

EXERCICE 1 : Circuits RL et RLC

L'objectif de cette étude est de retrouver expérimentalement la capacité d'un condensateur et l'inductance d'une bobine pour les comparer à celles données par le fabricant.

Le matériel disponible pour l'ensemble de cet exercice est le suivant :

une bobine d'inductance dont les indications du fabricant sont $L = 1,0 \text{ H}$ et $r = 10 \ \Omega$,

un condensateur dont l'indication du fabricant est $C = 10 \ \mu\text{F}$,

un générateur de tension constante $E = 10 \text{ V}$,

un conducteur ohmique de résistance $R = 1,0 \text{ k}\Omega$,

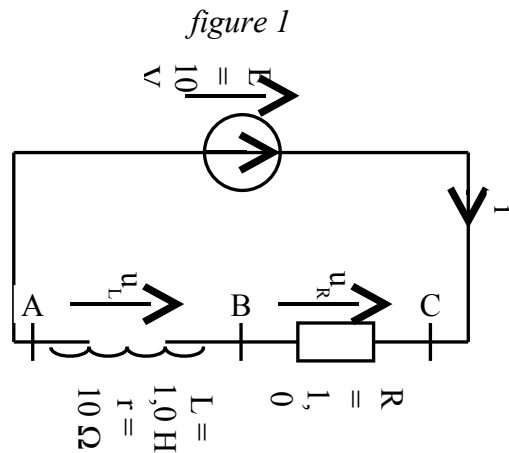
un interrupteur simple et un commutateur bipolaire,

des fils de connexion,

un système d'acquisition informatisé.

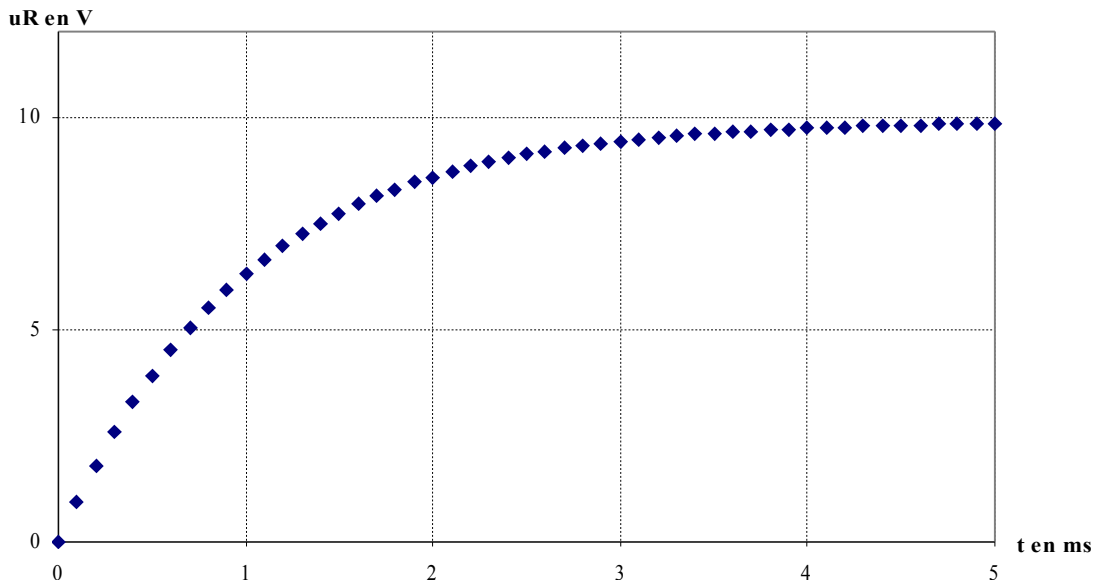
I. Étude expérimentale d'un circuit RL

Le schéma du montage réalisé est représenté sur la figure 1 (le système d'acquisition est connecté mais non représenté).



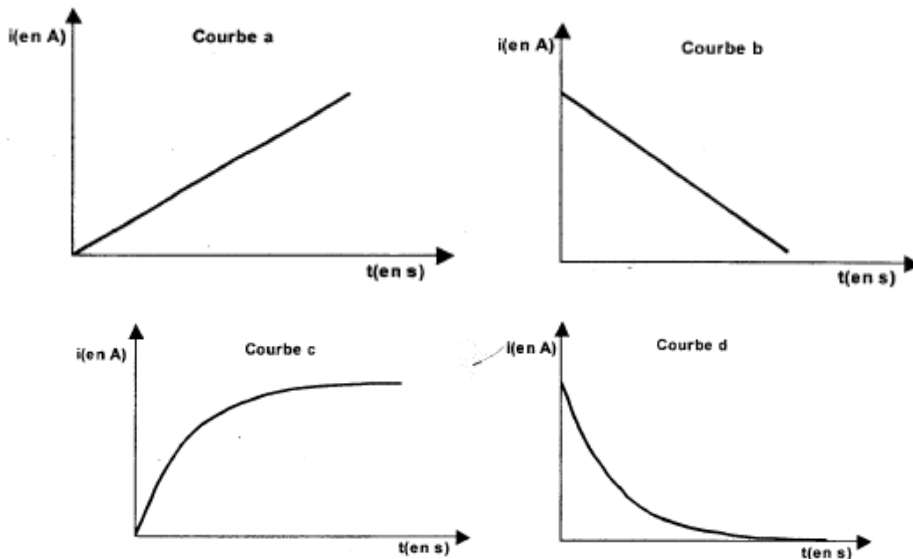
Une fois le paramétrage du système d'acquisition effectué, on ferme l'interrupteur à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ et on enregistre l'évolution de la tension aux bornes du conducteur ohmique de résistance R en fonction du temps. On obtient l'enregistrement représenté sur la figure 2.

figure 2



1. L'adaptateur du système d'acquisition s'utilise comme un voltmètre. Il possède deux bornes : COM et V. Préciser à quels points du circuit il faut relier ces bornes pour obtenir la courbe de la figure 2.

2. On donne différentes courbes susceptibles de représenter l'intensité du courant en fonction du temps. Choisir celle qui correspond à l'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps dans le circuit de la figure 1, après la fermeture de l'interrupteur. Justifier à partir de la courbe expérimentale donnée sur la figure 2.



3. Quelle est l'influence de la bobine sur l'établissement du courant lors de la fermeture du circuit ?

II. Modélisation et équation différentielle

1. Si l'on considère que la résistance r de la bobine est négligeable devant R , montrer que l'équation différentielle de ce circuit, interrupteur fermé, peut s'écrire sous la forme :

$$E = u_R(t) + \left(\frac{L}{R} \right) \frac{du_R(t)}{dt}$$

2. Le terme $\left(\frac{L}{R} \right)$ correspond à la constante de temps τ de ce circuit (dans lequel on a négligé r par rapport à R). Par une analyse dimensionnelle montrer que cette constante a la dimension d'un temps (ou durée).

3. On note $u_R(\tau)$ la valeur prise par u_R à l'instant de date $t = \tau$. Sachant que $u_R(\tau) = 0,63 \times (u_R)_{\max}$, avec $(u_R)_{\max}$, valeur maximale atteinte par la tension u_R , déterminer à partir du graphe de la figure 2 la valeur de la constante de temps τ de ce circuit.

4. En déduire la valeur de L et la comparer avec l'indication du fabricant.

III. Résolution numérique de l'équation différentielle par la méthode d'Euler

La méthode de résolution numérique d'Euler permet de trouver des couples de valeurs (t, u_R) qui vérifient l'équation différentielle du II.1. On rappelle que les couples de valeurs sont liés par la relation :

$$(u_R)_{t_{n+1}} = (u_R)_{t_n} + (\Delta u_R)_{t_n} \text{ avec } (\Delta u_R)_{t_n} = \left(\frac{du_R}{dt} \right)_{t_n} \cdot \Delta t \text{ et } t_{n+1} = t_n + \Delta t \text{ où } \Delta t \text{ est le pas}$$

de la méthode numérique

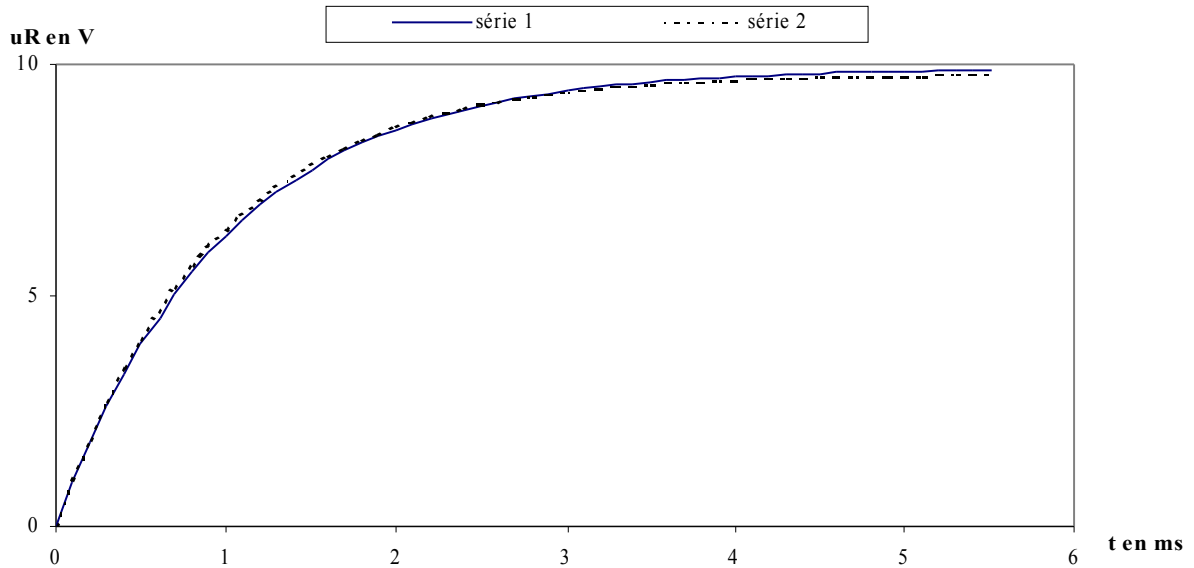
1. À partir de l'expression du II.1, exprimer $\frac{du_R}{dt}$ en fonction de u_R et des données.

2. La tension u_R est initialement nulle. Pour compléter progressivement le tableau de la figure 3 de l'annexe, en utilisant un pas de valeur $\Delta t = 1,0 \times 10^{-4}$ s, calculer, littéralement puis numériquement, $\frac{du_R}{dt}$ à la date $t = 0$ s puis $(u_R)_{\Delta t}$ à la date $t = \Delta t$, puis $\frac{du_R}{dt}$ à la date Δt puis $(u_R)_{2\Delta t}$ à la date $2\Delta t$.

Présenter tous les résultats numériques dans le tableau de la figure 3 à rendre avec la copie.

A l'aide d'un tableur grapheur on continue les calculs pas à pas jusqu'à $t = 5,5$ ms. Les valeurs calculées de $(u_R)_t$, par la méthode numérique d'Euler avec $\Delta t = 1,0 \cdot 10^{-4}$ s, sont portées sur le graphique de la figure 4 (série 1).. Sur la même figure, on porte aussi les valeurs expérimentales de $(u_R)_t$ que l'on nomme série 2.

figure 4

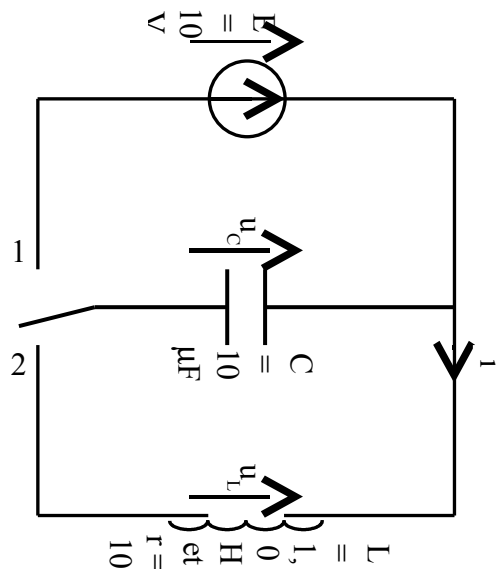


3. Quelle serait qualitativement l'influence d'une augmentation du pas de calcul Δt sur l'écart entre le nuage de points ainsi obtenu par la méthode d'Euler et la courbe expérimentale ?

IV. Etude du circuit oscillant

On réalise ensuite le montage correspondant au schéma de la figure 5.

figure 5

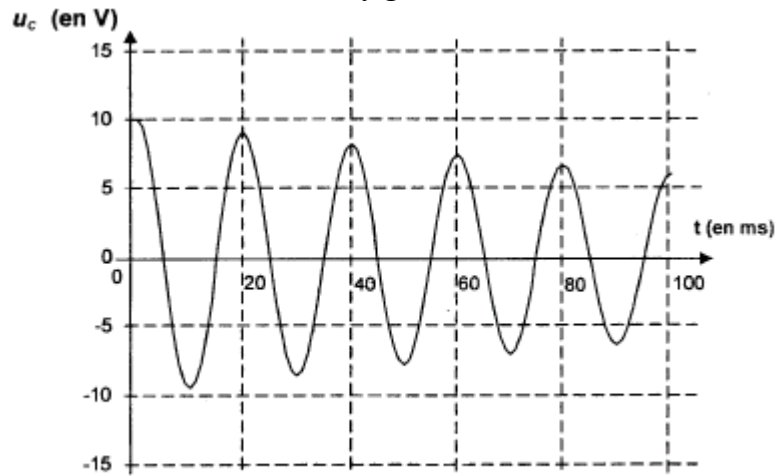


On place le commutateur en position 1 pour charger le condensateur puis on le bascule en position 2.

Avec le même système d'acquisition et de traitement qu'au 1, en adaptant le paramétrage, on enregistre la tension $u_c(t)$ dont le graphe est représenté sur la figure 6.

L'enregistrement débute à l'instant de date $t_0 = 0$ s qui correspond au basculement du commutateur en position 2.

figure 6



1. Comment peut-on expliquer la diminution d'amplitude des oscillations au cours du temps ?
2. Déterminer la valeur de la pseudo-période du signal.
3. Ici on peut considérer que la période propre et la pseudo-période ont la même expression.
En déduire la valeur de la capacité C du condensateur et comparer avec l'indication du fabricant. On donne $\pi^2 \approx 10$

EXERCICE 2 : les indicateurs colorés naturels de la cuisine à la chimie

La première utilisation d'un indicateur coloré pour les titrages acido-basiques remonte à 1767 par W. Lewis. Il employait un extrait de tournesol (...). On utilisait à l'époque des extraits de plantes qui changent de couleur avec l'acidité du milieu (...). On peut en citer quelques uns parmi les plus connus et les meilleurs : l'artichaut (...), la betterave rouge (...), le chou rouge, de loin l'extrait le plus intéressant car sa couleur change nettement suivant la valeur du pH comme l'indique le tableau ci-dessous.

pH	0 - 3	4 - 6	7 - 8	9 - 12	13 - 14
couleur	rouge	violet	bleu	vert	jaune

d'après Chimie des couleurs et des odeurs

I. Des indicateurs colorés en cuisine.

Le chou rouge est un légume riche en fibres et en vitamines, qui se consomme aussi bien en salade que cuit. Mais la cuisson du chou rouge peut réserver des surprises: chou rouge et eau de cuisson deviennent rapidement bleus. Pour rendre au chou sa couleur violette, on peut ajouter un filet de citron ou du vinaigre. Après avoir égoutté le chou, une autre modification de couleur peut surprendre le cuisinier, versée dans un évier contenant un détergent, l'eau de cuisson devient verte.

En utilisant les textes ci-dessus

1. Donner la propriété essentielle d'un indicateur coloré acido-basique.
2. Préciser le caractère acide ou basique du vinaigre et du détergent.

II. Des indicateurs colorés pour les titrages.

De nos jours, les indicateurs colorés sont toujours largement utilisés pour les titrages. La pH-métrie est une autre technique de titrage acido-basique qui permet en outre de choisir convenablement un indicateur coloré acido-basique pour ces mêmes titrages.

Dans la suite de l'exercice, on s'intéresse au titrage de l'acide éthanoïque de formule $\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H}$ (noté par la suite HA) contenu dans un vinaigre commercial incolore. La base conjuguée de cet acide sera notée A^- .

1. Dilution du vinaigre

Le vinaigre commercial étant trop concentré pour être titré par la solution d'hydroxyde de sodium disponible au laboratoire, on le dilue dix fois. On dispose pour cela de la verrerie suivante :

éprouvettes	5 mL	10 mL	25 mL	50 mL
pipettes jaugées	1,0 mL	5,0 mL	10,0 mL	20,0 mL
fiolles jaugées	150,0 mL	200,0 mL	250,0 mL	500,0 mL

Choisir dans cette liste la verrerie la plus appropriée pour effectuer la dilution. Justifier.

2. Réaction de titrage

On titre un volume $V_A = 10,0 \text{ mL}$ de la solution diluée de vinaigre par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$.

On ajoute un volume $V_{\text{eau}} = 60 \text{ mL}$ afin d'immerger les électrodes du pH-mètre après agitation.

Le suivi pH-métrique de la transformation permet de construire la courbe de la figure 7 fournie dans l'annexe, à rendre avec la copie.

Cette partie a pour but de vérifier que la transformation associée à la réaction de titrage est totale.

Pour cela, on déterminera son taux d'avancement final pour un volume $V_B = 6,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé.

donnée : produit ionique de l'eau à 25°C $K_e = 10^{-14}$

- a. Ecrire l'équation associée à la réaction de titrage.
- b. Pour $V_B = 6,0 \text{ mL}$, déterminer le réactif limitant.
- c. Pour $V_B = 6,0 \text{ mL}$, déterminer l'avancement maximal x_{max} . On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

d. Après avoir relevé la valeur du pH du mélange obtenu, déterminer la quantité de matière d'ions hydroxyde restante après la transformation $n_f(\text{HO}^-)$ dans le volume total de mélange réactionnel.

e. Déterminer le taux d'avancement final et conclure.

3. Détermination par titrage de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté du vinaigre.

a. Déterminer graphiquement sur la figure 7, à rendre avec la copie, le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. Préciser la démarche utilisée.

b. Déterminer la valeur de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté c_A dans le vinaigre dilué et en déduire la valeur de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté c_0 du vinaigre commercial.

4. Retour historique ...

On souhaite réaliser un titrage colorimétrique de l'acide éthanoïque contenu dans le vinaigre dilué avec un des deux extraits naturels (artichaut et betterave rouge) utilisés au dix huitième siècle.

Pour chaque indicateur coloré, on considère que les teintes sont dues à la prédominance d'une espèce chimique, notée HA_{Ind} pour sa forme acide et A^-_{Ind} pour sa forme basique. Le pK_A des couples $\text{HA}_{\text{Ind}}/\text{A}^-_{\text{Ind}}$ sera noté pK_i .

On donne les valeurs des pK_i à 25°C : artichaut: $(\text{pK}_i)_1 = 7,5$ et betterave rouge : $(\text{pK}_i)_2 = 11,5$

	artichaut	betterave
pK_i	7,5	11,5
teinte pour HA_{Ind} dominant	incolore	rouge
teinte pour A^-_{Ind} dominant	jaune	jaune

a. En utilisant l'expression de la constante d'acidité K_i , montrer que la relation suivante est vérifiée :

$$\frac{[\text{A}^-_{\text{ind}}]_{\text{éq}}}{[\text{HA}_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = 10^{\text{pH} - \text{pK}_i}$$

On s'interroge sur les couleurs que prendrait le mélange réactionnel lors du titrage colorimétrique de l'acide éthanoïque en présence d'une petite quantité de l'un ou l'autre de ces extraits naturels.

b. La courbe pH-métrique montre que, pour $V_B = 9,8$ mL, le pH de la solution est voisin de 6,5 et que, pour $V_B = 10,1$ mL, il est voisin de 10,5.

Pour chaque extrait naturel et pour chacun de ces deux volumes V_B , déterminer la valeur du rapport $\frac{[\text{A}^-_{\text{ind}}]_{\text{éq}}}{[\text{HA}_{\text{ind}}]_{\text{éq}}}$ puis compléter la ligne correspondante du tableau de la figure 8 de l'annexe

à rendre avec la copie.

c. En déduire les couleurs observées dans chaque cas. Compléter la ligne correspondante du tableau de la figure 8 de l'annexe à rendre avec la copie.

d. Conclure sur l'indicateur coloré le plus adapté pour ce titrage.

e. Pourquoi faut-il choisir un vinaigre incolore pour ce type de titrage ?

EXERCICE 3 : les sons chez les dauphins

Beaucoup d'animaux tels que les dauphins, les éléphants, et les chauve-souris utilisent des « sons » pour communiquer entre eux, chasser leur proie ou pour se localiser. Le cas des dauphins est particulièrement intéressant étant donné leur capacité à utiliser ce mode de « langage » presque à l'égal des humains comme le disent certains scientifiques.

I. Généralités sur les sons

Un son est un phénomène physique lié à la transmission d'un mouvement vibratoire. Tout objet susceptible de vibrer peut générer un son aussi longtemps que les vibrations sont entretenues. Pour entendre un son, il faut que les vibrations soient transportées jusqu'au récepteur par un milieu, par exemple l'air mais aussi les liquides et les solides. Les molécules du milieu qui reçoivent une impulsion sont mises en mouvement dans une certaine direction. Elles rencontrent d'autres molécules qu'elles poussent devant elles en formant ainsi une zone de compression. A la compression succède une détente et ainsi de suite : il s'établit alors une série d'oscillations qui se transmettent de proche en proche.

1. Définir une onde mécanique

2. Un modèle permettant d'étudier la propagation des sons consiste à découper le milieu de propagation en tranches identiques susceptibles de se comprimer et de se détendre. On fait correspondre à chaque tranche un chariot et un ressort comme le montre la figure 8.

figure 8

Une brève impulsion sur le premier chariot permet de simuler la propagation d'une onde.

a. D'après le modèle, l'onde sonore est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier la réponse.

b. De quelle propriété du milieu, modélisée par le ressort, la célérité d'une onde mécanique dépend-elle ?

II. Le biosonar des dauphins: écholocalisation

Le dauphin est un mammifère de la famille des cétacés. Il perçoit, comme l'homme, les sons ayant une fréquence de 20 Hz à 20 kHz. Il est aussi capable d'émettre et de capter des ultrasons lui permettant de se localiser par écho grâce à un sonar biologique.

1. A quelles fréquences se situent les ultrasons ?

2. Pour étudier expérimentalement les ultrasons produits par les dauphins, on dispose d'un émetteur et de deux récepteurs à ultrasons que l'on place dans un récipient rempli d'eau. L'émetteur génère une onde ultrasonore progressive et sinusoïdale. Un oscilloscope permet d'enregistrer les signaux détectés par chaque récepteur séparé d'une distance d égale à 12 mm, le récepteur 1 étant le plus proche de l'émetteur. On obtient l'oscillogramme de la figure 9 ci-après.

figure 9

- a. Déterminer la fréquence des ondes ultrasonores émises.
- b. Quel est le retard que présente la détection des ondes au niveau du récepteur 2 par rapport au récepteur 1, sachant que ce retard est inférieur à la périodicité temporelle. En déduire la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau.

c. Définir puis calculer la longueur d'onde des ondes ultrasonores dans l'eau.

Les dauphins n'émettent pas des ultrasons en continu mais des salves ultrasonores très brèves et puissantes appelées « clics ». Ces clics sont émis par séries formant un large faisceau appelé « trains de clics ». La durée d'un train de clics et le nombre de clics contenus dans le train dépendent de leur fonction : localisation du dauphin ou recherche de nourriture.

On suppose que les clics d'un même train sont émis à intervalles de temps réguliers et ont la même fréquence.

3. La figure 10 ci-dessous est un exemple de clic. La figure 11 représente le train de clics correspondant où les clics sont représentés par des traits verticaux.

figure 10

figure 11

- a. Comparer la durée totale d'un clic et la durée entre deux clics d'un train.
 - b. Justifier la représentation d'un train de clics (figure 11).
4. Afin de se localiser, le dauphin émet d'autres clics de fréquence 50 kHz et de portée de plusieurs centaines de mètres. Ces clics, espacés de 220 ms se réfléchissent sur le fond marin ou les rochers et sont captés à leur retour par le dauphin. La perception du retard de l'écho lui fournit des informations concernant l'aspect du fond marin ou la présence d'une masse importante (bateau ou nourriture).

La célérité des ultrasons dans l'eau salée à 10 m de profondeur est de 1530 m/s.

a. La figure 12, ci-après, montre, pour un même train, les clics émis et reçus par écho.

Déterminer l'intervalle de temps Δt séparant l'émission d'un clic et la réception de son écho, sachant que ce retard est inférieur à la durée entre deux clics.

b. En déduire la distance H à laquelle se trouve le dauphin du fond marin.

figure 12

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

figure 3

date	valeur de $(u_R)_t$ en V	valeur de $\left(\frac{du_R}{dt}\right)_t$
$t_0 = 0 \text{ s}$	$(u_R)_0 = 0$	$\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t_0} =$
$t = \Delta t$	$(u_R)_{\Delta t} =$	$\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{\Delta t} =$
$t = 2 \Delta t$	$(u_R)_{2\Delta t} =$	

figure 7

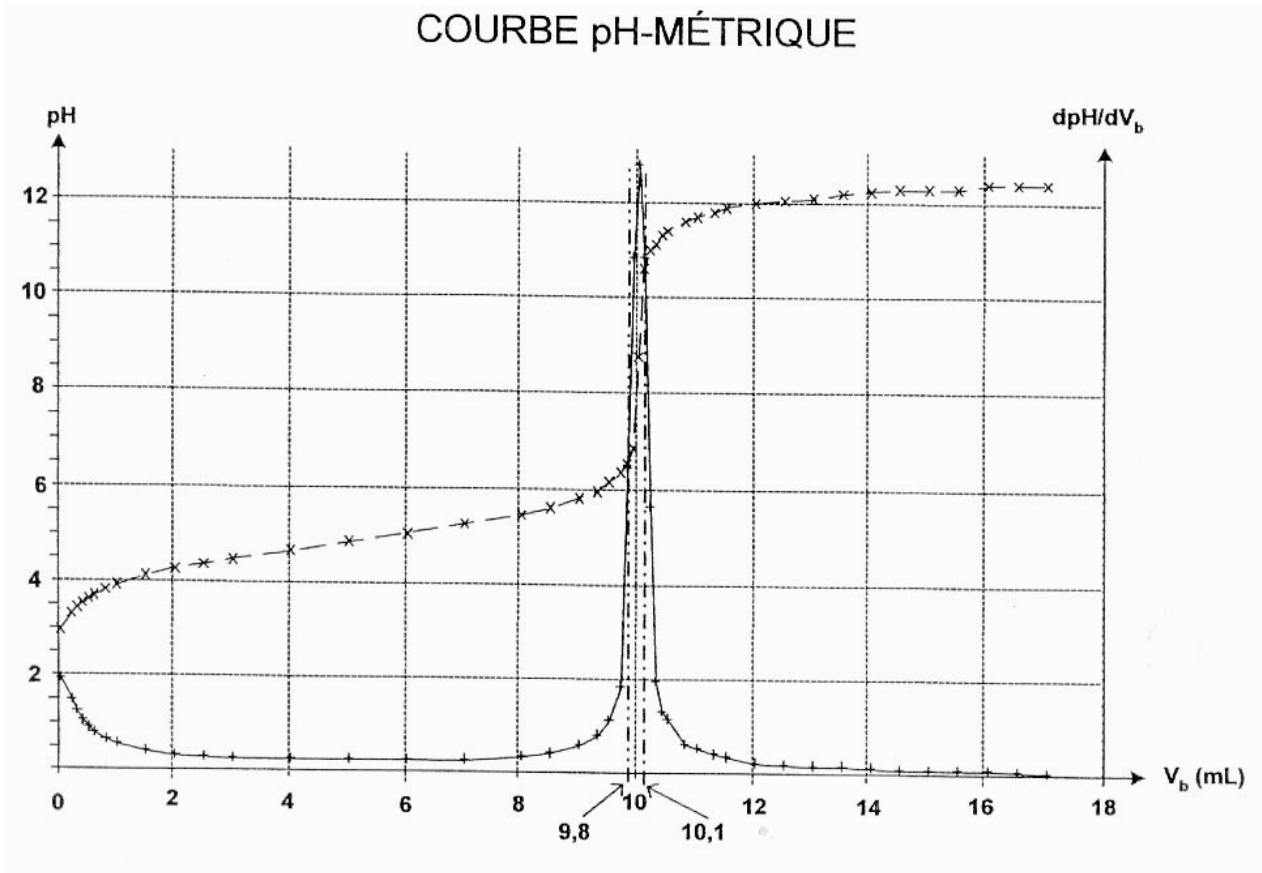


figure 8

	artichaut		betterave	
	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$
$\frac{[A^-]_{\text{eq}}}{[HA]_{\text{eq}}}$				
couleur				

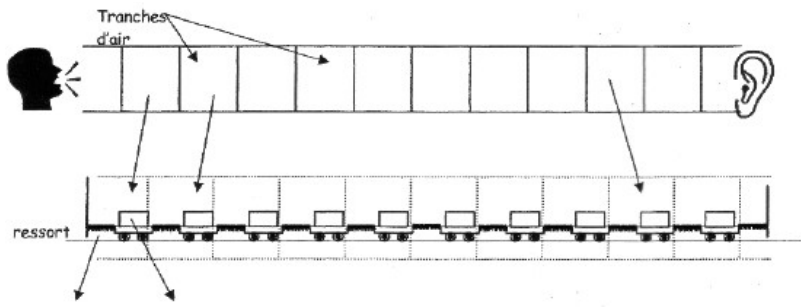


Figure 3: un

