

PSEUDO :

CLASSE :

Ce sujet comporte 3 exercices sur des pages numérotées de 1 à 6. L'usage de la calculatrice est autorisé. On prendra soin tout au long du devoir de justifier chacune des réponses, de donner des réponses littérales avant les réponses numériques, d'utiliser les notations de l'énoncé et de tenir compte des chiffres significatifs. Le sujet sera rendu avec la copie.

EXERCICE N°1 : SERVICE ET RÉCEPTION AU VOLLEY BALL (7 POINTS)

Au volley-ball, le service smashé est le type de service pratiqué le plus fréquemment par les professionnels : le serveur doit se placer un peu après la limite du terrain, lancer très haut son ballon, effectuer une petite course d'élan puis sauter pour frapper la balle.

Après la course d'élan, le serveur saute de façon à frapper le ballon en un point B_0 situé à la hauteur h au-dessus de la ligne de fond du terrain. La hauteur h désigne alors l'altitude initiale du centre du ballon. Le vecteur initial \vec{v}_0 du ballon est horizontal et perpendiculaire à la ligne de fond du terrain (voir figure 1.).

Le mouvement du ballon est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen muni du repère (Ox, Oy) et l'instant de la frappe est choisi comme origine des temps : $t = 0$ s. Le mouvement a lieu dans le plan (Oxy) .

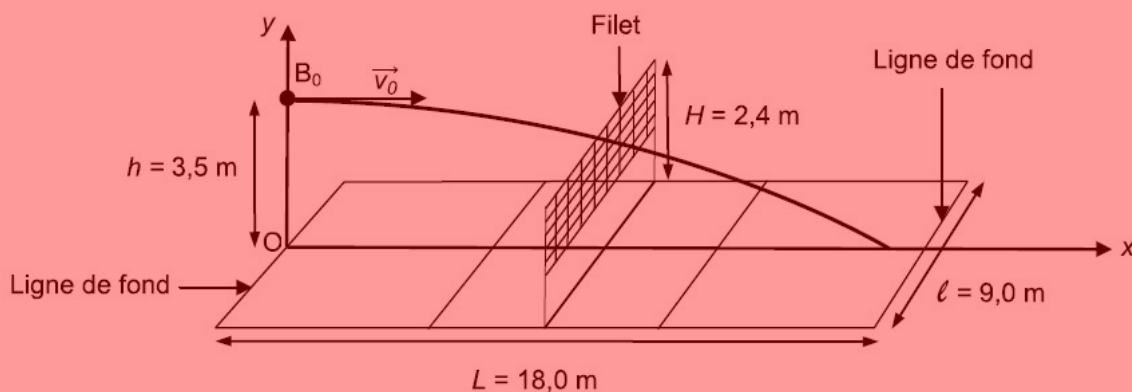


Figure 1. Dimensions du terrain de volley-ball et allure de la trajectoire du ballon.

Le but de cet exercice est de vérifier la validité du service et d'étudier la réception du service par un joueur de l'équipe adverse. Pour cela, on étudie le mouvement du centre du ballon sans tenir compte de l'action de l'air.

Données :

Le ballon de volley-ball assimilé à un point, a une masse $m = 260$ g;

L'intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81$ m.s⁻² ;

1. Validité du service

Le service est effectué depuis le point B_0 à la vitesse $v_0 = 21,0$ m.s⁻¹. Le service sera considéré comme valide à condition que le ballon franchisse le filet sans le toucher et qu'il retombe dans le terrain adverse.

1.1. Montrer que, si on néglige l'action de l'air, les coordonnées du vecteur accélération du centre du ballon après la frappe sont : $a_x(t) = 0$ et $a_y(t) = -g$

1.2. Établir que les équations horaires du mouvement du centre du ballon s'écrivent : $x(t) = v_0 t$ et $y(t) = -\frac{g}{2} t^2 + h$

$$y(x) = -\frac{g}{2v_0^2} x^2 + h$$

En déduire que l'équation de la trajectoire reliant x et y s'écrit :

1.3. En admettant que le ballon franchisse le filet, vérifier qu'il touche le sol avant la ligne de fond.

1.4. Afin de déterminer la vitesse du ballon au moment où il touche le sol, on effectue une étude énergétique. L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est choisie de la manière suivante : $E_{pp} = 0$ J pour $y = 0$ m.

1.4.1. Rappeler les expressions littérales des énergies cinétique E_c , potentielle de pesanteur E_{pp} et mécanique E_m du ballon en un point quelconque de la trajectoire.

1.4.2. Le graphe de la figure 2 représente l'évolution en fonction du temps des trois énergies précédentes. Associer chaque courbe 1, 2, 3 à l'une des trois énergies E_m , E_{pp} , E_c . Justifier.

1.4.3. À l'aide de l'étude énergétique précédente, déterminer la valeur de la vitesse du centre du ballon v_{sol} lorsque le ballon touche le sol.

1.5. En réalité, la vitesse v_{sol} avec laquelle le ballon atteint le sol est plus faible que celle déterminée à la question 1.4.3. Proposer une explication.

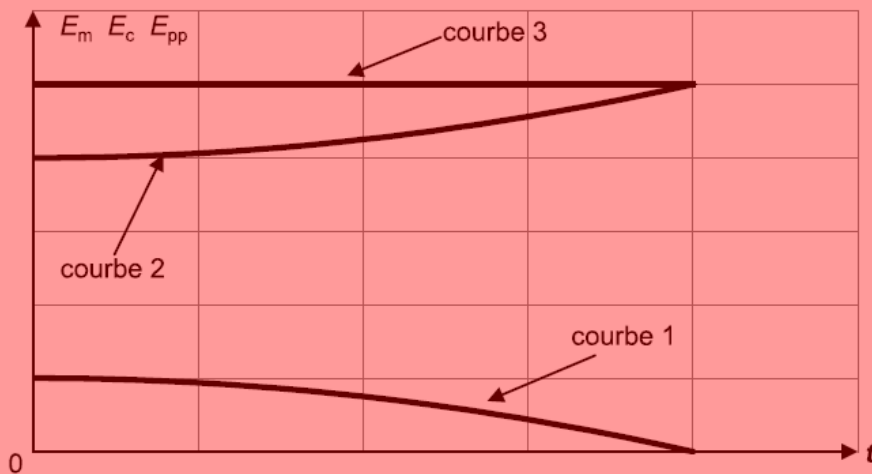


Figure 2. Allure de l'évolution des énergies du ballon au cours du temps

2. Réception du ballon par un joueur de l'équipe adverse

Au moment où le joueur frappe le ballon ($t = 0$ s), Le joueur BISTRUKLA César de l'équipe adverse est placé au niveau de la ligne de fond de son terrain. Il débute sa course vers l'avant pour réceptionner le ballon en réalisant une « manchette » comme le montre la figure 3.

Le contact entre le ballon et le joueur se fait au point R situé à une hauteur de 80 cm au-dessus du sol.

On admet que les équations horaires du mouvement du ballon établies à la question 1.2. restent valables.

Évaluer la vitesse moyenne minimale du déplacement de ce joueur pour qu'il réalise la réception dans la position photographiée ci-dessus. Ce résultat semble-t-il réaliste ?



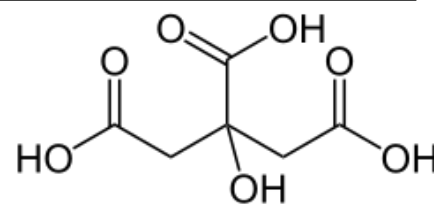
Figure 3. Réception du ballon

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.

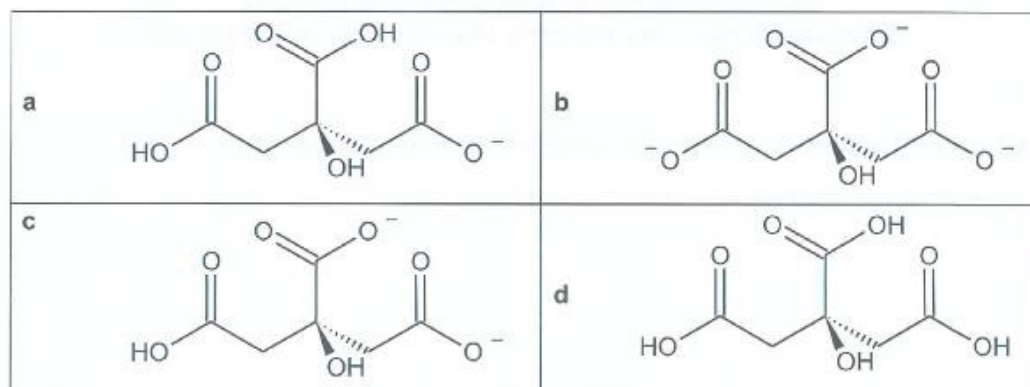
EXERCICE N°2 : L'ACIDE CITRIQUE AU QUOTIDIEN (8 POINTS)

L'acide citrique (noté AH_3) est un triacide présent en abondance dans le citron. La synthèse mondiale approche deux millions de tonnes par an. Il est utilisé dans les boissons, les cosmétiques, en pharmacie, etc.

Dans le commerce, on peut le trouver sous forme de poudre blanche anhydre ou monohydratée. Le but de cet exercice est d'étudier les propriétés acido-basiques de l'acide citrique, de trouver la forme présente dans un détartrant et de déterminer la pureté d'un produit commercial.

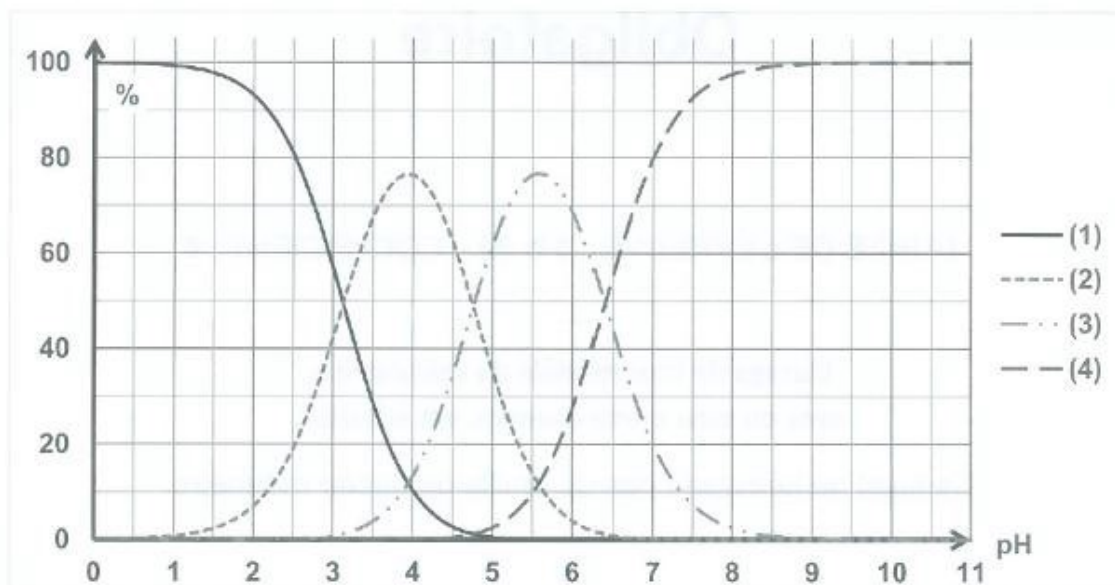


Représentation de la molécule d'acide citrique



Document 1. Représentations des différentes espèces acido-basiques des couples de l'acide citrique.

Document 2.
Diagramme de distribution
(pourcentage des espèces présentes)
en fonction du pH



1. Étude des propriétés acido-basiques de l'acide citrique

- 1.1. Rappeler ce qu'est un acide selon Brønsted, puis expliquer pourquoi l'acide citrique est qualifié de « triacide ».
- 1.2. Parmi les quatre espèces acido-basiques (a, b, c, d), indiquer celle qui prédomine en milieu très acide et celle qui prédomine en milieu très basique. Justifier.
- 1.3. Associer chaque espèce acido-basique a, b, c et d à une courbe 1, 2, 3 ou 4 du diagramme de distribution.
- 1.4. Le pH d'une solution aqueuse d'acide citrique de concentration 15 mmol.L^{-1} est d'environ 2,5. Quelle(s) est (sont) la (les) forme(s) (a, b, c et d) prédominante(s) de l'acide citrique dans cette solution ? Estimer leurs proportions relatives.
- 1.5. Indiquer à quelle grandeur acido-basique particulière correspond la valeur de pH égale à 3,2. Justifier.

2. Extraction de l'acide citrique d'un citron

L'acide citrique a été isolé en 1784 par Carl Wilhelm Scheele à partir de jus de citron. Le spectre IR d'un produit extrait du citron est représenté ci-dessous. Peut-on identifier l'acide citrique ? Justifier.

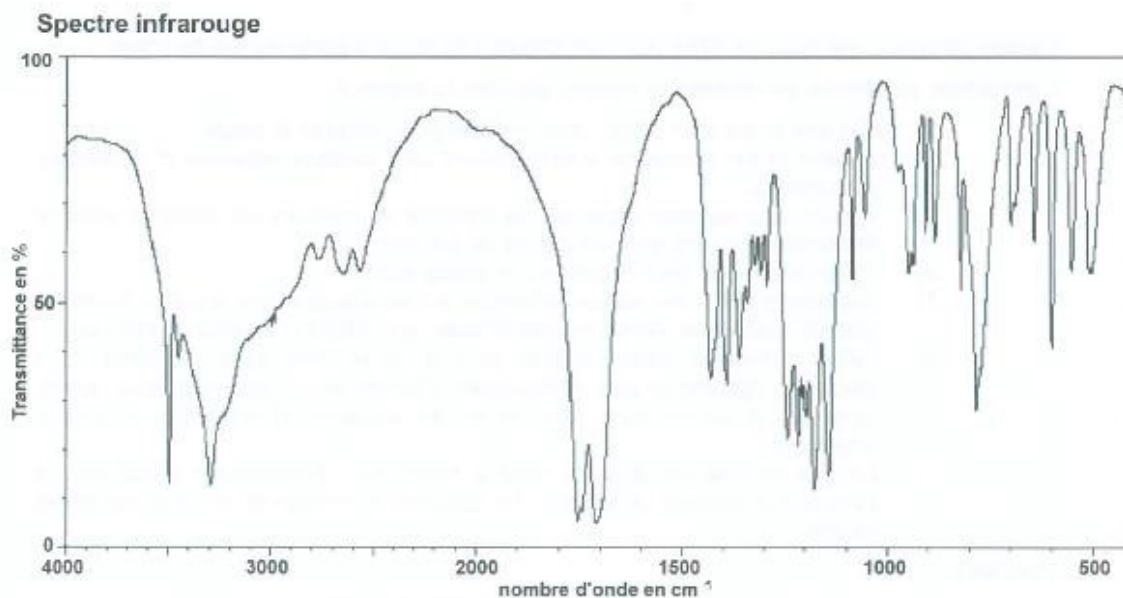


Table simplifiée de données pour la spectroscopie IR

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})
O – H alcool	3200 – 3400
C – H	2800 – 3000
O – H acide carboxylique	2500 – 3200 bande large
C = O acide carboxylique	1700 – 1725
C = O aldéhyde	1720 – 1740


3. Analyse d'un détartrant à l'acide citrique

Un laboratoire d'analyse met en place un protocole afin de déterminer :

- la forme, anhydre ou monohydratée, de l'acide citrique présente dans un détartrant commercial en poudre ;
- la pureté de l'acide citrique dans le détartrant commercial en poudre.

Données

Indicateur	Couleur		Domaine de virage
	Forme acide	Forme basique	
Jaune d'alizarine	Jaune	Violet	10,1 à 12,1
Thymolphtaléine	Incolore	Bleue	9,3 à 10,5
Rouge de crésol	Jaune	Rouge	7,2 à 8,8
Bleu de bromothymol	Jaune	Bleue	6,0 à 7,6
Rouge de méthyle	Rouge	Jaune	4,2 à 6,2
Vert de bromocrésol	Jaune	Bleue	3,8 à 5,4
Hélianthine	Rouge	Jaune	3,1 à 4,4

	Formule brute	Masse molaire	Pictogramme
Acide citrique anhydre	$C_6H_8O_7$	192 g.mol^{-1}	
Acide citrique monohydraté	$C_6H_8O_7, H_2O$	210 g.mol^{-1}	

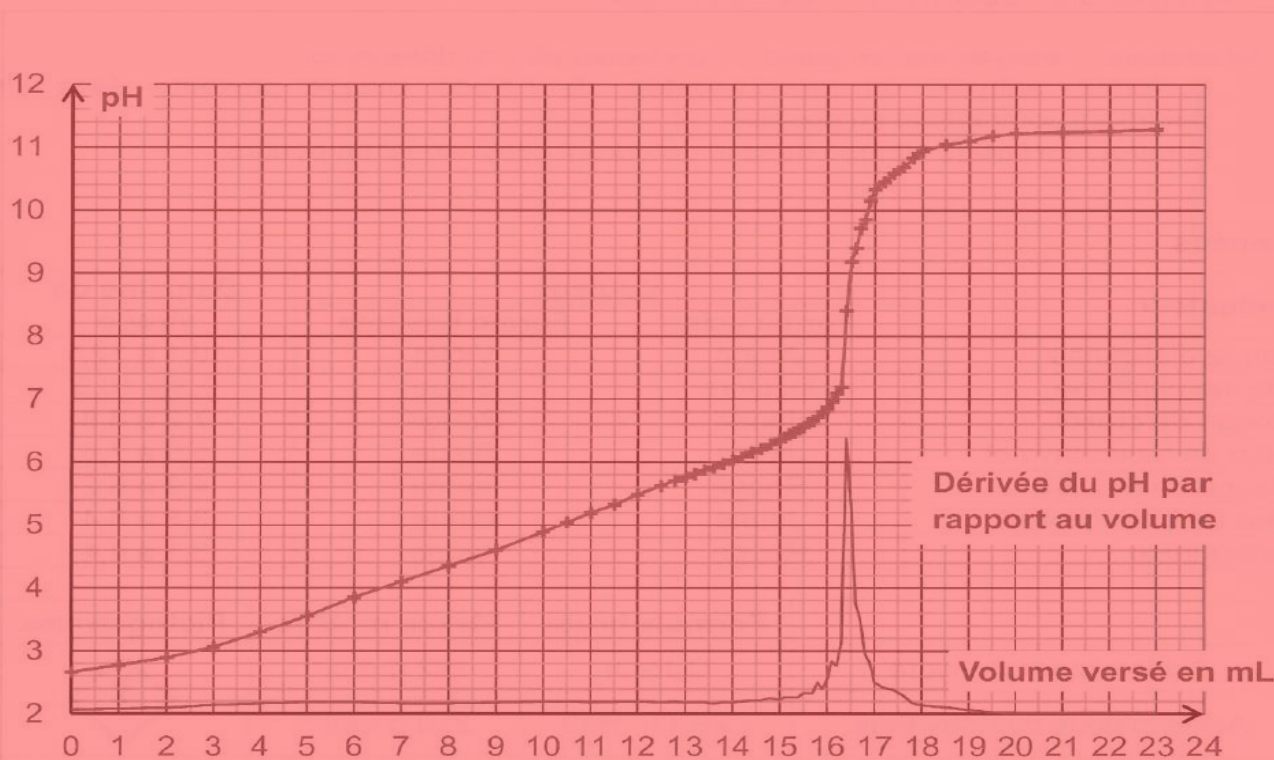
Protocole utilisé au laboratoire :

- Poser une coupelle sur le plateau d'une balance et appuyer sur « TARE » ;
- Mettre un peu de détartrant dans la coupelle, la balance indique alors 0,053 g ;
- Introduire le contenu de la coupelle dans un bécher, ajouter un peu d'eau distillée puis agiter pour dissoudre complètement le détartrant ;
- Mettre le bécher sous une burette graduée remplie avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $C = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$;
- Placer une électrode de pH-métrie dans le bécher et la relier au pH-mètre ;
- Sous agitation magnétique, ajouter progressivement de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium en relevant régulièrement la valeur du pH de la solution.

Équation de la réaction support de titrage :



Courbe obtenue en réalisant le protocole :



- 3.1. Expliquer pourquoi le coefficient stœchiométrique dans l'équation support de titrage vaut 3 pour les ions hydroxyde.
- 3.2. En expliquant votre démarche, déterminer la valeur V_E du volume de solution d'hydroxyde de sodium versée à l'équivalence.
- 3.3. Quel indicateur coloré pourrait-on utiliser pour réaliser ce titrage pH-métrique ? Préciser comment serait repéré le volume de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.
- 3.4. En exploitant les résultats expérimentaux de l'analyse, calculer la masse d'acide titré ou dosée.
Remarque : L'acide peut-être monohydraté ou anhydre donc il faut calculer la masse des deux acides possibles.
- 3.5. En déduire que le détartrant ne peut pas être de l'acide citrique monohydraté.
- 3.6. Déterminer le pourcentage massique d'acide citrique anhydre du détartrant et conclure sur la pureté du détartrant.

EXERCICE N°3 : LA COMMUNICATION CHEZ LES ANIMAUX (5 POINTS)

Contrairement aux êtres humains, la plupart des animaux ne communiquent pas par la parole. Cependant des attitudes, des émissions d'odeurs, de sons et de lumière leur permettent d'échanger des informations avec leurs congénères.

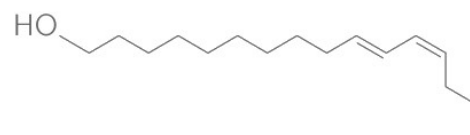
L'objectif de cet exercice est d'illustrer les communications olfactive et sonore dans le monde animal. Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.

1^{ère} partie : Des odeurs émises par des insectes

Données :

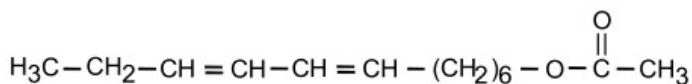
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- formule acide sulfurique : H_2SO_4

En matière de communication olfactive, le bombyx du mûrier (ver à soie) est un expert. La femelle libère des phéromones, comme par exemple le bombykol, que le mâle peut détecter jusqu'à des dizaines de kilomètres. Sa formule topologique est la suivante :



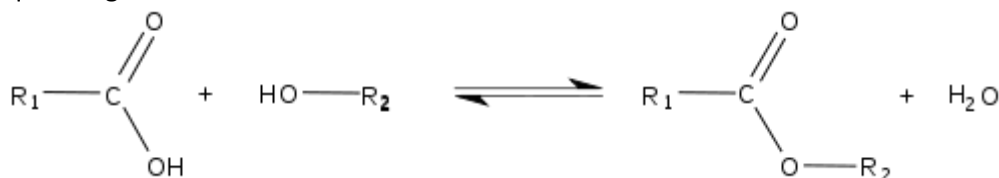
1. Le nom de cette molécule est (10E,12Z)-hexadéca-10,12-diène-1-ol.
 - a. Représenter sur votre copie, la formule semi-développée de cette molécule.
 - b. Représenter sur votre copie, en formule topologique, la molécule (10E,12E)-hexadéca-10,12-diène-1-ol

2. D'autres insectes utilisent les phéromones pour communiquer. On a représenté ci-contre la molécule de la phéromone de la chenille des plantes grimpances :



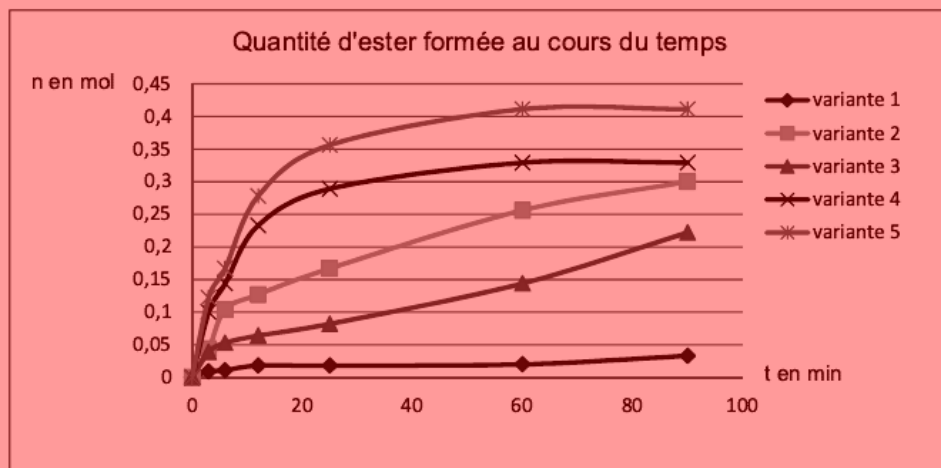
Cette phéromone (de masse molaire égale $224 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) persiste dans l'air un certain temps, ce qui facilite la localisation de l'insecte par ses congénères. L'insecte émet dans l'air entre 1 et 100 ng de phéromones, ce qui correspond à un nombre important de molécules. Cependant, il suffit de dix molécules de phéromone pour que l'odorat d'un congénère la détecte.

- 2.1. Montrer que cette molécule fait partie de la famille des esters.
- 2.2. Un insecte émet dans l'air une masse de phéromone égale à 22,4 ng. Calculer la quantité de matière correspondante, puis le nombre de molécules émises.
- 2.3. On estime qu'un congénère à proximité reçoit au moins une molécule sur un milliard émises. Ce congénère peut-il détecter cette phéromone ? Justifier la réponse.
3. On peut synthétiser cette molécule au laboratoire par une réaction d'estérification et l'utiliser également pour attirer ces insectes loin des plantes sans utiliser d'insecticide.
La réaction d'estérification consiste en la production d'un ester et d'eau à partir d'un alcool et d'un acide carboxylique. L'équation générale de cette réaction est :



3.1. Représenter la formule semi-développée de l'acide carboxylique utilisé lors de la synthèse par estérification de la phéromone de la chenille des plantes grimpantes. Nommer cet acide.

3.2. Cette transformation chimique étant lente, on souhaiterait augmenter la vitesse de réaction. Plusieurs variantes de cette estérification ont été proposées. Les résultats expérimentaux obtenus sont représentés sur le graphique suivant :



variante 1 : $\theta = 20^\circ\text{C}$ sans ajout d'acide sulfurique,
 variante 2 : $\theta = 20^\circ\text{C}$ et ajout d'une solution d'acide sulfurique,
 variante 3 : $\theta = 50^\circ\text{C}$ sans ajout d'une solution d'acide sulfurique,
 variante 4 : $\theta = 50^\circ\text{C}$ (avec ajout d'une solution d'acide sulfurique),
 variante 5 : $\theta = 50^\circ\text{C}$ avec ajout d'une solution d'acide sulfurique et excès d'alcool.

À la lecture du graphique, quels arguments permettent de justifier les affirmations suivantes :

- la température influence l'évolution temporelle d'une réaction chimique,
 - un catalyseur influence aussi cette évolution,
 - l'excès d'un réactif permet d'obtenir davantage d'ester.
- Une justification précise est attendue !

2^{ème} partie : Le son émis par les chauves-souris

Pour se diriger dans l'obscurité ou chasser des insectes, certaines chauves-souris ont développé un système de sonar fondé sur la production et la réception d'ultrasons : l'écholocation.

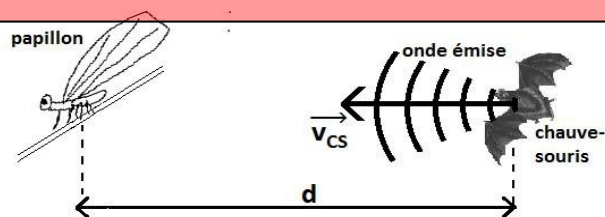


Schéma représentant une situation de chasse par une chauve-souris

Données :

- la fréquence sonore supposée émise par la chauve-souris est : $f_e = 50,0 \text{ kHz}$;
- vitesse de l'onde émise par la chauve-souris : $v_{\text{onde}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- la valeur de la célérité c de la lumière dans le vide ou dans l'air est supposée connue du candidat
- vitesse de la chauve-souris = V_{CS}

1. Onde émise par la chauve-souris

- 1.1. À quel domaine de fréquence appartient l'onde émise par la chauve-souris ?
- 1.2. Est-ce une onde mécanique ou électromagnétique ? Justifier.
- 1.3. Cette onde est-elle transversale ou longitudinale ? Justifier.
- 1.4. Déterminer la longueur d'onde de l'onde émise par la chauve-souris.

2. Vitesse de la chauve-souris

En utilisant l'effet Doppler, il est possible d'évaluer la vitesse v_{CS} d'une chauve-souris. Pour une chauve-souris se rapprochant d'un récepteur ultrasons, le dispositif mesure une fréquence f_r différente de la fréquence émise par la chauve-souris.

Données :

- pour un émetteur en mouvement se rapprochant d'un récepteur fixe, la relation due à l'effet Doppler entre f_e , fréquence émise par la source, et f_r , fréquence reçue par le récepteur, est donnée par :
- fréquence mesurée par le récepteur $f_r = 50,8 \text{ kHz}$;

$$f_r = f_e \times \frac{v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} - v_{\text{émetteur}}}$$

- 2.1. Montrer que la valeur de la vitesse de la chauve-souris V_{CS} est proche de $19 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.
- 2.2. Comparer v_{onde} et v_{CS} . Expliquer en quoi ce résultat est important pour le déplacement ou la chasse de la chauve-souris.