

Physique-chimie  
enseignement spécifique

EXERCICE I : (11 points) : **Спутник 1**EXERCICE II : (4 points) : **Vins**EXERCICE III : (5 points) : **beurre**EXERCICE I : **Спутник 1, 4 октября 1957**

**SPOUTNIK-1** fut le premier satellite artificiel lancé par la Russie (et par l'humanité) depuis Baïkonour au Kazakhstan le **4 octobre 1957**. Il s'agissait d'une petite sphère d'aluminium de 58 centimètres de diamètre, pesant 83,6 kg dotée de quatre antennes. Il contenait un émetteur radio et de l'instrumentation scientifique. Il a été mis en orbite par un lanceur R-7 Semiorka dont les caractéristiques sont indiquées ci-dessous.

**R-7 Семёрка**

La fusée R-7 Semiorka conçue comme missile stratégique sera utilisée finalement comme lanceur spatial. Il deviendra l'un des moyens d'accès à l'espace les plus utilisés dans le monde avec plus de 1 800 lancements effectués en 60 ans. Aujourd'hui encore, il vole sous le nom de Soyuz.

**Masse totale :**  $m = 267$  tonnes (dont 253 tonnes de carburant/comburant)

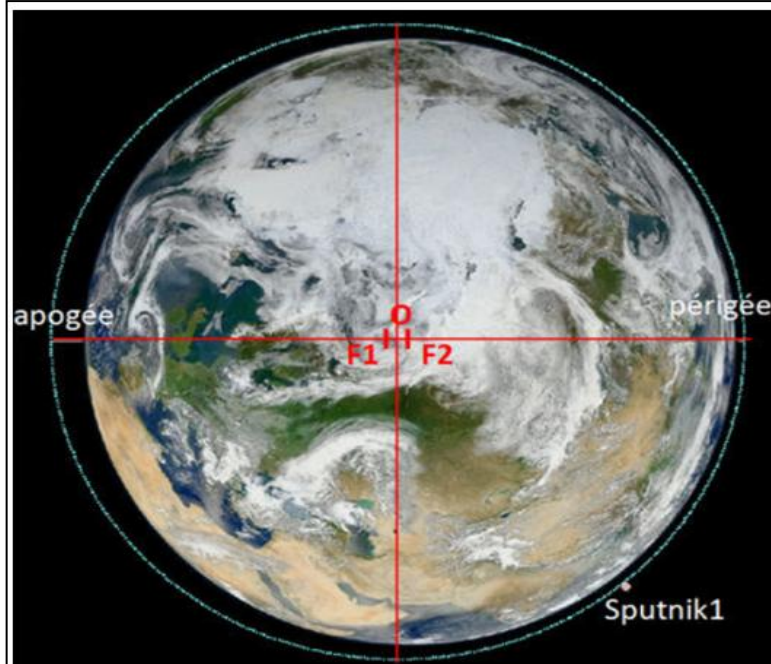
**Poussée au décollage :**  $F = 3.89 \times 10^6$  N

**Durée de combustion de l'étage 0 :** 120 s

**Durée de combustion de l'étage 1 :** 310 s

**PARTIE 1 : Lancement de Spoutnik-1 par la fusée R-7 Semiorka**

- 1- Enoncer la seconde loi de NEWTON
- 2- Quelles sont les forces appliquées à la fusée au moment où elle quitte le sol. Les représenter sur un schéma puis trouver leurs valeurs. ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )
- 3- En considérant que la masse de la fusée reste constante pendant les premiers instants du décollage, Trouver l'expression de l'accélération au décollage en fonction de  $m$ ,  $g$  et  $F$  puis la calculer.
- 4- La poussée des moteurs est proportionnelle au débit de carburant ( $q$  en kg/s) et à la vitesse d'expulsion des gaz de combustion  $V_E$ . Donc  $F = q \times V_E$ . Montrer par une analyse dimensionnelle que ce produit est bien homogène à une force.
- 5- Si la poussée des réacteurs reste constante, l'accélération calculée précédemment reste-t-elle constante pendant les 120 s de combustion de l'étage 0. Justifier la réponse.

**PARTIE 2 : la ronde de Спутник 1 autour de la Terre**

Placé sur une orbite dont les altitudes initiales du **périgée et de l'apogée étaient de 225 et de 947 kilomètres**, (par rapport à la surface de la TERRE) Spoutnik-1 effectuait une révolution en environ **96 minutes**. Son orbite était donc légèrement elliptique.

**Autres données :**

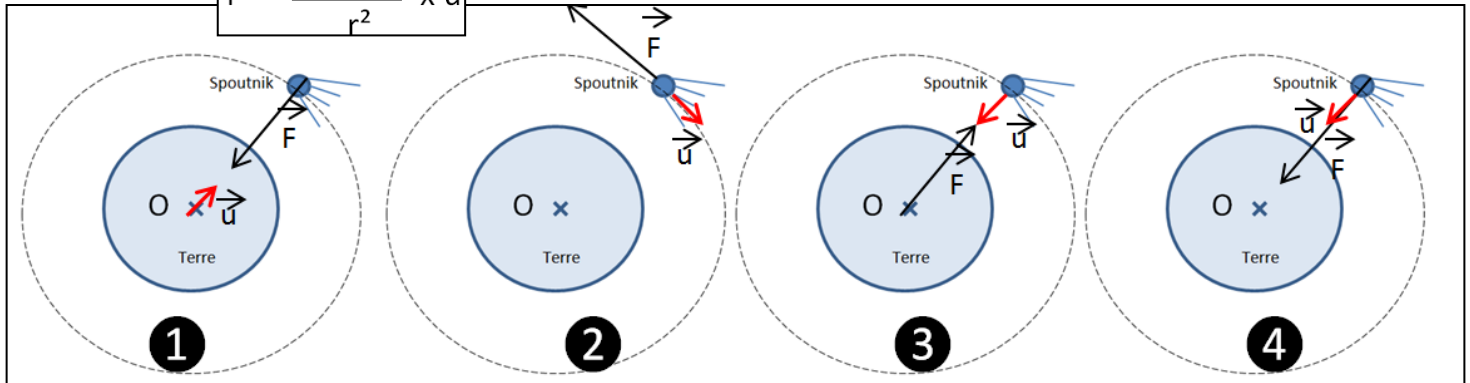
Masse de la Terre :  $M_t = 6 \times 10^{24}$  kg

Rayon de la Terre :  $R_t = 6400$  km.

Constante de gravitation universelle :

$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

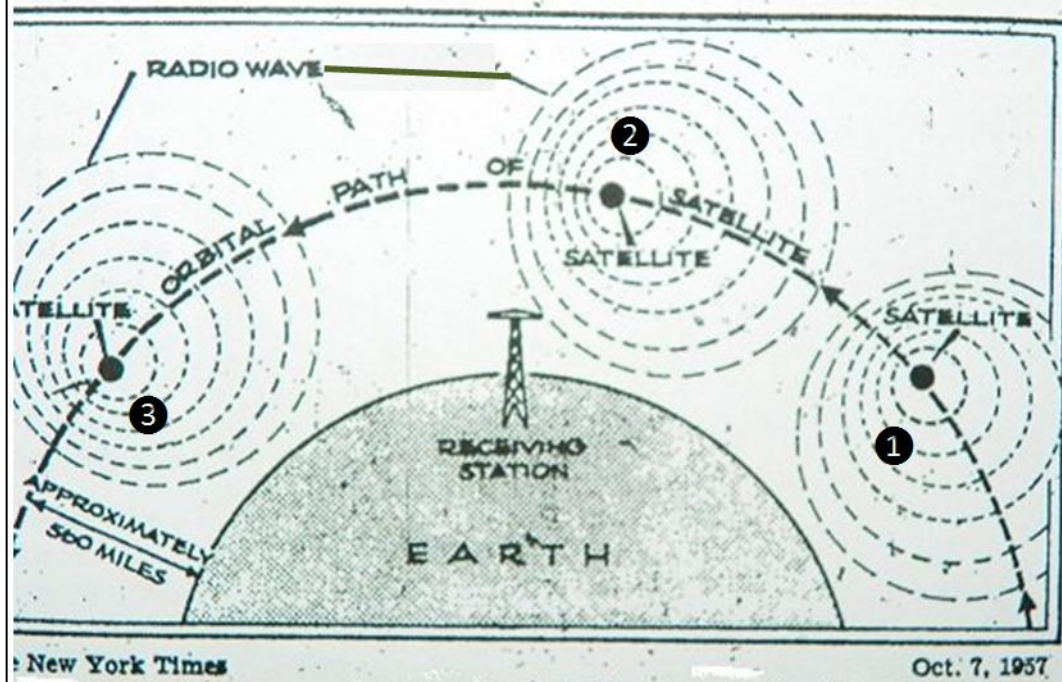
- 1- D'après le schéma de l'orbite, le centre de la Terre coïncide-t-il avec le point F1, O ou F2 ?
- 2- Calculer la valeur du demi-grand axe noté  $a$  de l'orbite de Spoutnik-1.
- 3- Quelle loi de KEPLER permet de déduire que la vitesse de Spoutnik est maximum au périgée ou à l'apogée ?
- 4- Pour simplifier on considère maintenant que l'orbite de Spoutnik est circulaire de rayon  $r = 6950$  km.
- 4.1- La force d'attraction gravitationnelle exercée sur le satellite Spoutnik de masse  $m$  peut s'exprimer de la façon suivante :  $\vec{F} = - \frac{G.Mt.m}{r^2} \times \vec{u}$  ( $\vec{u}$  étant un vecteur unitaire) Quelle est la bonne représentation de cette force ?



- 4.2- Trouver l'expression de l'accélération et sachant que pour un mouvement circulaire uniforme l'accélération peut aussi s'exprimer de la façon suivante  $a = v^2/r$ , Montrer que la vitesse peut s'exprimer sous la forme  $v = \sqrt{\frac{G.Mt}{r}}$ . Montrer que cette vitesse est bien de l'ordre de 27000 km/h.
- 4.3- Retrouver la valeur de la période de révolution en utilisant cette vitesse.

### PARTIE 3 : L'émetteur radio de Spoutnik

Spoutnik-1 comprenait un émetteur d'ondes radio de fréquence 20,005 MHz et aussi 40,002 MHz . Ces ondes radios transmettaient un signal sonore sous la forme d'un bip-bip continu capté par de nombreux radioamateurs dans le monde entier.



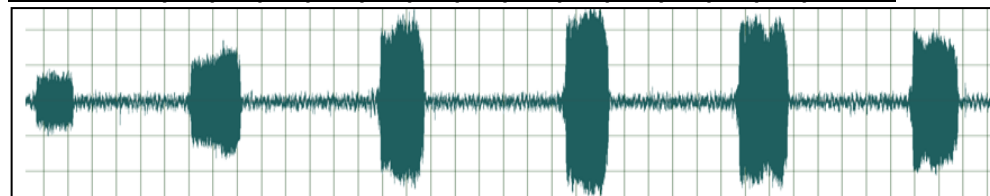
L'édition du 7/10/57 du New York Times reportait que Moscou suivait Spoutnik en utilisant l'effet Doppler comme indiqué ci-contre



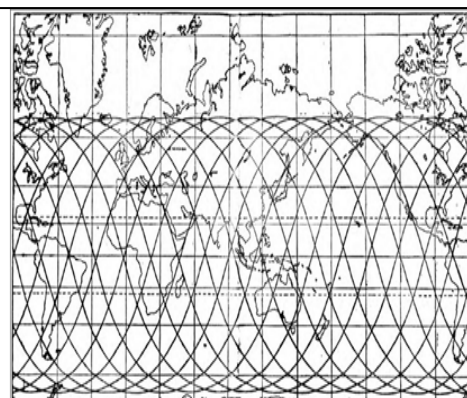
- 1- Les ondes radios sont-elles des ondes électromagnétiques ou des ondes mécaniques ? A quelle vitesse se propage-t-elle ? Calculer la longueur d'onde correspondant à la fréquence de 20.005 MHz.
- 2- Que schématisent les espaces entre les ronds en pointillés sur le schéma ci-dessus : période, longueur d'onde ou fréquence ?
- 3- L'antenne « receiving station » représente un récepteur radio fixe sur Terre . Les journaux de l'époque indiquaient qu'il fallait décaler la fréquence de + ou - 500 Hz pour capter l'émission de 20.005 MHz de Spoutnik à cause de l'effet Doppler. Quand fallait-il augmenter d'environ de 500 Hz la fréquence du récepteur : Au moment où Spoutnik se levait sur l'horizon (position 1) ? Quand il passait au plus haut (position 2) ? ou quand il allait repasser sous l'horizon (position 3). ?



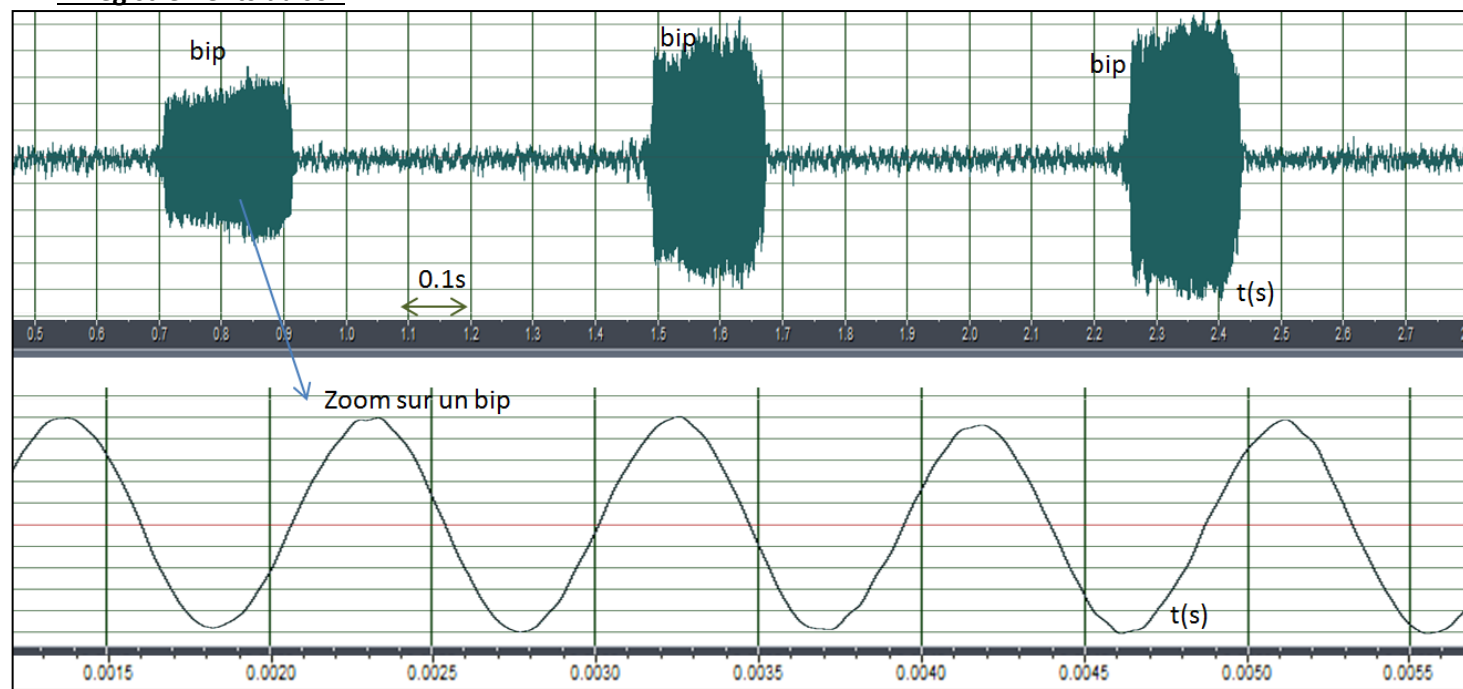
#### PARTIE 4 : bip-bip-bip-bip- bip-bip-bip-bip- bip-bip- bip-bip-bip-bip-.....



Le son reçu par les récepteur était un bip-bip répétitif que toute personne possédant un récepteur à onde courte pouvait écouter quand Spoutnik passait au dessus du lieu. L'orbite de Spoutnik étant incliné, il a survolé toutes les régions du globe pendant ces 1440 révolutions mais il n'a émis que 22 jours jusqu'à ce que les batteries s'épuisent

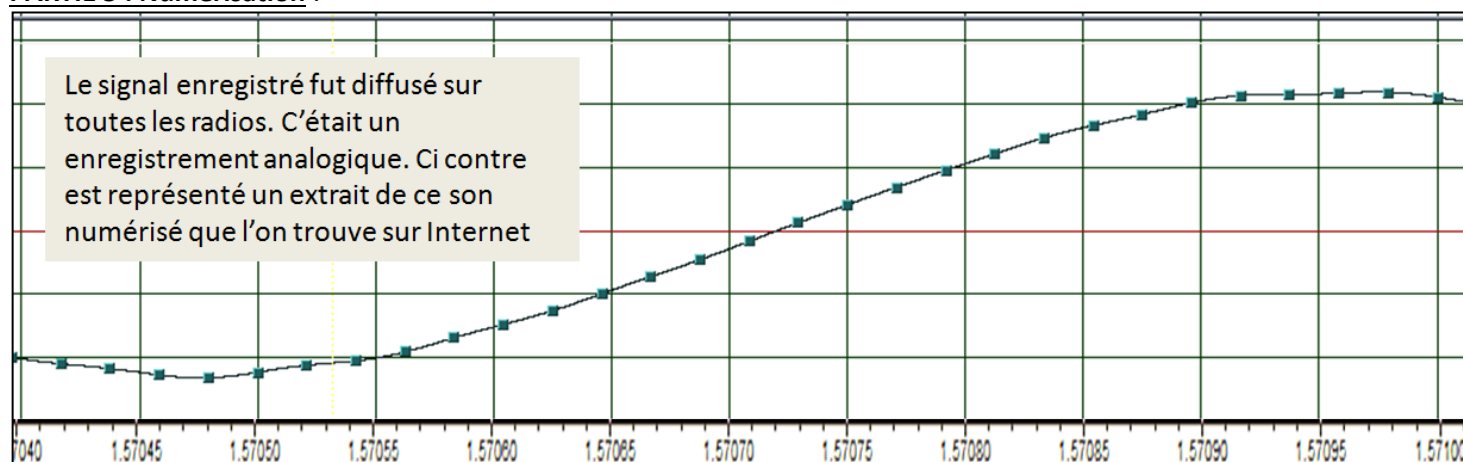


#### Enregistrements du son



- 1- Combien de bip par minute Spoutnik-1 envoyait-il ?
- 2- Trouver la fréquence du son émis. Ce son était-il aigu ou grave ? Etait-il plutôt un son simple ou un son complexe ?

#### PARTIE 5 : Numérisation :



- 1- Montrer par une mesure que la fréquence d'échantillonnage de ce son est de 48 kHz.
- 2- Le son numérisé a une durée totale de 4.377 s et est enregistré en stéréo (2 voies), la résolution est de 16 bits. Trouver le poids en ko du fichier Sputnik\_beep.wav ( 1 octet = 8 bits, 1 ko=1024 octets)

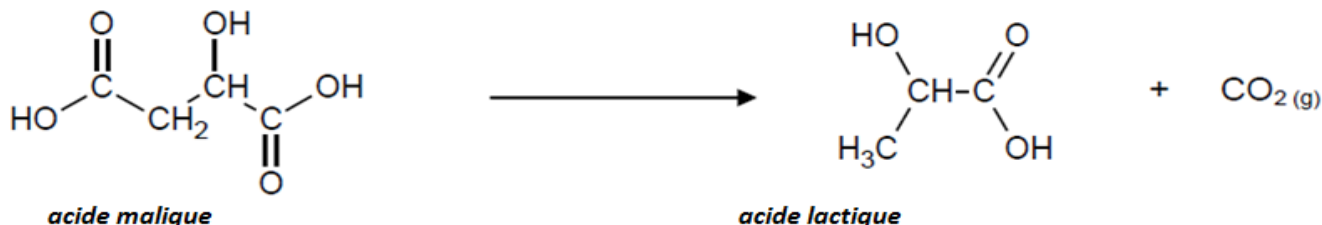
—◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇—

## EXERCICE II : LA FERMENTATION MALOLACTIQUE DES VINS

Après récolte et pressage des raisins, deux fermentations ont lieu, d'abord la fermentation alcoolique, puis la fermentation malolactique.

Pour qu'un vin puisse être mis en bouteille, il convient de vérifier que la fermentation malolactique, objet d'étude de cet exercice, est terminée.

La fermentation malolactique, généralement assurée par une espèce de bactérie lactique, *Oenococcus oeni*, désigne la désacidification biologique du vin. Lors de cette transformation, l'acide malique présent dans le vin se transforme en acide lactique, acide plus faible, avec production de dioxyde de carbone à l'état gazeux ; transformation modélisée par la réaction d'équation suivante :



La désacidification du vin qui résulte de la fermentation malolactique est un phénomène généralement recherché, auquel on doit l'assouplissement des vins jeunes.

Le 15 octobre 2016, un vigneron suit la fermentation malolactique d'un vin contenu dans une cuve de 10 m<sup>3</sup>. La température ambiante est de 15°C lorsque la fermentation malolactique débute.

La concentration massique initiale en acide malique dans le vin est de 3,0 g.L<sup>-1</sup>. L'évolution au cours du temps de la masse d'acide lactique formé est donnée par le graphique situé en annexe, à rendre avec la copie.

### Données :

- **masse molaires** : acide malique :  $M_{\text{mal}} = 134,0 \text{ g.mol}^{-1}$

acide lactique :  $M_{\text{lac}} = 90,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;

- pour simplifier les écritures, on notera les **couples acidobasiques**,

de l'acide lactique :  $(\text{A}^{\text{H}} / \text{A}^{\text{H}^-})$   $pK_{\text{A1}} = 3,46$  et  $(\text{AH}^- / \text{A}^{2-})$   $pK_{\text{A2}} = 5,10$  de l'acide malique :  $(\text{AH}_2 / \text{AH}^-)$   $pK_{\text{A}} = 3,86$

1. Entourer et nommer les groupes caractéristiques présents dans la molécule d'acide malique.

### 2. Acidité et vin

L'acide malique est un diacide. Il peut apparaître sous différentes formes en fonction du pH de la solution.

2.1. La concentration en ions oxonium H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dans le vin, en début de fermentation malolactique, est de  $6,3 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Montrer que le pH du vin en début de fermentation est égal à 3,2.

2.2. En déduire la forme prédominante de l'acide malique dans le vin en début de fermentation malolactique.

### 3. Suivi de la fermentation malolactique

3.1. Montrer que la quantité de matière initiale en acide malique dans la cuve est de  $2,2 \times 10^2 \text{ mol}$ .

3.2. En s'appuyant sur le graphique situé **en annexe**, déterminer la quantité de matière d'acide lactique formé à l'état final.

3.3. La fermentation malolactique est-elle une transformation chimique totale ? Justifier.

3.4. Montrer que la masse d'acide lactique formé est proportionnelle à l'avancement de la réaction. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction pour cette fermentation malolactique. On fera apparaître la méthode utilisée sur le graphique situé **en annexe, à rendre avec la copie**.

3.5. À partir de quelle date le viticulteur pourra-t-il mettre en bouteille le vin de ses cuves ? Justifier.

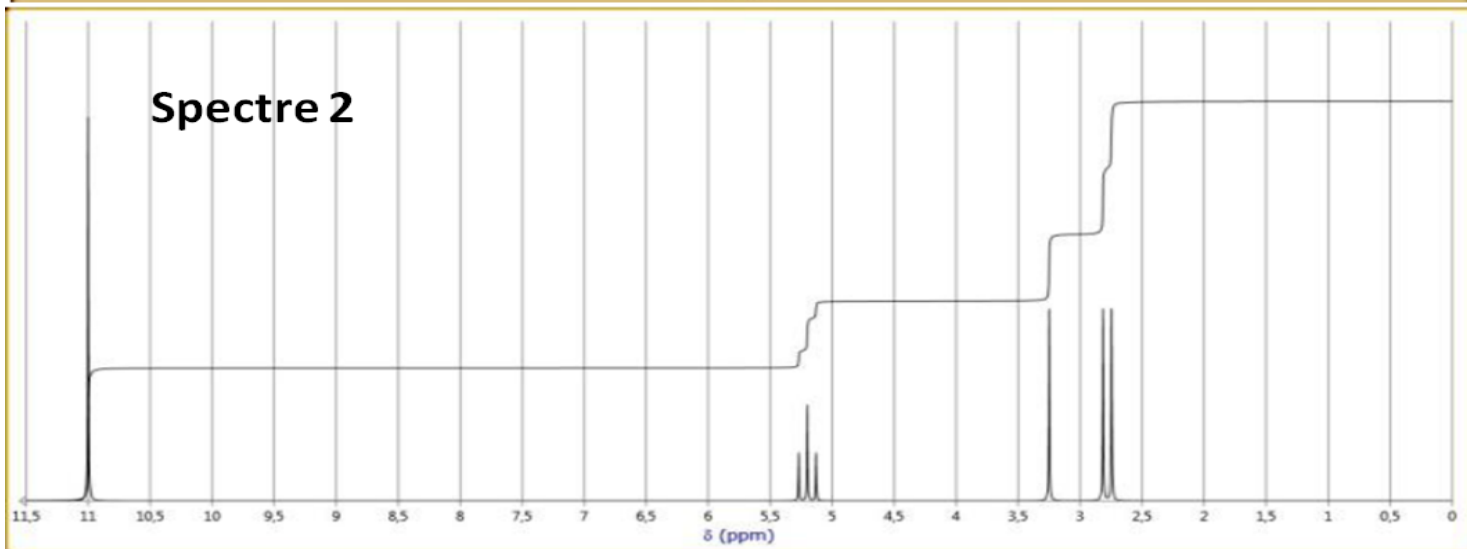
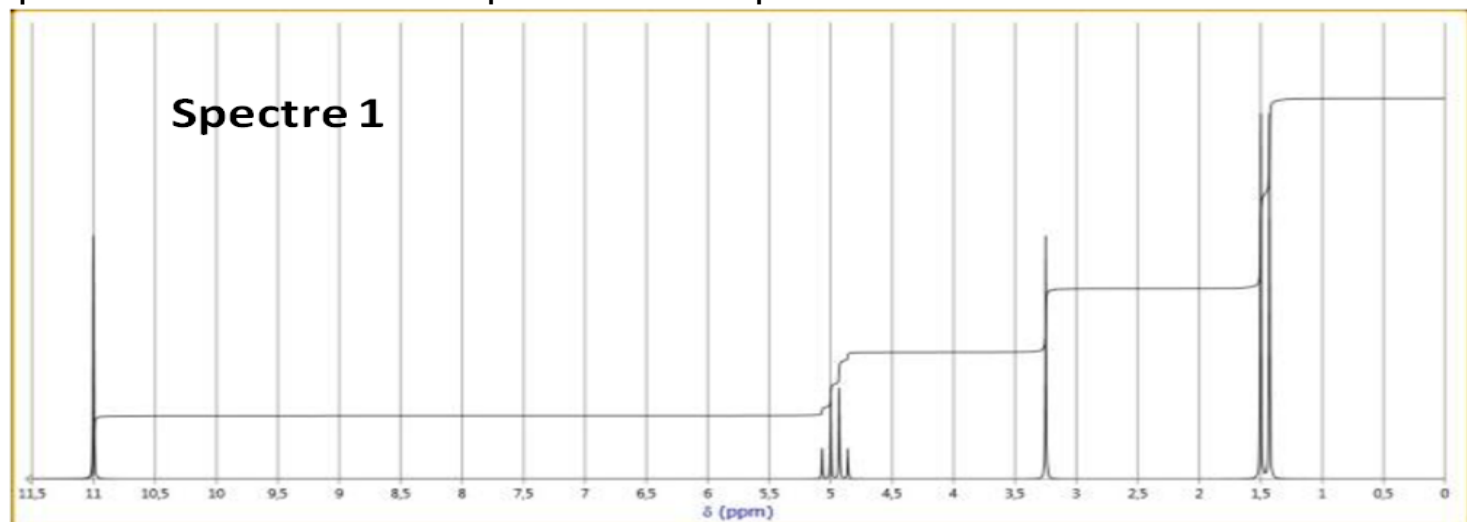
3.6. Représenter sur le graphique situé **en annexe, à rendre avec la copie** l'allure quantitative de la courbe de suivi de la fermentation malolactique si la température ambiante est de 20 °C.

### 4. Spectroscopie RMN du proton et fermentation malolactique

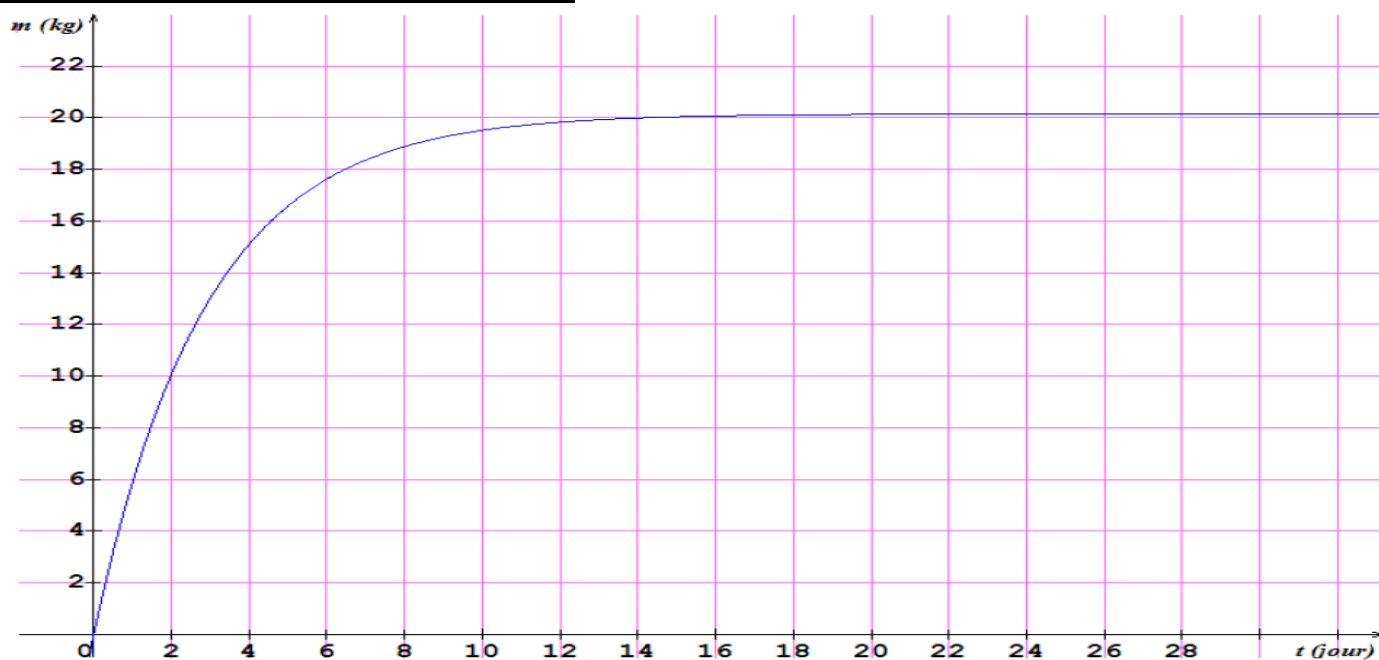
Parmi les spectres simulés ci-après, lequel pourrait correspondre à l'acide lactique ? Expliciter la démarche mise en œuvre et attribuer rigoureusement les signaux correspondants.



**Spectres RMN simulés de l'acide malique et de l'acide lactique**



**Annexe de l'exercice III : à rendre avec la copie**



**Évolution de la masse d'acide lactique formé dans la cuve en fonction du temps**

### EXERCICE III : Analyse d'un beurre

L'acide butanoïque est l'un des composés responsables de l'odeur très forte et du goût piquant de certains fromages et beurres rances.

Données :

- l'acide butanoïque  $C_4H_8O_2$  est un acide faible ; le  $pK_a$  du couple acide / base auquel il appartient vaut 4,8 à 25 °C ;
- masse molaire de l'acide lactique :  $M_1 = 90,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;
- masse molaire de l'acide butanoïque :  $M_2 = 88,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;

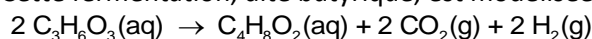


#### A. Quelques propriétés de l'acide butanoïque

1. Donner la formule semi-développée de l'acide butanoïque.
2. Définir la notion d'acide.
3. À 25 °C, le pH d'une solution aqueuse d'acide butanoïque de concentration  $3,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  vaut 3,2. Cette valeur de pH est-elle en accord avec le caractère « acide faible » attribué à l'acide butanoïque ?

#### B. La fermentation butyrique dans le fromage

Dans les fromages, l'acide butanoïque est produit par fermentation de l'acide lactique du lait en présence d'une bactérie. Cette fermentation, dite butyrique, est modélisée par la réaction totale d'équation :



acide lactique      acide butanoïque

D'après [www.agroscope.com](http://www.agroscope.com)

Justifier le gonflement des fromages lors de la fermentation butyrique.

#### C. Analyse d'un beurre

Un beurre est rance si le pourcentage en masse d'acide butanoïque qu'il contient est supérieur ou égal à 4 %, c'est-à-dire qu'il y a plus de 4 g d'acide butanoïque dans 100 g de beurre.

On peut titrer l'acide butanoïque contenu dans un beurre de la façon suivante. Dans un bécher, on introduit 8,0 g de beurre fondu auquel on ajoute un grand volume d'eau distillée. On agite afin de dissoudre dans l'eau la totalité de l'acide butanoïque présent dans le beurre.

Dans le bécher, on plonge la sonde d'un conductimètre, puis on verse, mL par mL, une solution d'hydroxyde de sodium ou soude ( $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ ) de concentration  $C = 4,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ . Après chaque ajout de solution titrante, on mesure la conductivité  $\sigma$  de la solution dans le bécher. On considère que seul l'acide butanoïque réagit avec le réactif titrant. La courbe représentant les variations de la conductivité  $\sigma$  en fonction du volume  $V_b$  de solution d'hydroxyde de sodium versé est représentée sur la figure 1.

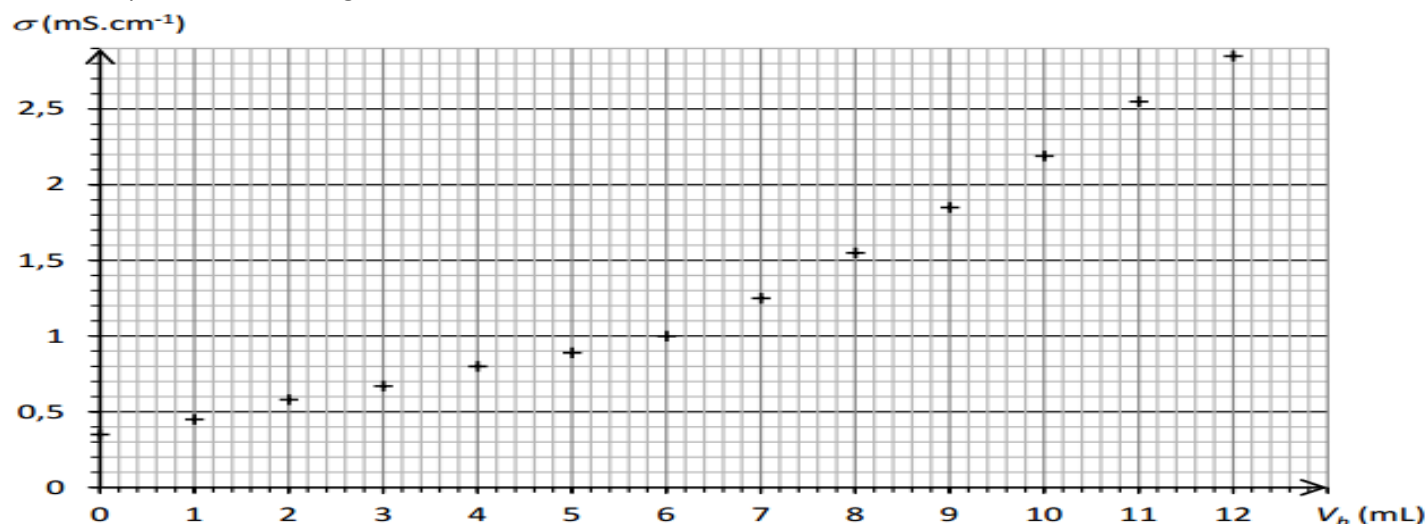


Figure 1. Titrage de l'acide butanoïque contenu dans 8,0 g de beurre par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire égale à  $4,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .

1. Ecrire l'équation de la réaction de titrage entre l'acide butanoïque (noté AH) et la soude.
2. Réaliser un schéma annoté du montage permettant d'effectuer le titrage.
3. Déterminer la valeur de la quantité de matière d'ions hydroxyde versée à l'équivalence.
4. Le beurre analysé est-il rance ?

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.*

—◇≡◇≡◇≡◇≡◇—