

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

## PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

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

**L'usage de la calculatrice électronique est autorisé**

**SPECIALITE**

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

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

I – Chute libre et parachutisme

II – Fabrication puis titrage de l'aspirine

III – Guitare et physique

## EXERCICE I. CHUTE LIBRE ET PARACHUTISME (6 points)

Cet exercice vise dans un premier temps à analyser quelques informations extraites d'un document Internet relatif au projet de "Grand Saut" du parachutiste Michel Fournier et dans un deuxième temps à étudier un saut en parachute plus classique.

Les deux parties A et B sont indépendantes.

### PARTIE A - Le grand saut

D'après l'édition Internet du vendredi 12 juillet 2002 du Quotidien Québécois Le Devoir.

Paris - Michel Fournier, 58 ans, ancien instructeur parachutiste de l'armée française, a annoncé hier son intention d'effectuer en septembre un saut en chute libre de 40 000 mètres d'altitude au-dessus du Canada.

«Ce qui m'intéresse au premier chef, c'est le record et le challenge physique que représente ce saut», a déclaré Michel Fournier à Paris.

Pour réaliser cet exploit, il sera équipé d'une combinaison pressurisée proche de celles utilisées par les astronautes, mais modifiée pour résister à des températures extrêmement basses (moins 110 degrés Celsius) et équipée d'un parachute.

Il atteindra l'altitude de 40 000 mètres en trois heures environ, à bord d'une nacelle, elle aussi pressurisée, et tirée par un ballon gonflé à l'hélium.

La durée du saut est évaluée à six minutes vingt-cinq secondes.

En l'absence de pression atmosphérique, Fournier dépassera la vitesse du son (1067 kilomètres/heure) trente secondes environ après son départ en position verticale. Il sera ensuite progressivement freiné dans sa chute par la densification de l'air. Il pourra alors reprendre une position horizontale et ouvrir son parachute à une altitude de 1000 mètres. Pour des raisons de sécurité, le saut aura lieu dans le nord du Canada, au-dessus de la base de Saskatoon, dans une zone où la densité de population est très réduite. Le record est actuellement détenu par l'Américain Joseph Kittinger, qui, en août 1960, avait sauté d'une nacelle à 30 840 mètres.

### 1 - L'intensité de la pesanteur (début du saut)

1.1 - Le système constitué par le parachutiste et son équipement subit, de la part de la Terre, une force de gravitation  $\vec{F}$ . Exprimer littéralement la valeur  $F$  de cette force en fonction de la masse de la Terre  $M_T$ , du rayon de la Terre  $R_T$ , de la constante de gravitation universelle  $G$ , de la masse  $m$  du système et de son altitude  $h$ .

1.2 - On assimile le poids à la force de gravitation. En déduire l'expression littérale de l'intensité  $g$  de la pesanteur à l'altitude  $h$ .

1.3 - Calculer l'intensité de la pesanteur à l'altitude 40 km.

Données :  $M_T = 5,97 \times 10^{24}$  kg  $R_T = 6,37 \times 10^3$  km  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  unité SI

## 2 - La chute libre (début du saut)

Au début du saut, la pression atmosphérique est très faible : l'air est raréfié et son action sur le parachutiste peut être négligée.

On admettra pour cette question que l'intensité de la pesanteur est constante, de valeur égale à  $g = 9,7 \text{ N.kg}^{-1}$ . On précise que la vitesse initiale est nulle.

2.1 - Qu'appelle-t-on une chute libre ?

2.2 - Etablir l'expression de l'accélération du parachutiste lors de cette phase du saut.

2.3 - Etablir la relation liant la vitesse  $v$  atteinte à la durée de chute  $t$ . Vérifier que la durée de chute  $t_1$  permettant d'atteindre la "vitesse" du son (soit  $v_1 = 1067 \text{ km.h}^{-1}$ ) est bien celle présentée dans le texte.

2.4 - Etablir la relation liant la distance  $x$  parcourue à la durée de chute. Calculer la distance  $x_1$  parcourue quand la "vitesse" du son est atteinte. Quelle est alors l'altitude  $h_1$  du parachutiste ?

## 3 - Les conditions de température

3.1- A propos du son, le terme de célérité est préférable à celui de vitesse. Expliquer.

3.2 - En admettant que la célérité du son est proportionnelle à la racine carrée de la température absolue, déterminer la température  $\theta_1$  de l'atmosphère correspondant à une célérité  $v_1 = 1067 \text{ km.h}^{-1}$ .

Données : célérité du son  $v_0 = 1193 \text{ km.h}^{-1}$  à  $\theta_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

$T = \theta + 273$  ( $\theta$  température en  $^\circ\text{C}$ ,  $T$  température absolue en K)

## PARTIE B : Le saut classique

*Le parachutiste et son équipement (système étudié) ont au total une masse  $m = 80 \text{ kg}$ . On supposera que le parachutiste s'élance sans vitesse initiale d'un ballon immobile situé à  $1000 \text{ m}$  d'altitude. Le saut se déroule en deux phases.*

### 1 - Première phase

*Lors de la première phase, le parachute n'est pas déployé. L'action exercée par l'air peut être modélisée par une force de valeur exprimée par  $F = kv^2$  avec  $k = 0,28 \text{ S.I.}$  (unités du système international) La poussée d'Archimède due à l'air sera supposée négligeable. L'intensité de la pesanteur sera considérée comme constante et de valeur  $g_0 = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$ .*

1.1 - Déterminer l'unité du coefficient  $k$  (en utilisant les unités fondamentales du système international).

1.2 - Effectuer le bilan des actions exercées sur le système et établir l'équation différentielle relative à l'évolution de la vitesse du système au cours du temps. Montrer qu'elle correspond numériquement à  $\frac{dv}{dt} = 9,8 - 0,0035 \times v^2$ .

1.3 - La courbe d'évolution de la vitesse au cours du temps est représentée en **annexe 1 à rendre avec la copie**.

1.3.1 - Déterminer la vitesse limite et le temps caractéristique de ce mouvement.

1.3.2 - Comment peut-on retrouver, à partir de ce document, une valeur approchée de l'intensité de la pesanteur ?

1.4 - La courbe précédente a en fait été obtenue par résolution de l'équation différentielle précédente par la méthode numérique itérative d'Euler. Un extrait de la feuille de calcul est représenté ci-dessous.

Date t (s)	Vitesse v (m.s <sup>-1</sup> )	Accélération a=dv/dt (m.s <sup>-2</sup> )
0,00	0,00	9,80
0,10	0,98	9,80
0,20	1,96	9,79
0,30	2,94	9,77
0,40	3,92	9,75
0,50	4,89	9,72
0,60	5,86	9,68
0,70	6,83	9,64

1.4.1 - Quel est le pas  $\Delta t$  utilisé pour les calculs ?

1.4.2 - Expliquer la méthode d'Euler en effectuant les calculs de l'accélération à la date  $t_4 = 0,4$  s et de la vitesse à la date  $t_5 = 0,5$  s.

1.5 - Sur le document fourni en **annexe 1 à rendre avec la copie**, est également représentée l'évolution de la position x au cours du temps. Déterminer à quelle date le parachutiste atteindrait le sol s'il n'ouvrait pas son parachute.

## 2 - Deuxième phase

*Le parachutiste déclenche l'ouverture de son parachute à l'instant 12 s. La vitesse diminue et se stabilise en 4s à la valeur limite de 4,5 m.s<sup>-1</sup>.*

2.1 - L'ouverture du parachute modifie la force de frottement exercée par l'air qui devient  $F' = k'v^2$ . En s'aidant de l'expression littérale de la vitesse limite, déterminer la valeur de  $k'$ .

2.2 - Représenter, sur **l'annexe 2 à rendre avec la copie**, l'évolution de la vitesse au cours du temps (évolution correspondant à l'ensemble du saut). L'évolution correspondant à la chute étudiée au cours de la première phase, lorsque le parachute n'est pas déployé, est rappelée en trait fin.

## Exercice II. FABRICATION PUIS TITRAGE DE L'ASPIRINE (6 points)

### 1 - Etude d'une estérification

On considère une réaction d'estérification entre un acide carboxylique de formule  $R-COOH$  et un alcool  $R'-CH_2OH$ .

A l'instant  $t = 0$ , on mélange 0,20 mol d'acide et 0,20 mol d'alcool. On effectue la réaction d'estérification en présence d'acide sulfurique à l'aide d'un chauffage à reflux.

1.1 - Ecrire l'équation chimique correspondant à l'estérification.

1.2 - On définit l'avancement  $x$  de la réaction par la quantité de matière d'ester formé au cours du temps.

Remplir la ligne concernant l'état intermédiaire dans le tableau d'avancement représenté en annexe 3.

1.3 - Quel serait l'avancement  $x_{max}$  en fin de réaction si celle-ci était totale ?

1.4 - L'expérience donne un avancement  $x_{eq} = 0,13$  mol d'ester à l'équilibre. Compléter le tableau.

Calculer le rendement  $\rho$  de cette réaction.

**Rendre avec la copie la feuille comportant le tableau (Annexe 3).**

### 2 - Synthèse de l'aspirine

On prépare l'aspirine à partir de l'acide salicylique qui porte un groupement  $-OH$  (fixé sur le cycle benzénique) et peut, comme un alcool, subir une estérification.

Pour avoir un meilleur rendement, au lieu d'un acide carboxylique, on utilise un anhydride d'acide.

Dans un erlenmeyer, on introduit 5,00 g d'acide salicylique, 7,0 mL d'anhydride et 5 gouttes d'acide sulfurique. Ce mélange est chauffé à reflux à  $60^\circ C$  pendant 20 minutes avec agitation.

On retire l'erlenmeyer du bain-marie et, avec précaution, on ajoute environ 50 mL d'eau distillée froide par le haut du réfrigérant ; on place l'erlenmeyer dans de l'eau glacée.

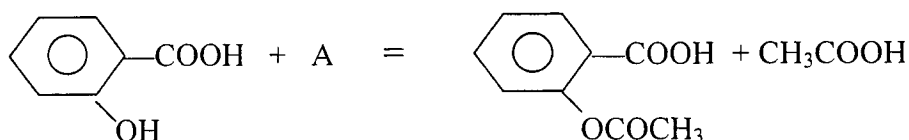
L'aspirine formée précipite ; elle est ensuite filtrée sur büchner.

Pour purifier cette aspirine, on effectue une recristallisation dans un mélange eau-alcool. Pour cela, on dissout les cristaux dans 10 mL d'éthanol à  $95^\circ$  en chauffant au bain-marie. Après dissolution complète, on ajoute 30 mL d'eau chaude. On laisse ensuite refroidir à température ambiante puis dans la glace : l'aspirine précipite. On filtre et on sèche à l'étuve les cristaux obtenus.

Le produit sec est pesé : sa masse est de 4,20 g.

L'anhydride d'acide utilisé est noté A.

L'équation de la réaction de synthèse de l'aspirine est de la forme :



2.1 - Préciser la formule semi-développée de l'anhydride A utilisé dans l'équation ci-dessus et donner son nom.

2.2 - Dessiner et légender le montage de chauffage à reflux.

2.3 - Déterminer le réactif limitant (consulter les données).

2.4 - Calculer la masse d'aspirine obtenue si le rendement était de 100 %. Calculer le rendement effectif de cette réaction .

Données :

- Masses molaires de :
  - l'acide salicylique : 138 g.mol<sup>-1</sup>
  - l'anhydride A : 102 g.mol<sup>-1</sup>
  - l'aspirine : 180 g.mol<sup>-1</sup>
- Densité de l'anhydride A : 1,08

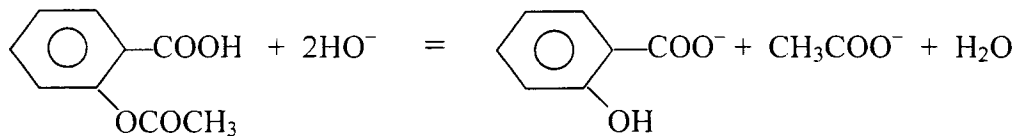
### 3 - Titrage de l'aspirine

On prélève 1,00 g de l'aspirine fabriqué précédemment et on en effectue un titrage indirect :

- on réalise l'hydrolyse de l'ester par un excès de soude puis
- les ions HO<sup>-</sup> restants sont titrés à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique.

Dans un erlenmeyer, on place 1,00 g d'aspirine, on ajoute un volume V<sub>0</sub> = 20,0 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration C<sub>0</sub> = 1,00 mol.L<sup>-1</sup> et environ 20 mL d'eau. L'ensemble est chauffé sous reflux pendant 10 minutes. La solution obtenue est appelée S<sub>1</sub>.

L'équation de la réaction correspondante est :



Après refroidissement, le contenu de l'erlenmeyer est versé dans une fiole jaugée de 250 mL. De l'eau distillée est versée jusqu'au trait de jauge : soit S<sub>2</sub> la solution obtenue.

A l'aide d'une pipette jaugée, on prélève 10,0 mL de solution S<sub>2</sub> que l'on verse dans un bécher. On ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine .

On effectue le titrage des ions HO<sup>-</sup> en excès de S<sub>2</sub> par une solution d'acide chlorhydrique de concentration C<sub>1</sub> = 5,00.10<sup>-2</sup> mol.L<sup>-1</sup>. Le volume versé à l'équivalence est V<sub>1</sub> = 7,4 mL.

3.1 - Calculer la quantité de matière n<sub>0</sub> d'ions HO<sup>-</sup> ajoutés à l'aspirine pour fabriquer S<sub>1</sub>.

3.2 - Ecrire l'équation de la réaction de titrage.

3.3 - Calculer la quantité de matière n<sub>1</sub> d'ions HO<sup>-</sup> titrés par l'acide chlorhydrique.

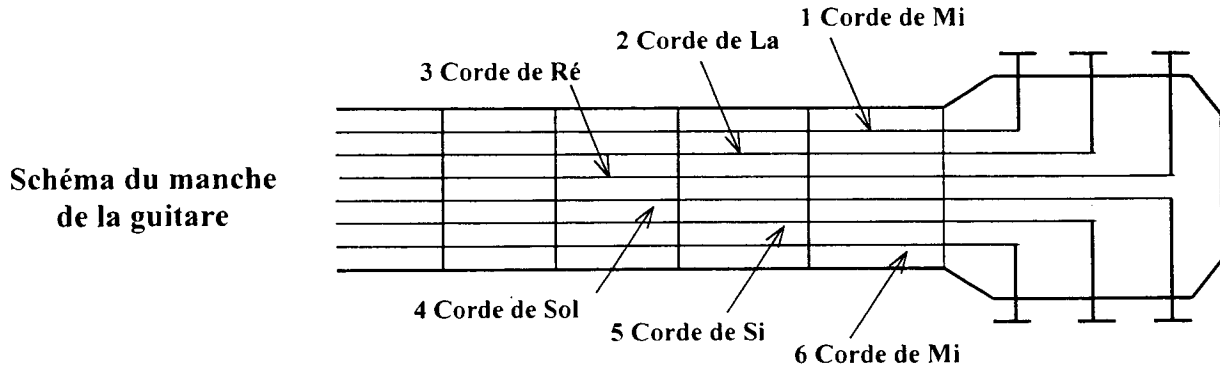
En déduire la quantité de matière n<sub>2</sub> d'ions HO<sup>-</sup> en excès dans la solution S<sub>1</sub>.

3.4 - Calculer la quantité de matière n<sub>asp</sub> puis la masse d'aspirine initialement présentes dans la solution S<sub>1</sub> .

3.5 - Comparer la valeur trouvée à la valeur attendue. Justifier l'écart observé.

### EXERCICE III. GUITARE ET PHYSIQUE (4 points)

Un élève musicien se propose de réaliser quelques expériences avec sa guitare (parfaitement accordée). La guitare possède 6 cordes numérotées de 1 à 6, de longueur  $L = 642 \text{ mm}$ . Le joueur a la possibilité de réduire la longueur de la corde en appuyant sur des cases situées sur le manche de la guitare.



La fréquence de vibration et la note émise par chaque corde à vide, de longueur  $L = 642 \text{ mm}$ , sont indiquées dans le tableau suivant :

Corde	1	2	3	4	5	6
$f \text{ (Hz)}$	82,4	110,0	146,8	196,0	246,9	329,5
Note	Mi	La	Ré	Sol	Si	Mi

#### 1 - Expérience 1

L'élève réalise un montage consistant à placer la corde n°1 (métallique) au voisinage d'un aimant et d'y imposer le passage d'un courant électrique alternatif de fréquence réglable. La corde vibre alors à la même fréquence que celle du courant.

Il constate que le mouvement de la corde a une faible amplitude sauf pour certaines valeurs de la fréquence:  $f_1 = 82,4 \text{ Hz}$   $f_2 = 2 \times f_1$   $f_3 = 3 \times f_1$   $f_4 = 4 \times f_1 \dots$

Ces fréquences particulières permettent d'obtenir un système d'ondes stationnaires : suivant le cas, il observe un ou plusieurs fuseaux.

**1.1** - Quel est le nom du mode de vibration correspondant à  $f_1$  ?

Quel aspect présente la corde lorsqu'on lui impose cette fréquence de vibration ? Faire un schéma.

**1.2** - Quelle relation lie la longueur  $L$  de la corde à la fréquence  $f_1$  et à la célérité  $v$  des ondes mécaniques le long de cette corde ? Déterminer la célérité  $v$ .

**1.3** - Quel est le nom des autres modes de vibration ?

Quel aspect présente la corde lorsqu'on lui impose la fréquence  $f_3$  ? Faire un schéma.

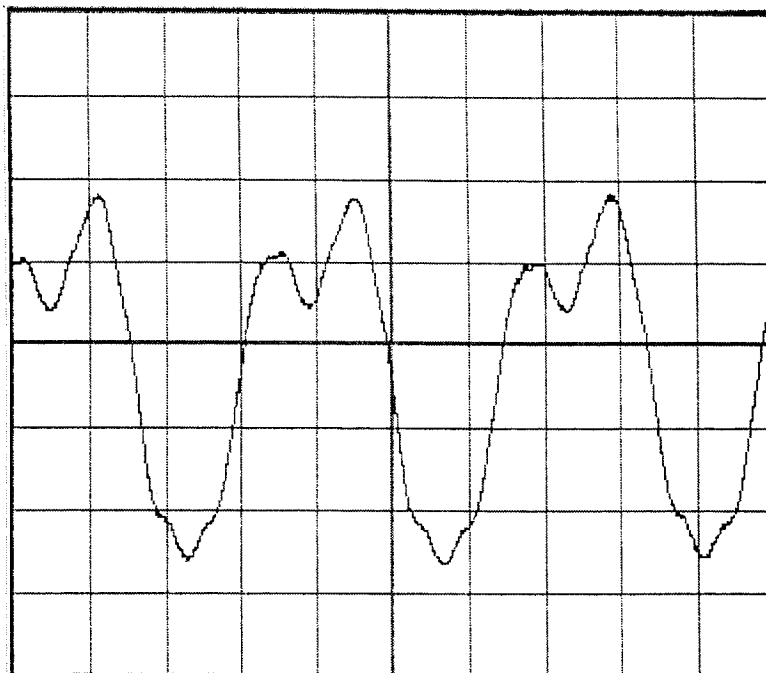
#### 2 - Expérience 2

L'élève pince la corde n°3 et visualise, à l'aide d'un microphone et d'un oscilloscope à mémoire, une tension électrique de même fréquence de vibration que celle de la corde.

Les réglages de l'oscilloscope sont :  
 - base de temps  $2 \text{ ms/div}$   
 - sensibilité verticale  $200 \text{ mV/div}$ .

L'oscillogramme obtenu est représenté ci-contre.

Oscillogramme "corde n°3"



2.1 - Expliquer la nécessité d'utiliser un oscilloscope à mémoire.

2.2 - Déterminer la période de vibration.

2.3 - Vérifier qu'elle correspond à un bon accord de la corde.

### 3 - Expérience 3

*La corde 2 émet un La (voir tableau page précédente). Il en est de même de la corde 6 lorsqu'on appuie sur la 5<sup>ème</sup> case (La de fréquence 440 Hz).*

3.1 - Les deux notes sont séparées de 2 octaves. Définir l'octave.

3.2 - L'élève dispose par ailleurs d'un diapason émetteur d'un son pur de fréquence 440 Hz.

Il réalise les spectres en fréquence, représentés en **annexe 4**, des sons émis par ces trois émetteurs :

son 1 (corde 2)

son 2 (corde 6 de longueur réduite par appui sur la case 5)

son 3 (diapason).

3.2.1 - Attribuer, en le justifiant, à chaque émetteur le spectre en fréquence du son correspondant.

3.2.2 - Les trois sons correspondent à des La, mais sont néanmoins différents.

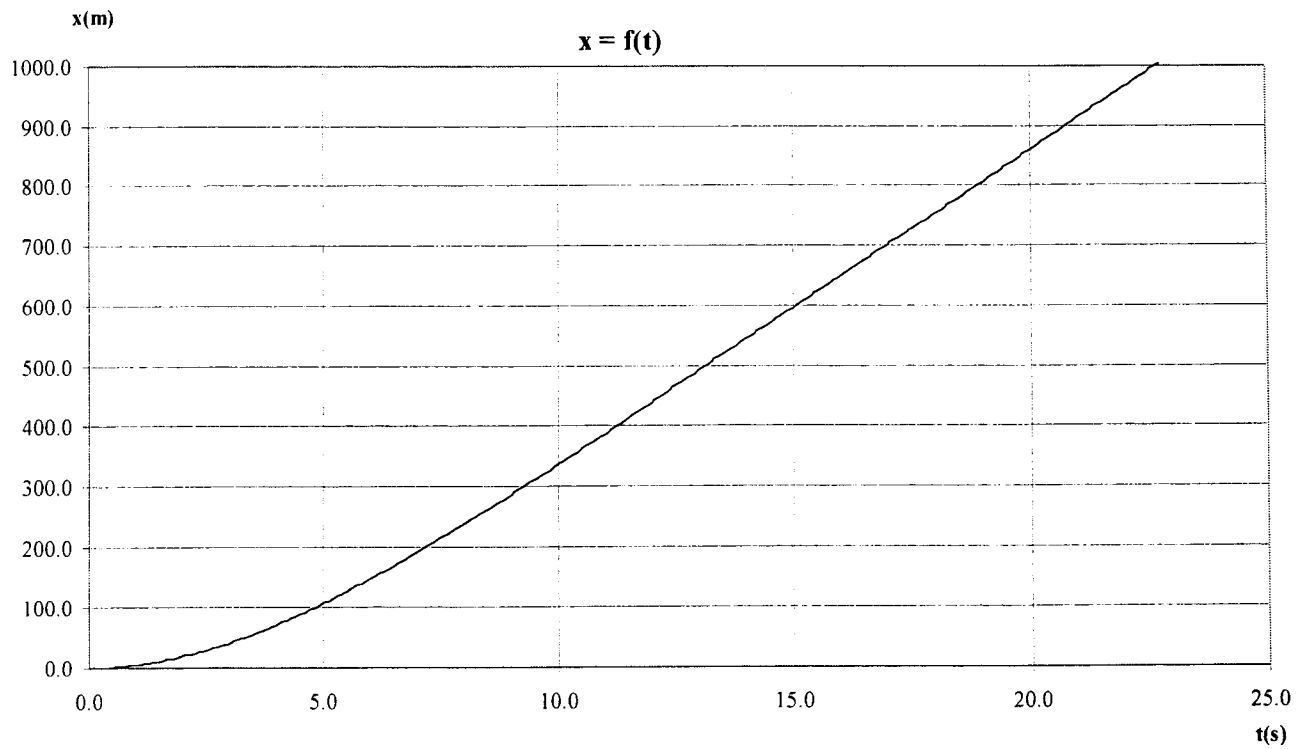
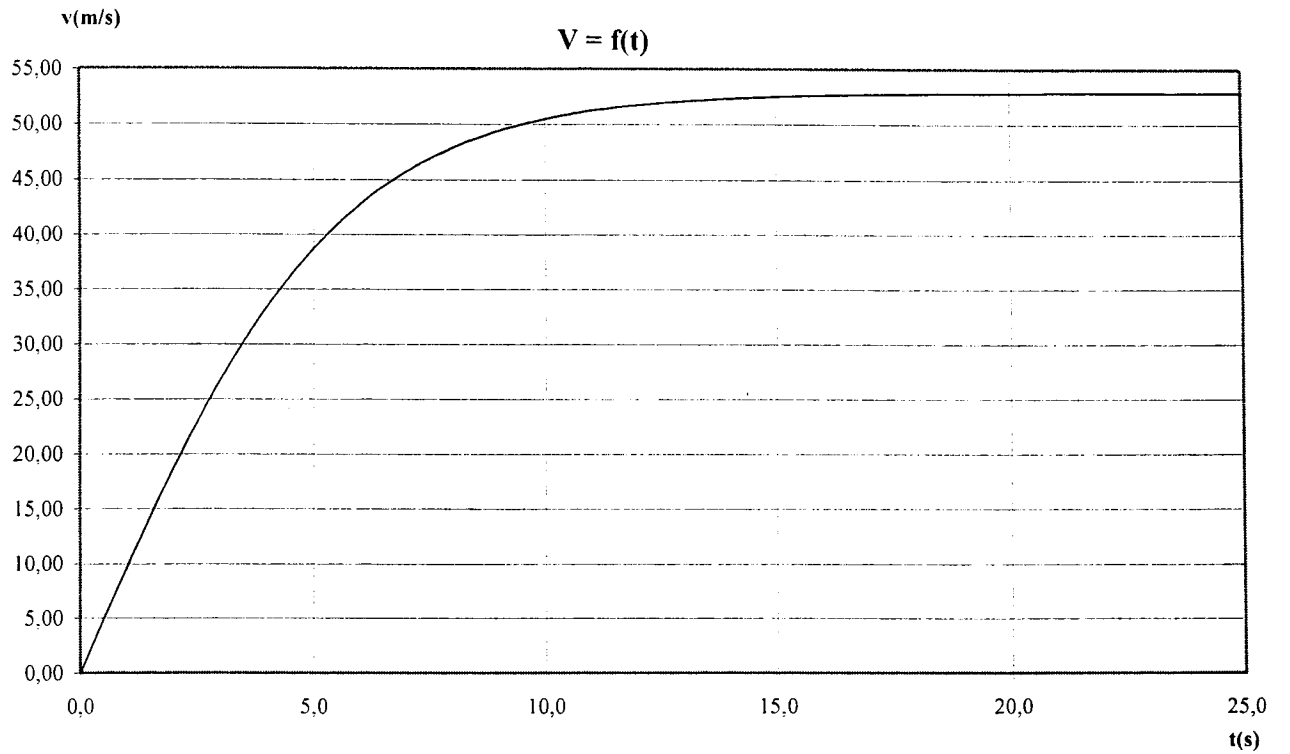
Quelles sont les trois principales caractéristiques d'un son ?

Quelle caractéristique distingue les sons 1 et 2 ?

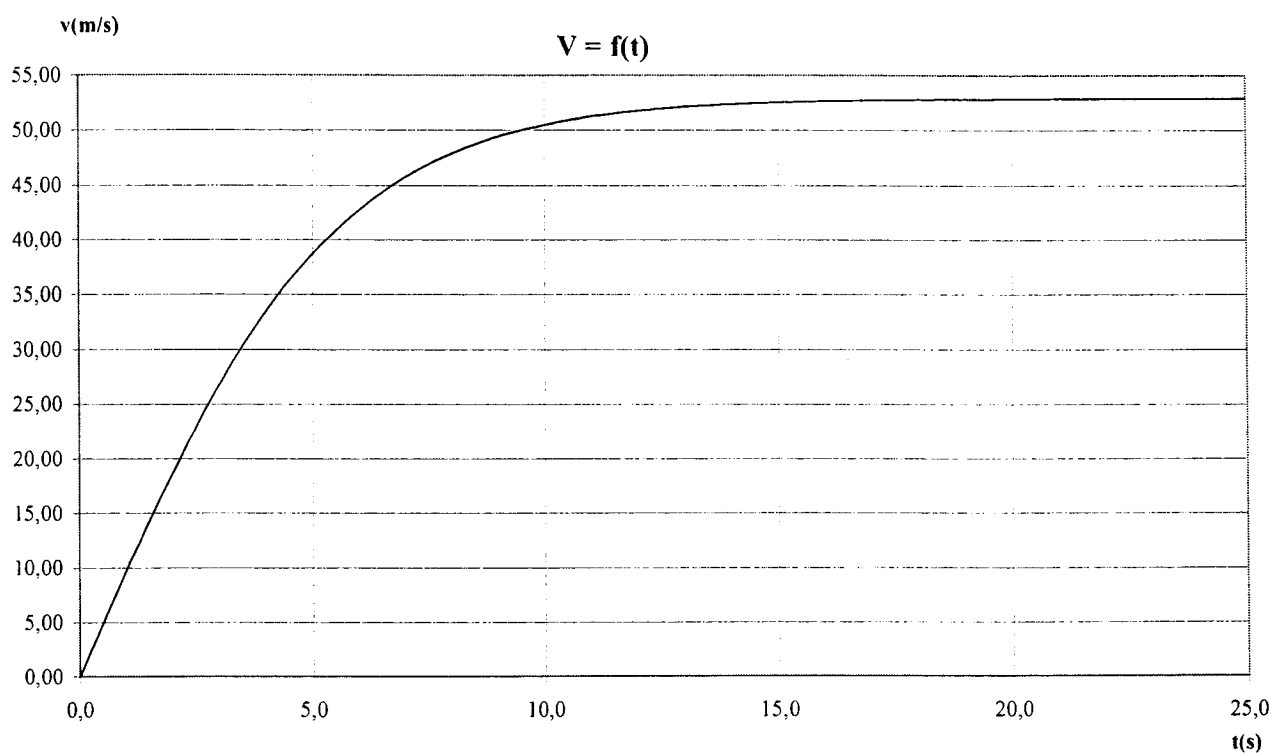
Quelle caractéristique distingue les sons 2 et 3 ?



**ANNEXE 1** (à rendre avec la copie)



## ANNEXE 2 (à rendre avec la copie)



## ANNEXE 3 (à rendre avec la copie)

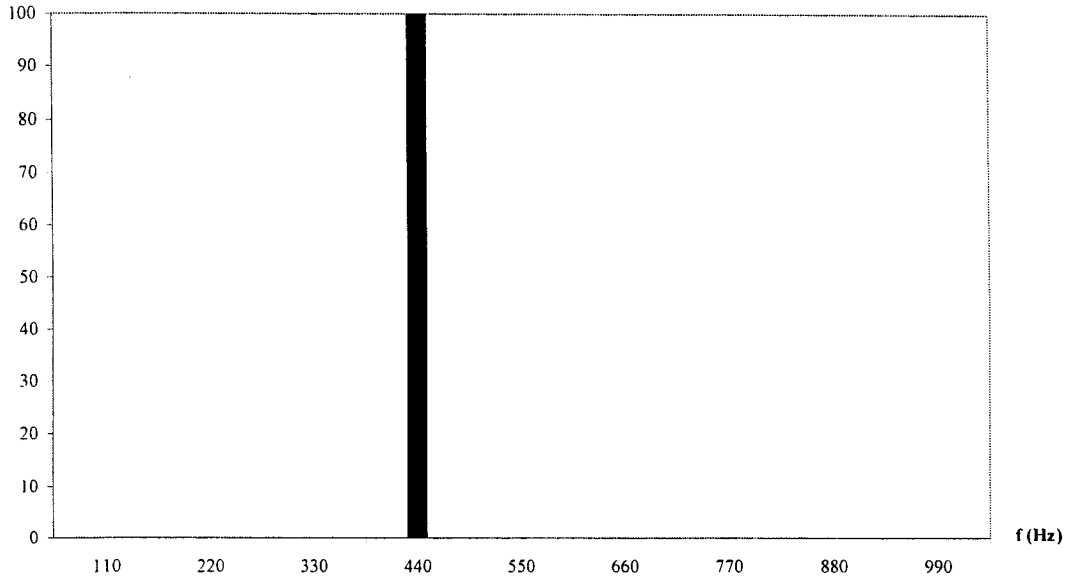
**Tableau d'avancement de la transformation liée à la réaction d'estérification**

Equation	$R-COOH + R'-CH_2OH = \text{ester} + H_2O$				
Etat	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
		$R-COOH$	$R'-CH_2OH$	ester	$H_2O$
Etat initial	$x = 0$	0,20	0,20	0	0
Etat intermédiaire	$x$				
Etat d'équilibre	$x = x_{eq}$				

# ANNEXE 4

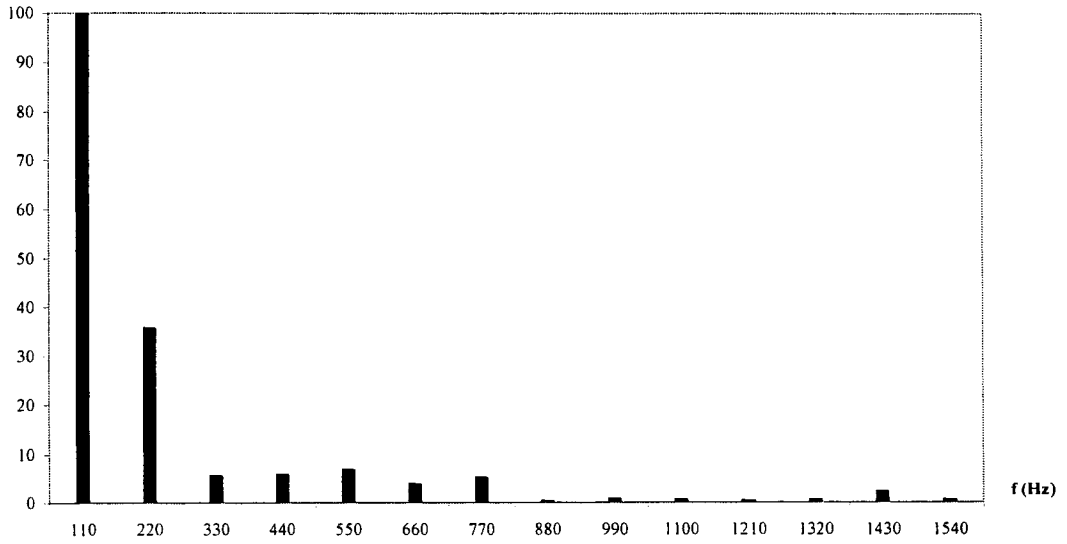
## Spectre A

amplitude relative (%)



## Spectre B

amplitude relative (%)



## Spectre C

amplitude relative (%)

