  tandis qu'un camarade déclenche un chronomètre. Les élèves relèvent les valeurs du volume  $V_{\text{CO}_2}$  de dioxyde de carbone dégagé en fonction du temps. Elles sont reportées dans le tableau ci-dessous. La pression du gaz est égale à la pression atmosphérique.

t(s)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
$V_{\text{CO}_2}$ (mL)	0	29	49	63	72	79	84	89	93	97	100	103

t(s)	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
$V_{\text{CO}_2}$ (mL)	106	109	111	113	115	117	118	119	120	120	121

La réaction chimique étudiée peut être modélisée par l'équation :



1. Calculer la densité par rapport à l'air du dioxyde de carbone  $\text{CO}_{2(g)}$ . Dans quelles parties de la grotte ce gaz est-il susceptible de s'accumuler ?
2. Déterminer les quantités de matières initiales de chacun des réactifs.
3. Dresser le tableau d'avancement de la réaction. En déduire la valeur  $x_{\text{max}}$  de l'avancement maximum. Quel est le réactif limitant ?

- 4.
- Exprimer l'avancement  $x$  de la réaction à une date  $t$  en fonction de  $V_{\text{CO}_2}$ ,  $T$ ,  $P_{\text{atm}}$  et  $R$ . Calculer sa valeur numérique à la date  $t = 20$  s.
  - Calculer le volume maximum de gaz susceptible d'être recueilli dans les conditions de l'expérience. La transformation est-elle totale ?
5. Les élèves ont calculé les valeurs de l'avancement  $x$  et reporté les résultats sur le graphe donné en annexe page 11 (à rendre avec la copie).
- Donner l'expression de la vitesse volumique de réaction en fonction de l'avancement  $x$  et du volume  $V_s$  de solution. Comment varie la vitesse volumique au cours du temps ? Justifier à l'aide du graphe.
  - Définir le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$ . Déterminer graphiquement sa valeur sur l'annexe page 11.
6. La température de la grotte qui doit être explorée par les élèves est inférieure à  $25^\circ\text{C}$ .
- Quelle est l'effet de cet abaissement de température sur la vitesse volumique de réaction à la date  $t = 0$  s ?
  - Tracer, sur l'annexe page 11, l'allure de l'évolution de l'avancement en fonction du temps dans ce cas.
7. La réaction précédente peut être suivie en mesurant la conductivité  $\sigma$  de la solution en fonction du temps.
- Faire l'inventaire des ions présents dans la solution. Quel est l'ion spectateur dont la concentration ne varie pas ?
  - On observe expérimentalement une diminution de la conductivité. Justifier sans calcul ce résultat connaissant les valeurs des conductivités molaires des ions à  $25^\circ\text{C}$  :
 
$$\begin{aligned} \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) &= 35,0 \text{ mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1} ; \\ \lambda(\text{Ca}^{2+}) &= 12,0 \text{ mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1} ; \\ \lambda(\text{Cl}^-) &= 7,5 \text{ mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}. \end{aligned}$$
  - Calculer la conductivité  $\sigma$  de la solution à l'instant de date  $t = 0$  s.
  - Montrer que la conductivité est liée à l'avancement  $x$  par la relation :
 
$$\sigma = 4,25 - 580 \cdot x$$
  - Calculer la conductivité de la solution pour la valeur maximale de l'avancement.

## EXERCICE II - ENQUÊTE SUR UN HOMICIDE (5,5 points)

Agence de Presse - juin 2010

### Une découverte exceptionnelle !

*Les travaux de la future station balnéaire ont révélé un site d'une richesse inattendue qui suscite l'enthousiasme des plus grands spécialistes mondiaux de la paléoanthropologie.*

*C'est en préparant les fondations du parc aquatique qu'a été exhumé, le 27 septembre dernier, le premier fragment fossile : un crâne pratiquement complet apparenté au genre HOMO, de l'espèce SAPIENS NEANDERTHAL. On l'a "baptisé" du nom d'ANDER.*

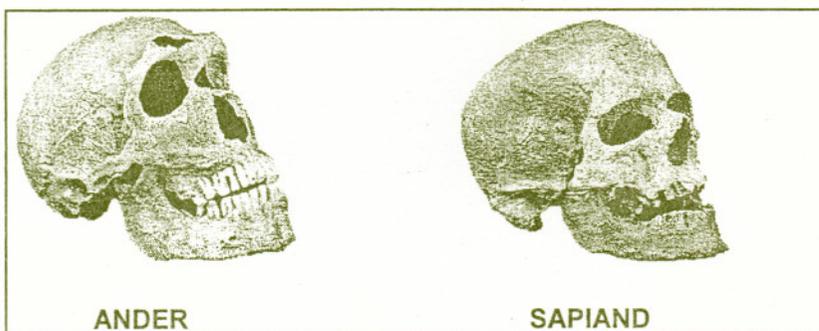
*Les autorités ont suspendu les projets d'aménagement pour permettre l'étude de ce site. Depuis lors les équipes de fouille sont allées de surprise en surprise. On a exhumé le squelette d'ANDER mais aussi celui d'un autre fossile inattendu, SAPIAND : un HOMO de l'espèce SAPIENS SAPIENS.*

*On sait que ces deux espèces d'hominidés ont cohabité en Europe entre -60 000 ans et -30 000 ans mais la découverte de ces deux individus, dans un tel état de conservation, est exceptionnelle. De plus les deux fossiles sont séparés d'à peine deux mètres de distance, mais il est possible que des glissements de terrain (ou les travaux d'aménagement) les aient par hasard rapprochés.*

*Les spécialistes s'interrogent : ces deux individus se sont-ils réellement rencontrés ?*

*Et la question prend la dimension d'une enquête policière puisque ANDER présente manifestement les signes crâniens d'une mort violente !*

SAPIAND a-t-il massacré ANDER ? L'enquête n'en est qu'à ses débuts !



Il semble que SAPIAND et ANDER aient bien vécu au même endroit. Y étaient-ils en même temps ? Pour répondre à cette question, on utilise la méthode de datation au carbone 14.

## I – Étude du carbone 14

Dans la nature le carbone existe sous forme de deux noyaux isotopes,  $^{12}_6\text{C}$  et  $^{14}_6\text{C}$ .

Dans la haute atmosphère, un neutron formé par l'action de rayons cosmiques bombarde un noyau d'azote 14 ( $^{14}_7\text{N}$ ) qui se transforme en carbone 14 ( $^{14}_6\text{C}$ ) radioactif  $\beta^-$  avec émission d'une autre particule.

1. Écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondant à la formation de carbone 14 dans la haute atmosphère. Identifier la particule émise. Justifier.
2. Écrire l'équation de la désintégration  $\beta^-$  du carbone 14.
3. Le temps de demi-vie  $t_{1/2}$  du carbone 14 est de 5570 ans. Qu'appelle-t-on temps de demi-vie ?
4. On appelle  $N_0$  le nombre de noyaux radioactifs dans un échantillon à un instant pris comme origine des temps.

- a) Exprimer en fonction de  $N_0$  le nombre de noyaux  $N$  de carbone 14 restant aux instants  $t_{1/2}$ ,  $2t_{1/2}$ ,  $3t_{1/2}$ ,  $4t_{1/2}$  et  $5t_{1/2}$ .
- b) Reporter sur une feuille de papier millimétré le nombre  $N$  de noyaux radioactifs aux instants précédents.

Tracer sommairement l'allure de la courbe traduisant l'évolution du nombre de noyaux radioactifs en fonction du temps.

Échelle : en abscisse  $t_{1/2}$  est représenté par 2 cm ; en ordonnée  $N_0$  est représenté par 10 cm.

5. L'équation correspondant à la représentation graphique de la question 4b est de la forme :

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (1)$$

- a) Établir la relation entre le temps de demi-vie et la constante radioactive  $\lambda$ .
- b) Calculer la valeur de la constante radioactive.

## II - Application à la datation :

Tant que la matière est vivante, les échanges de l'organisme animal ou végétal impliquant le dioxyde de carbone atmosphérique font que le rapport  $N(^{14}_6\text{C})/N(^{12}_6\text{C})$  est constant.

A la mort de l'être vivant, la fin de ces échanges entraîne la décroissance de ce rapport.

L'activité d'un échantillon  $A(t)$  est le nombre de désintégrations qu'il produit par unité de temps soit  $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$ .

D'autre part, cette activité  $A(t)$  est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs présents  $N(t)$  soit  $A(t) = \lambda \cdot N(t)$ .

1.
  - a) Établir l'équation différentielle donnant le nombre de noyaux  $N(t)$  en fonction du temps.
  - b) Vérifier que l'expression de  $N(t)$  donnée par la relation (1) est solution de cette équation différentielle.
  
2. Les résultats de l'analyse des ossements d'ANDER et de SAPIAND par la méthode du carbone 14 sont consignés dans le tableau suivant :

Nature des échantillons sélectionnés	$N / N_0$
Ossements ANDER	$1,64 \times 10^{-2}$
Ossements SAPIAND	$1,87 \times 10^{-2}$

- a) A partir du résultat concernant ANDER, calculer l'âge de ses ossements.
  - b) Les données fournies par l'agence de presse en juin sont-elles en accord avec ce résultat ?
  - c) En utilisant la dernière ligne du tableau, répondre à la question posée par le journaliste : SAPIAND a-t-il pu massacrer ANDER ?
  
3. Une recherche sur Internet a donné l'information suivante à propos du carbone 14 : *"Pour obtenir une quinzaine de désintégrations par minute avec un matériau récent, il faut 1 g de carbone, c'est-à-dire 10 g de bois, de tissu ou de cuir, 20 g de coquillage ou 200 g d'os"*.
  - a) Quelle est, en Becquerel, l'activité des 200 g d'os d'un être mort récemment ?
  - b) Quel est le nombre de noyaux radioactifs présents dans cet échantillon ?
  - c) Quel est le rapport  $N(^{14}_6\text{C}) / N(^{12}_6\text{C})$  dans cet échantillon ?

**Données :**

La masse molaire atomique de l'élément carbone, constitué très majoritairement de carbone 12, est égale à  $12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

Le nombre d'Avogadro  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

## EXERCICE III – EMISSION ET RECEPTION RADIO (4 points)

*Les parties A, B et C sont indépendantes.*

Pour émettre par radio les informations portées par un son quelconque, on les traduit d'abord en signal électrique, puis en onde électromagnétique.

### A - Émission

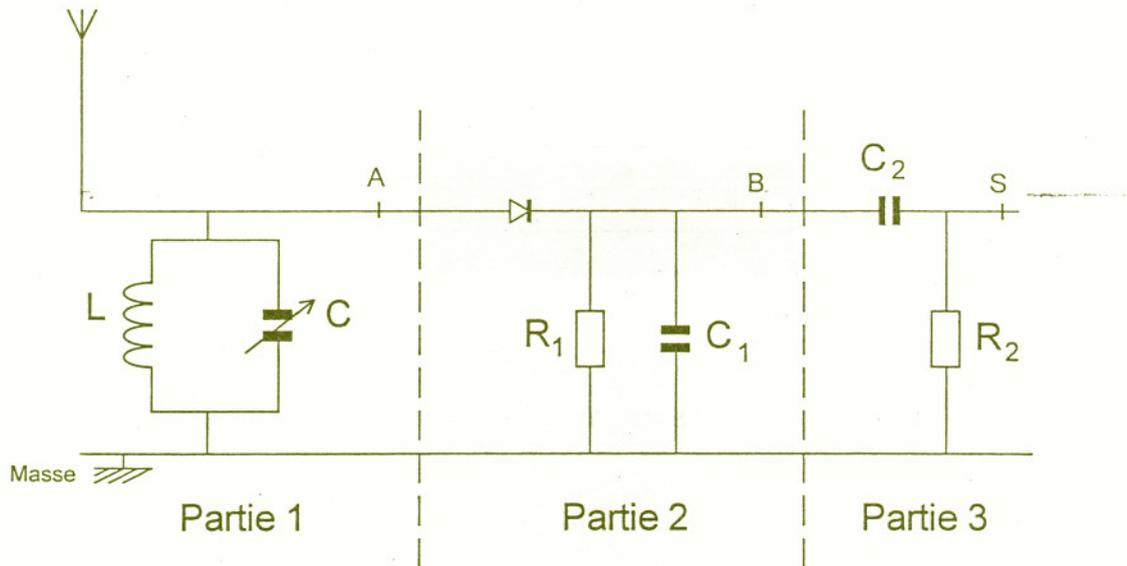
Pour cette étude, l'information est transportée par une modulation en amplitude de l'onde porteuse.

Pour chacune des trois questions suivantes, indiquer sans justification la proposition exacte.

1. Une telle onde modulée est caractérisée, au cours du temps, par :
  - a) Une amplitude constante et une fréquence constante.
  - b) Une amplitude variable, dont les variations dépendent du signal à transmettre, et une fréquence constante.
  - c) Une amplitude variable, dont les variations sont indépendantes du signal à transmettre, et une fréquence constante.
  - d) Une amplitude variable dont les variations dépendent du signal à transmettre et une fréquence variable.
  
2. La fréquence de la porteuse doit être :
  - a) Très inférieure à la fréquence du son à transmettre.
  - b) Légèrement inférieure à la fréquence du son à transmettre.
  - c) Très supérieure à la fréquence du son à transmettre.
  - d) Légèrement supérieure à la fréquence du son à transmettre.
  
3. Un son audible a une fréquence comprise entre :
  - a) 2 Hz et 2 kHz
  - b) 20 Hz et 20 kHz
  - c) 20 kHz et 200 kHz
  - d) 20 MHz et 200 MHz

## B - Réception

Un modèle de récepteur radio est représenté par le schéma simplifié ci-dessous dans lequel on distingue trois parties.



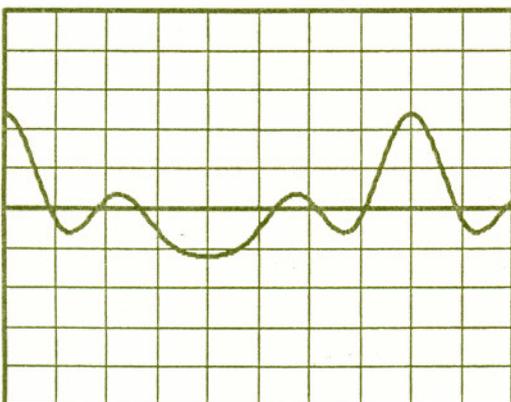
### 1. Étude de la partie 1 du circuit :

- Expliquer brièvement son rôle.
- La bobine a une inductance  $L$  de 1,0 mH. Quelles doivent être les limites de la valeur de la capacité  $C$  du condensateur variable si on veut pouvoir capter des porteuses dont la fréquence soit comprise entre 1,0 kHz et 10 kHz ?

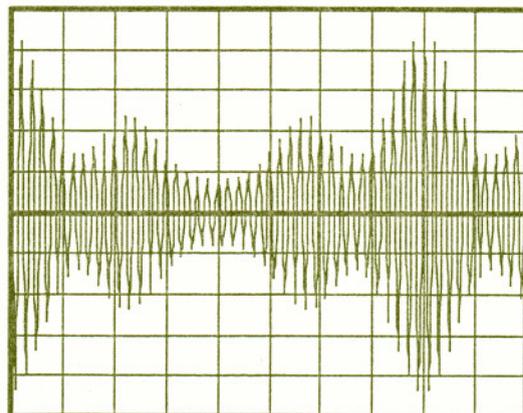
### 2. Étude des parties 2 et 3 du circuit :

- Indiquer brièvement le rôle de chacune de ces deux parties.
- Pour visualiser différentes tensions, on utilise un oscilloscope dont les réglages sont les suivants :
  - Sensibilité verticale :  $5 \text{ V} \cdot \text{div}^{-1}$ ;
  - Base de temps :  $1 \text{ ms} \cdot \text{div}^{-1}$ ;
  - Trace du spot positionnée au centre de l'écran en l'absence de tension appliquée ;
  - Touche DC active.On obtient les trois oscillogrammes représentés ci-dessous.

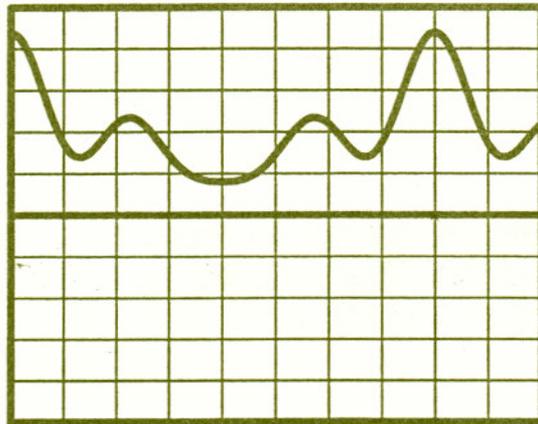
Oscillogramme 1



Oscillogramme 2



Oscillogramme 3



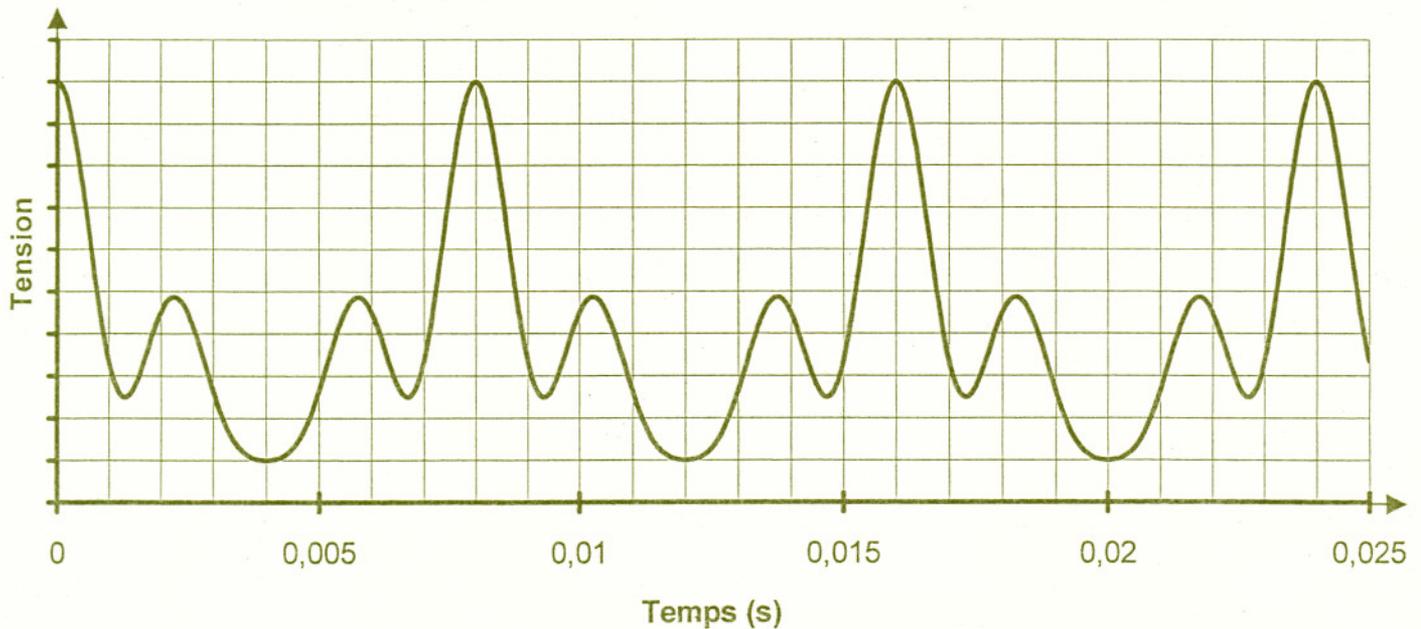
Indiquer l'oscillogramme correspondant à chacune des tensions suivantes :

- Tension  $u_{AM}$  entre le point A et la masse M ;
- Tension  $u_{BM}$  entre le point B et la masse M ;
- Tension  $u_{SM}$  entre le point S et la masse M.

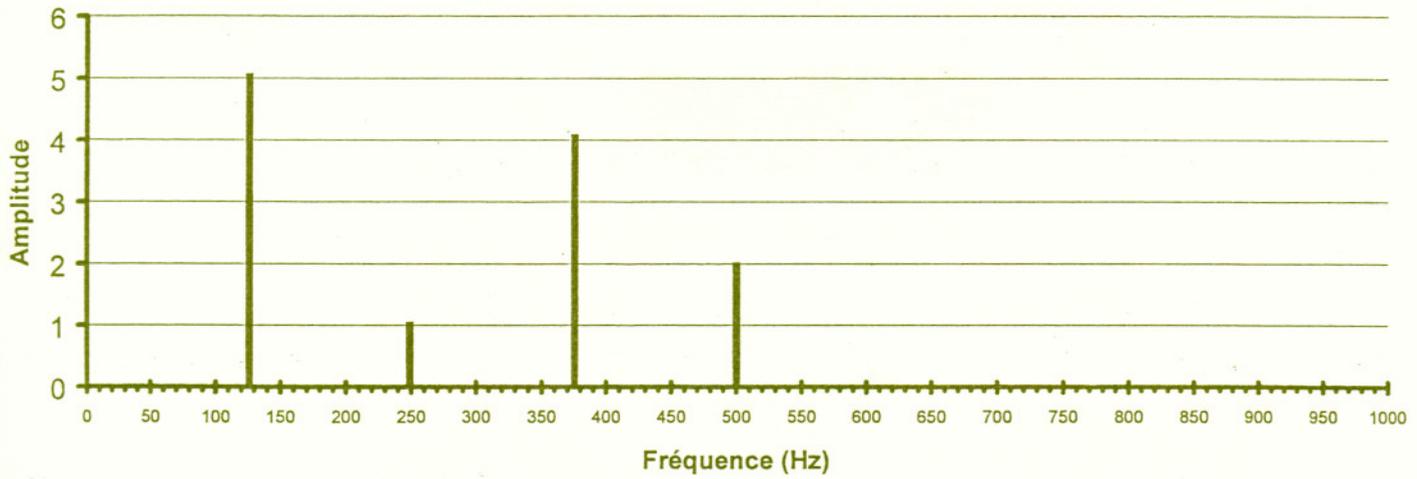
c) En utilisant l'un de ces oscillogrammes, déterminer la fréquence  $f$  de l'onde porteuse.

### C - Analyse du son reçu

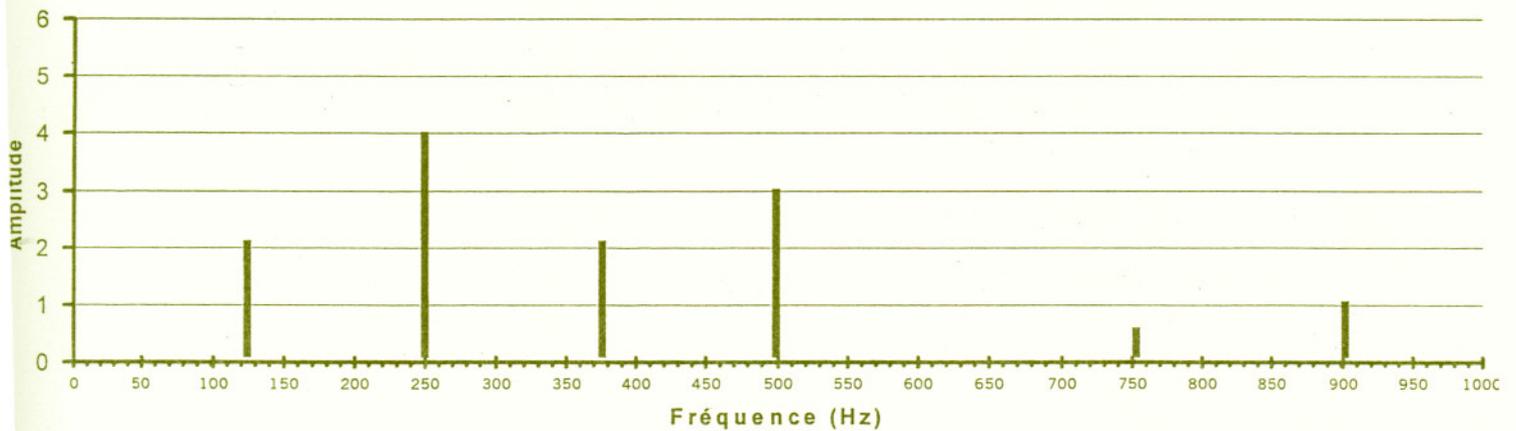
1. On étudie le son restitué par ce récepteur radio à l'aide d'un microphone relié à un système d'acquisition informatisé. On obtient le graphe ci-dessous. Déterminer la hauteur du son.



2. Un logiciel d'analyse spectrale permet ensuite d'obtenir le diagramme ci-dessous.  
Que représentent les fréquences qui apparaissent sur ce spectre ?



3. L'analyse par le même dispositif d'un autre son donne le diagramme ci-dessous.  
Quel est le point commun et la différence entre ce son et celui restitué par le récepteur radio ?



EXERCICE I : ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

