

Les tilapias sont produits dans de nombreux pays comme la Chine et l'Égypte (3,7 millions de tonnes en 2014 source FAO fish stat). C'est un poisson d'eau douce qui supporte mal un taux de salinité supérieur à 5 g.L^{-1} .



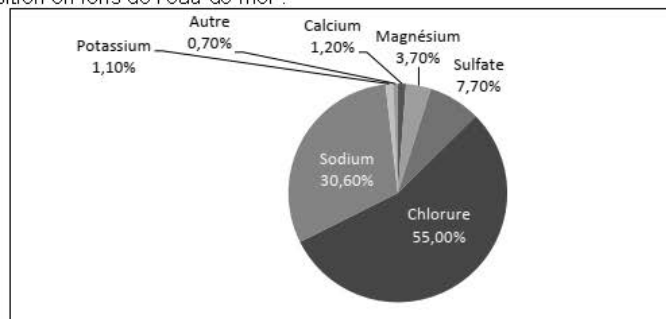
L'objectif de cet exercice est de savoir si l'augmentation de la salinité dans le delta d'un fleuve, due à l'élévation du niveau de la mer, permet encore l'élevage de ces poissons.

Données à 25°C :

- masse molaire atomique du chlore $M = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$
- conductivité molaire ionique de quelques ions :

Ions	Argent Ag^+	Chlorure Cl^-	Nitrate NO_3^-	Sodium Na^+
Conductivité molaire ionique $\lambda \text{ (S.m}^2\text{.mol}^{-1}\text{)}$	$6,1 \times 10^{-3}$	$7,6 \times 10^{-3}$	$7,1 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-3}$

- composition en ions de l'eau de mer :



Composition des ions présents dans l'eau de mer en pourcentage massique

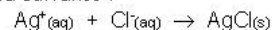
- la salinité S de l'eau de mer est la masse des ions dissous dans un litre d'eau de mer ;
- les proportions relatives des principaux ions sont pratiquement constantes dans l'eau des mers et des océans. Par conséquent, le titrage de l'un d'eux donne la teneur des autres et permet ainsi de déterminer la salinité. D'après la loi de Dittmar, la salinité S est proportionnelle à la concentration massique en solution des ions chlorure C_m : elle est donnée par l'expression $S = 1,80 \times C_m$

Pour déterminer la concentration molaire en ions chlorure de l'eau du delta, on réalise un titrage suivi par conductimétrie.

On dilue 10 fois l'eau de mer. La solution obtenue est notée S_0 .

On dose un volume $V_0 = 20,0 \text{ mL}$ de la solution S_0 placé dans un erlenmeyer. On ajoute 180 mL d'eau distillée. On titre par une solution aqueuse de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$)_{aq} de concentration molaire $C = 8,6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

La réaction support de titrage est la suivante :



On suppose qu'aucun autre ion présent dans l'eau de mer ne réagit avec les ions Ag^+ .

On obtient la courbe représentative de la conductivité σ en fonction du volume V de la solution aqueuse de nitrate d'argent versé représentée en **figure 1**.

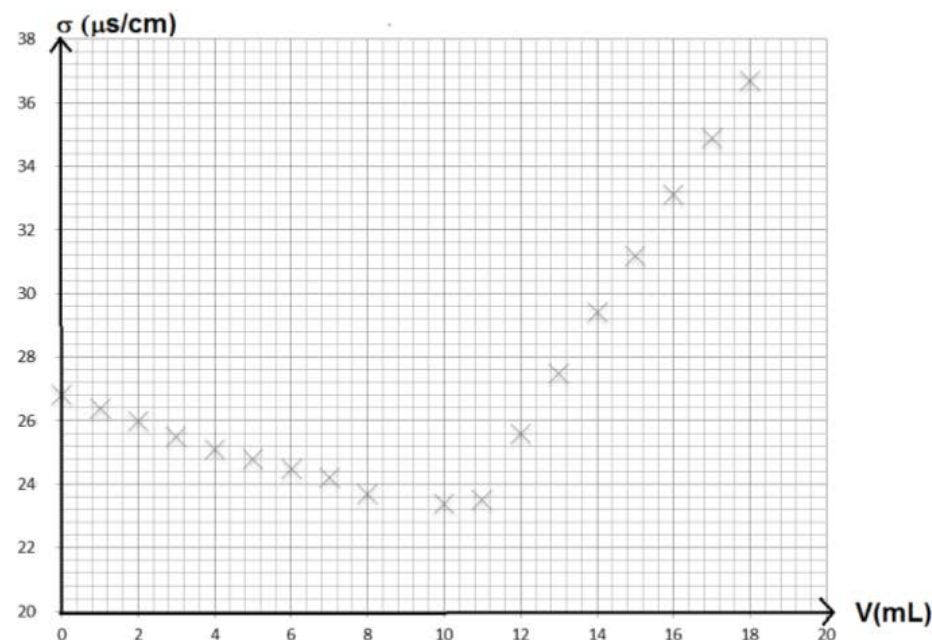


Figure 1 : conductivité σ en fonction du volume V de la solution aqueuse de nitrate

1. Faire un schéma légendé du dispositif expérimental permettant de réaliser le titrage.
2. Expliquer le fait que la conductivité de la solution S_0 avant le titrage n'est pas nulle.
3. En explicitant votre démarche, indiquer qualitativement comment évoluent les quantités de matière en ions argent Ag^+ , en ions nitrate NO_3^- , en ions chlorure Cl^- et en ions sodium Na^+ dans l'erlenmeyer, avant et après l'équivalence. En considérant la variation de volume dans l'erlenmeyer négligeable au cours du titrage, expliquer l'allure de la courbe.
4. Citer deux caractéristiques nécessaires pour la réaction support de titrage.
5. Peut-on continuer l'élevage des tilapias dans les eaux de ce delta ?

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti.

EXERCICE 1

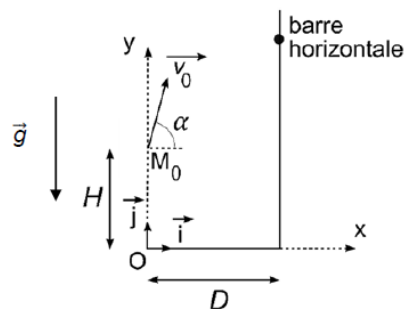
UN SPORT TRADITIONNEL : LE LANCER DE GERBE DE PAILLE

Le lancer de gerbe de paille est une activité sportive, issue du domaine agricole, qui se pratique aujourd'hui en compétition. Le but du jeu est de lancer, à l'aide d'une fourche, une gerbe de paille, assimilable à un parallélépipède rectangle de longueur 0,60 m, de largeur 0,40 m et d'épaisseur 0,40 m, au-dessus d'une barre horizontale placée à une hauteur bien précise.



A. Étude du lancer

On modélise la situation en compétition de la manière suivante :



Les échelles de longueur ne sont pas respectées sur le schéma.

- La gerbe de paille de masse $m = 7,257 \text{ kg}$ est assimilée à un point matériel M, correspondant au centre masse.
- À l'instant initial, M se trouve au point M_0 tel que $OM_0 = H = 2,80 \text{ m}$.
- Le lanceur se trouve à la distance $D = 2,0 \text{ m}$ de la base des supports de la barre horizontale.
- L'étude débute à $t = 0$ quand la gerbe de paille vient de quitter la fourche (au point M_0) avec une vitesse initiale représentée par le vecteur vitesse \vec{v}_0 incliné d'un angle $\alpha = 80^\circ$ par rapport à l'horizontale. La valeur de la vitesse initiale est $v_0 = 9,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- On suppose que la trajectoire de M s'effectue dans le plan xOy.
- La barre horizontale est à une hauteur de 4,50 m par rapport au sol.
- L'action de l'air est négligée.
- Le champ de pesanteur, considéré comme uniforme, vaut $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

On étudie le mouvement de M dans le référentiel terrestre dont le repère xOy est défini sur le schéma introductif.

A.1. Utiliser la deuxième loi de Newton pour déterminer les coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération de M.

A.2. Montrer que les équations horaires du mouvement de M s'expriment sous la forme :

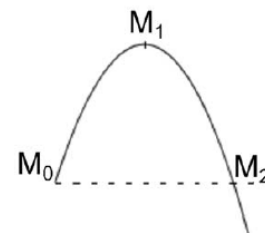
$$x(t) = v_0 \cdot t \cdot \cos \alpha$$

$$y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + v_0 \cdot t \cdot \sin \alpha + H$$

A.3. En déduire l'équation de la trajectoire $y(x)$ de M.

A.4. À l'aide d'une analyse quantitative, indiquer si la gerbe de paille franchira, ou pas, la barre horizontale.

On s'intéresse à trois positions particulières de M sur sa trajectoire parabolique : la position initiale M_0 , le point M_1 au sommet de la trajectoire et le point M_2 à la même hauteur que M_0 par lequel passe M lors de la phase descendante du mouvement.



L'énergie potentielle de pesanteur est choisie nulle au niveau du sol.

A.5. Calculer la valeur de l'énergie cinétique et celle de l'énergie potentielle de pesanteur du système en M_0 .

A.6. Indiquer par un raisonnement détaillé si chacune des trois propositions suivantes est vraie, ou fausse, lorsque l'on néglige l'action de l'air.

Proposition I : l'énergie mécanique est maximale en M_0 .

Proposition II : l'énergie cinétique est nulle en M_1 .

Proposition III : l'énergie cinétique en M_2 est inférieure à l'énergie cinétique en M_0 .

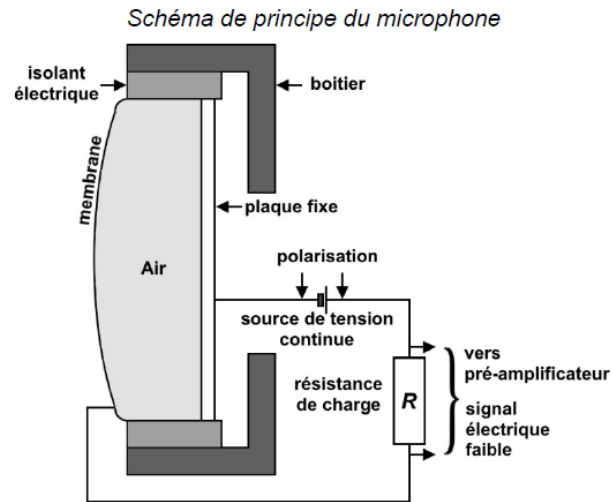
En réalité, l'action de l'air ne peut pas être négligée.

A.7. Indiquer par un raisonnement détaillé si chacune des trois propositions de la question A.6. reste vraie, ou fausse, lorsqu'on ne néglige plus l'action de l'air.

B. Le microphone de l'animateur

L'animateur de la compétition du lancer de gerbe de paille utilise un microphone relié à une enceinte acoustique par l'intermédiaire d'un amplificateur de puissance.

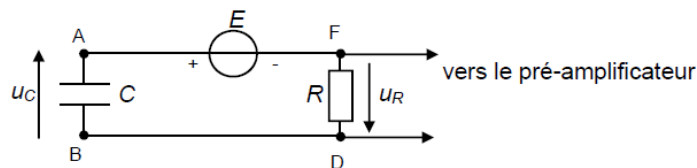
Le microphone utilisé lors de la compétition est un transducteur électroacoustique. Il permet de convertir un signal acoustique en un signal électrique.



Le condensateur présent dans le microphone est formé de deux armatures ; la première est constituée d'une membrane mobile en plastique recouverte d'une fine pellicule métallique, la seconde est constituée d'une plaque métallique fixe. Lorsque le microphone ne capte pas de son, la distance entre les deux armatures est de l'ordre de 15 à 25 μm .

En outre, pour fonctionner, le condensateur doit être chargé ; on insère donc une source de tension continue qui n'a pas d'effet sur le signal électrique de sortie envoyé vers le pré-amplificateur.

On modélise alors le microphone par le circuit électrique suivant :



Tension continue délivrée par la source idéale : $E = 48 \text{ V}$

Résistance du conducteur ohmique de charge : $R = 100 \times 10^6 \Omega$

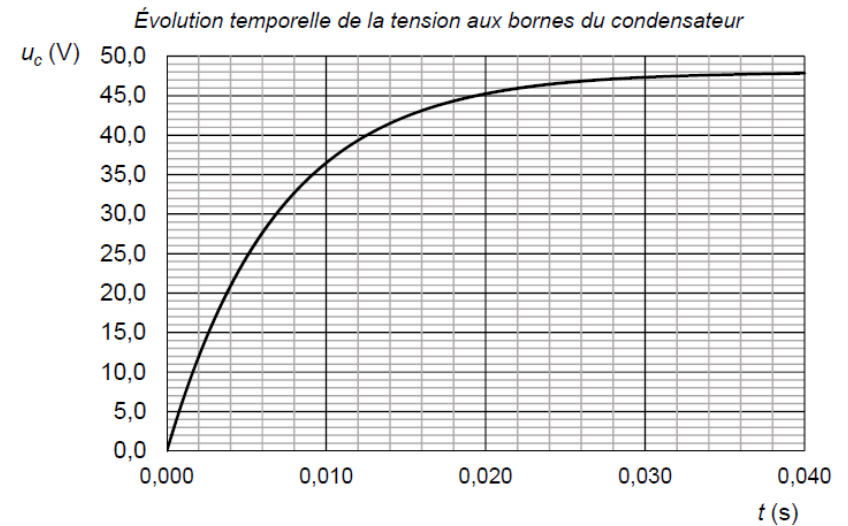
Capacité du condensateur : C

Pour fonctionner, le condensateur doit rester chargé. On étudie la phase de charge, le microphone ne captant pas de son.

B.1. Établir la relation entre la tension E aux bornes de la source de tension idéale, la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur et la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique.

B.2. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ lors de la charge est de la forme : $E = R \times C \times \frac{du_C(t)}{dt} + u_C(t)$.

Grâce à un dispositif approprié, on mesure la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur lors de sa charge. On obtient la courbe suivante.



Cette courbe peut être modélisée par une des trois fonctions mathématiques proposées ci-dessous :

Fonction 1 : $u_C(t) = E \times (1 - e^{-\frac{t}{R \times C}})$

Fonction 2 : $u_C(t) = E \times e^{-\frac{t}{R \times C}}$

Fonction 3 : $u_C(t) = E \times (1 - e^{-\frac{t}{R \times C}})$

B.3. En exploitant la courbe, indiquer par un raisonnement argumenté la fonction qui modélise la charge du condensateur.

B.4. Vérifier que la fonction retenue est solution de l'équation différentielle établie à la question **B.2.**

La capacité C d'un condensateur plan constitué de deux armatures métalliques de surface S en regard l'une de l'autre, séparées d'une distance d , est donnée par la relation $C = \varepsilon \cdot \frac{S}{d}$ avec ε la permittivité de l'air entre les deux armatures du condensateur. Pour le microphone étudié, le produit de la permittivité de l'air par la surface est : $\varepsilon \cdot S = 1,4 \times 10^{-15} \text{ F} \cdot \text{m}$.

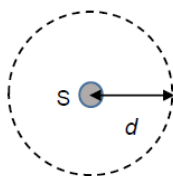
B.5. En exploitant la courbe et en explicitant le raisonnement, déterminer la valeur de la distance d séparant les deux armatures quand le microphone fonctionne mais qu'il ne capte pas de son.

Sous l'effet des ondes sonores émises par l'animateur, la membrane se déplace en entraînant une modification de la distance entre les deux armatures du condensateur. La tension de sortie envoyée vers le pré-amplificateur est alors l'image des ondes sonores captées par le microphone.

B.6. Justifier par un raisonnement détaillé l'évolution de la capacité du condensateur lorsque la distance séparant les deux armatures diminue.

C. L'enceinte

Une source S , émettant des ondes sonores de puissance P , est isotrope si elle émet la même quantité d'énergie dans toutes les directions. L'intensité sonore mesurée, notée I , dépend alors de la distance d à la source selon la relation : $I = \frac{P}{4\pi \cdot d^2}$ avec I en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; P en W et d en m .



Le niveau d'intensité sonore, noté L , est lié à l'intensité sonore par la relation :

$$L = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \text{ avec } L \text{ exprimé en dB, } I \text{ en } \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ et } I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}.$$

Le microphone est relié, par l'intermédiaire d'un amplificateur de puissance, à une enceinte.

L'intensité sonore mesurée à 1,0 m devant l'enceinte vaut : $I_1 = 3,2 \times 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

C.1. Calculer le niveau d'intensité sonore L_1 correspondant à l'intensité sonore I_1 .

La législation européenne indique les durées limites d'exposition journalière à ne pas dépasser à certains niveaux d'intensité sonore pour ne pas engendrer des traumatismes irréversibles :

L (dB)	86	92	95	101	107
Durée limite d'exposition	2 h/jour	30 min/jour	15 min/jour	4 min/jour	1 min/jour

C.2. Commenter le résultat de la question **C.1.** au regard de ces durées limites d'exposition journalière.

C.3. Montrer que la puissance P de l'enceinte est égale à $4,0 \times 10^{-2} \text{ W}$.

Les organisateurs de la manifestation sportive, d'une durée de 2 h, ont fixé à $2,0 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ la valeur maximale de l'intensité sonore perçue par les spectateurs.

C.4. Expliquer le choix des organisateurs de fixer à $2,0 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ la valeur maximale de l'intensité sonore perçue par les spectateurs.

Des barrières de sécurité entourent l'enceinte à 3,0 m de celle-ci, pour éviter que les spectateurs en soient trop proches.

C.5. Indiquer, par un raisonnement quantitatif, si la distance de sécurité entre les barrières et l'enceinte est suffisante pour respecter la valeur maximale de $2,0 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ choisie par les organisateurs.

EXERCICE A (5 points)
L'ACIDE LACTIQUE ET LE LACTATE D'ÉTHYLE

L'acide lactique, obtenu par fermentation du glucose par exemple, est à la base de nombreux dérivés utilisés dans l'industrie, proposant ainsi une alternative à la pétrochimie.

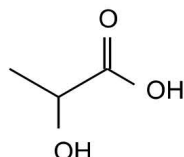
L'un de ces dérivés, le lactate d'éthyle, est un ester ; il est utilisé comme additif alimentaire, dissolvant pour vernis, dégraissant de pièces métalliques.

Données

Formule brute de l'acide lactique : $C_3H_5O_3$

Masse molaire de l'acide lactique : $M = 90,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masse topologique de l'acide lactique :



A. L'acide lactique ou acide 2-hydroxypropanoïque

A.1. Identifier et nommer les familles fonctionnelles présentes dans la molécule d'acide lactique.

A.2. Représenter la formule topologique de l'isomère de position de l'acide lactique.

On souhaite mesurer le pK_A du couple acide lactique/ion lactate.

L'équation de la réaction modélisant la transformation acido-basique entre l'acide lactique et l'eau est : $C_3H_5O_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons C_3H_4O_3^-(aq) + H_3O^+$

A.3. Identifier les deux couples acide-base mis en jeu dans cette transformation.

A.4. Montrer que la constante d'acidité K_A du couple de l'acide lactique peut s'exprimer sous la forme :

$$K_A = \frac{[H_3O^+]^2}{(C - [H_3O^+]) \cdot c^\circ}$$

avec C concentration en acide apporté et $c^\circ = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ la concentration standard.

On mesure le pH d'une solution aqueuse d'acide lactique, de concentration en acide apporté $C = 8,00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On obtient : $pH = 3,03$.

A.5. Calculer la concentration en quantité de matière d'ions oxonium H_3O^+ de cette solution.

A.6. Justifier que l'acide lactique n'est pas un acide fort.

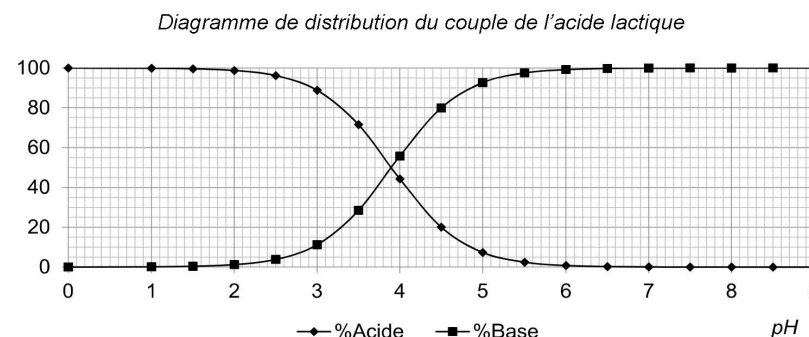
A.7. En déduire la valeur de la constante d'acidité K_A puis la valeur du pK_A .

On effectue une série de douze mesures du pH de la solution aqueuse d'acide lactique, de concentration en acide apporté $C = 8,00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Le traitement statistique des résultats de ces mesures aboutit à une valeur moyenne du pK_A , notée pK_{Am} , de 3,871667 avec une incertitude-type, notée $u(pK_A)$, de 0,026935.

A.8. Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat de la mesure pK_{Am} .

Le diagramme de distribution suivant du couple de l'acide lactique est construit en utilisant la valeur de référence $pK_{Aref} = 3,90$ du pK_A du couple de l'acide lactique.

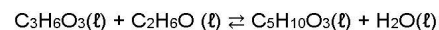


A.9. Expliquer et justifier la méthode permettant de retrouver sur le diagramme de distribution la valeur pK_{Aref} .

A.10. Comparer, en prenant appui sur un calcul, le résultat pK_{Am} de la mesure avec la valeur de référence pK_{Aref} .

B. Estérification de l'acide lactique

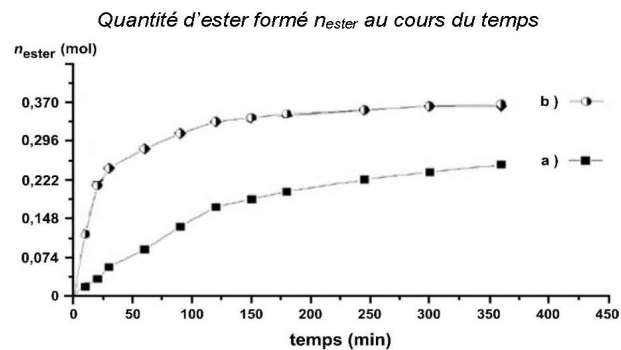
Le lactate d'éthyle peut être synthétisé à partir de l'acide lactique et de l'éthanol. L'équation de réaction d'estérification associée à cette transformation est la suivante :



Pour étudier l'influence de différents paramètres sur cette transformation, on fait réagir deux systèmes chimiques identiques de même volume mais dans des conditions différentes.

	Mélange initial	Protocole
Expérience (a)	0,741 mol d'acide lactique et 0,850 mol d'éthanol	Chauffage à reflux à 80°C
Expérience (b)	0,741 mol d'acide lactique, 0,850 mol d'éthanol et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré	Chauffage à reflux à 80°C

Par une succession de dosages à différents instants, on peut suivre l'évolution temporelle de la transformation. On obtient alors les deux courbes suivantes :



Source : D'après CNRS

On note V , le volume du milieu réactionnel, supposé constant.

- B.1. Exprimer la vitesse volumique v d'apparition de l'ester.
- B.2. En analysant qualitativement la courbe (b), indiquer l'évolution de la vitesse volumique v d'apparition de l'ester.
- B.3. Identifier le rôle joué par l'acide sulfurique.
- B.4. Indiquer, en argumentant, si pour l'expérience (a) l'état final est atteint au bout de 350 min.