

On dispose au laboratoire d'un flacon contenant une solution aqueuse S d'acide carboxylique, de concentration en soluté $C = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

L'acide carboxylique est noté R-COOH avec R représentant un atome d'hydrogène ou un groupe d'atomes. On se propose d'étudier cet acide.

Aide aux calculs :

$10^{-6,9} \approx 1,3 \times 10^{-7}$	$10^{-5,4} \approx 4,0 \times 10^{-6}$	$10^{-3,4} \approx 4,0 \times 10^{-4}$	$10^{-1,4} \approx 4,0 \times 10^{-2}$	$10^{-0,9} \approx 1,3 \times 10^{-1}$
$10^{6,9} \approx 7,9 \times 10^6$	$10^{5,4} \approx 2,5 \times 10^5$	$10^{3,4} \approx 2,5 \times 10^3$	$10^{1,4} \approx 2,5 \times 10^1$	$10^{0,9} \approx 7,9$

1. Réaction de l'acide avec l'eau

- 1.1. Définir un acide selon Brönsted.
- 1.2. Ecrire l'équation de la réaction de l'acide carboxylique avec l'eau.

2. Taux d'avancement de la réaction

Le pH de la solution S est de 3,4.

- 2.1. Déterminer la concentration des ions oxonium dans la solution S.

On s'intéresse maintenant à la détermination du taux d'avancement.

- 2.2. En considérant un volume $V = 1,00 \text{ L}$ de solution aqueuse de l'acide, de concentration molaire en soluté apporté C , compléter le tableau d'avancement donné en annexe de la réaction de l'acide en fonction de C , V , x_{max} et x_f . On note x_f l'avancement à l'état d'équilibre et x_{max} l'avancement de la réaction supposée totale.
- 2.3. Définir le taux d'avancement final τ de la réaction de l'acide avec l'eau et l'exprimer en fonction du pH de la solution et de la concentration molaire C .
- 2.4. En déduire la valeur numérique du taux d'avancement final de la réaction de cet acide avec l'eau. Conclure.

3. Effet de dilution

On dilue 10 fois la solution S d'acide carboxylique pour obtenir une solution S'.

- 3.1. Indiquer la verrerie à utiliser pour préparer avec précision au laboratoire 100 mL de la solution S'. La mesure du pH de la solution S' donne 3,9.
- 3.2. Calculer la nouvelle valeur du taux d'avancement final τ' pour cette solution diluée 10 fois.
- 3.3. Quel est l'effet de la dilution sur le taux d'avancement final et sur la dissociation de l'acide dans l'eau ?

4. Identification de l'acide carboxylique :

- 4.1. Donner l'expression de la constante d'acidité K_A du couple R-COOH_(aq) / R-COO⁻_(aq).
- 4.2. Montrer qu'à partir de l'expression de la constante d'acidité K_A , on peut écrire :

$$\text{pH} = \text{p}K_A + \text{Log} \frac{[\text{R-COO}^-]_f}{[\text{R-COOH}]_f}$$

On trace la courbe $\text{pH} = f \left(\text{Log} \frac{[\text{R-COO}^-]_f}{[\text{R-COOH}]_f} \right)$

- 4.3. En utilisant cette courbe donnée en **annexe document 2**, déterminer le $\text{p}K_A$ de l'acide carboxylique en justifiant votre réponse.

A l'aide des données de $\text{p}K_A$ ci-contre identifier la nature de l'acide carboxylique R-COOH.

Couple acide / base	$\text{p}K_A$
HCl ₂ C-COOH / HCl ₂ C-COO ⁻	1,3
H ₂ CIC-COOH / H ₂ CIC-COO ⁻	2,9
H-COOH / H-COO ⁻	3,8
H ₃ C-COOH / H ₃ C-COO ⁻	4,8

5. Vérification de la concentration de l'acide carboxylique

On souhaite vérifier la concentration de l'acide carboxylique indiquée sur le flacon : $C_A = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

On dose pour cela un volume $V_A = 20,0 \text{ mL}$ de solution de l'acide carboxylique avec une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(aq)}, \text{HO}^-_{(aq)}$) de concentration C_B qu'il va falloir choisir.

On notera V_{BE} le volume de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.

- 5.1. Ecrire l'équation de la réaction de l'acide avec la solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(aq)}, \text{HO}^-_{(aq)}$).
- 5.2. Définir l'état d'équivalence.
- 5.3. Compléter le tableau d'avancement n°2 fourni dans l'annexe et établir une relation entre C_A , V_A , C_B et V_{BE} à l'équivalence.
- 5.4. Quelle concentration de solution d'hydroxyde de sodium faut-il choisir parmi la liste ci-dessous pour avoir un volume équivalent proche de 10 mL ? Justifier votre choix.

On dispose au laboratoire de solution d'hydroxyde de sodium de concentration :

- $C_1 = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$,
- $C_2 = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- et $C_3 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

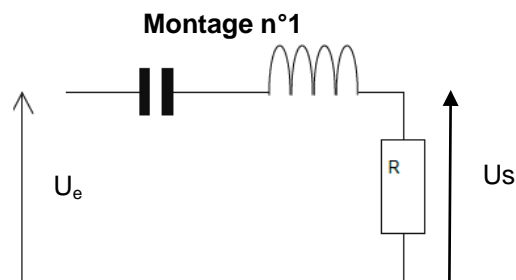
- 5.5. Déterminer les coordonnées du point équivalent E sur la courbe $\text{pH} = f(V_B)$ du document 4 en annexe, en indiquant la méthode utilisée.
- 5.6. Quel indicateur coloré faut-il choisir dans la liste ci-dessous si on voulait réaliser un dosage colorimétrique. Justifier votre réponse.

Nom de l'indicateur coloré	Zone de virage
Thymolphtaléïne	9,4 – 10,6
Phénolphtaléïne	8,2 - 10
Bleu de bromothymol	6 – 7,6
Vert de bromocrésol	3,8 – 5,4

Exercice II **Les éléments d'un filtre passe-bande** **8 points**

Les circuits RLC peuvent être utilisés comme filtre passe-bande dans les micros (pour supprimer les bruits parasites), sur les téléviseurs (permet de laisser passer les signaux TV mais atténue fortement, jusqu'à 10 fois, les signaux FM, CB et radio amateur qui perturbent les émissions TV) ...

Le montage correspondant au filtre passe-bande est donné ci-contre.



La tension U_e est le signal d'entrée et la tension U_s est la tension de sortie c'est à dire la tension filtrée.

On se propose dans cet exercice de chercher les caractéristiques des différents composants du circuit.

Les parties I, II et III sont indépendantes.

1. Etude du condensateur.

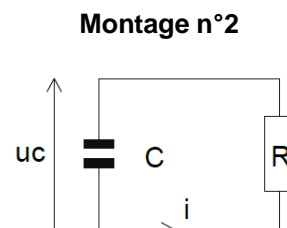
A l'aide d'un système d'acquisition et du montage adéquat, nous traçons la **courbe n°1 en annexe**.

- 1.1. Donner la relation liant la charge q du condensateur, la tension U_C à ses bornes et la valeur de la capacité C .
- 1.2. A partir de la **courbe n°1 en annexe**, déterminer la valeur C de la capacité du condensateur.

Toujours avec le système d'acquisition, relié au **montage n°1** représenté ci-contre, nous étudions la décharge du condensateur dans un conducteur ohmique de résistance $R = 1,0 \text{ k}\Omega$.

La **courbe n°2** représentant l'évolution de la tension aux bornes du condensateur $u_c(t)$ est donnée en annexe.

La constante de temps τ du circuit (R,C) est égale au produit RC.

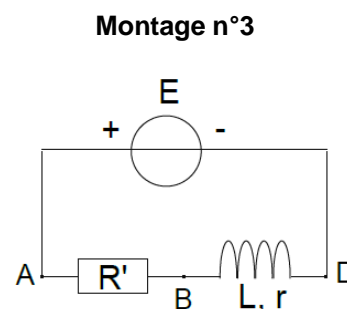


- 1.3. Montrer par analyse dimensionnelle que le produit RC a pour dimension un temps.
- 1.4. En expliquant la méthode graphique utilisée, déterminer la valeur de τ . Faire apparaître votre construction sur la courbe n°2 en annexe.
- 1.5. En déduire la valeur de C. Comparer cette valeur à celle obtenue à la question 1.2.
- 1.6. L'expression de $u_c(t)$ est $u_c(t) = A e^{-t/RC}$. En utilisant les données de la **courbe n°1**, déterminer la valeur de A.

2. Etude de la bobine.

Nous réalisons le **montage n°3** représenté ci-contre, avec un générateur fournissant une tension $E = 6,0 \text{ V}$ et un conducteur ohmique de résistance $R' = 10,0 \Omega$.

A l'aide du système d'acquisition, on obtient la **courbe n°3 en annexe** représentant l'évolution de l'intensité du courant $i(t)$ circulant dans le circuit.



2.1. Equation différentielle.

- 2.1.1. Sur le **montage 3 de l'annexe** à rendre avec la copie, interrupteur fermé, indiquer le sens conventionnel du courant électrique i , les tensions u_{AB} , u_{BD} et u_{AD} .
- 2.1.2. Donner les expressions de u_{AB} et u_{BD} en fonction de i et des caractéristiques des composants du circuit.
- 2.1.3. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant i est :

$$E = R_T i + L \frac{di}{dt} \quad \text{avec} \quad R_T = R' + r$$
- 2.1.4. La solution de cette équation différentielle est de la forme $i(t) = A(1 - e^{Bt})$. Déterminer les expressions de A et B en fonction des caractéristiques de ce circuit.

2.2. Régime permanent.

- 2.2.1. En utilisant **la courbe n°3**, déterminer la valeur de l'intensité I en régime permanent.
- 2.2.2. A partir de l'équation différentielle de la question 2.1.3, déterminer la valeur r de la résistance de la bobine.

2.3. Inductance de la bobine.

- 2.3.1. Donner l'expression de la constante de temps τ' du circuit (R',L).
- 2.3.2. En complétant **la courbe n°3** en annexe, déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ' , en précisant la méthode utilisée. En déduire la valeur de l'inductance de la bobine L.
- 2.3.3. Calculer l'énergie E_m dans la bobine lorsque le régime permanent est atteint.

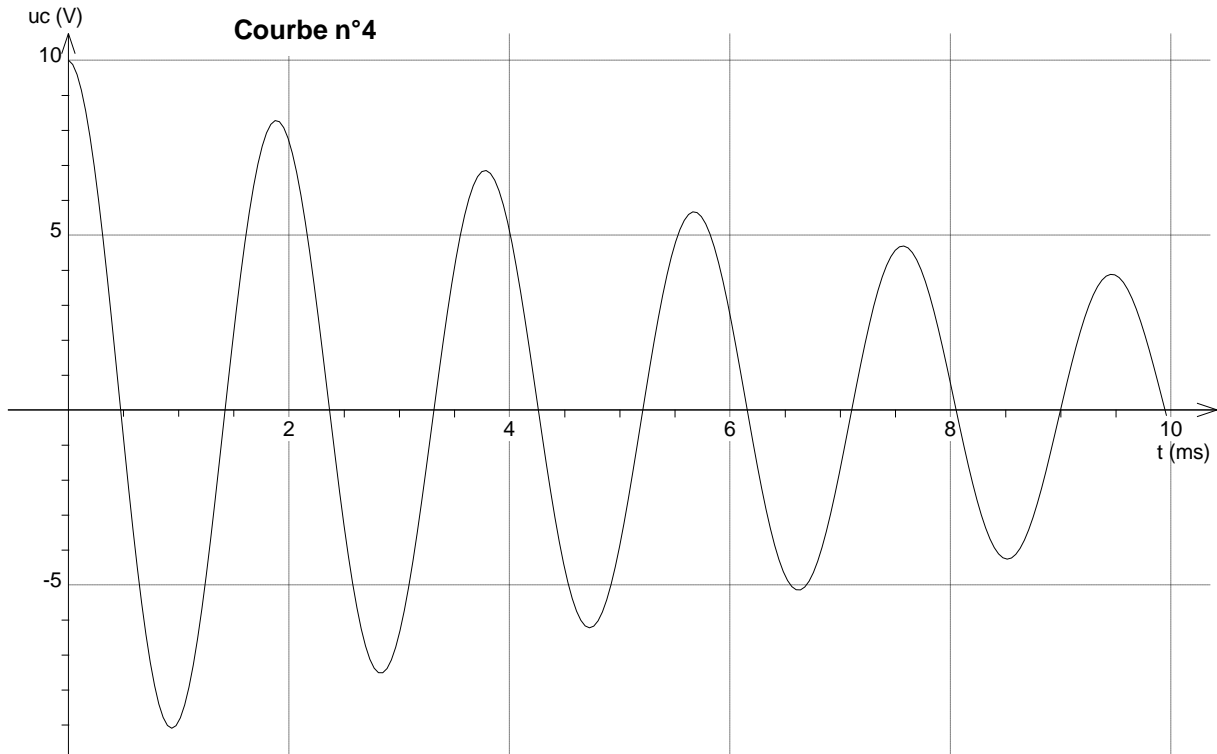
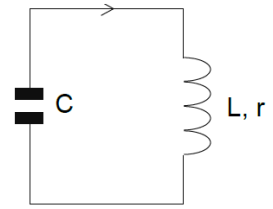
Aide au calcul : $(0,5)^2 = 0,25 = \frac{1}{4}$

3. Association (R, L, C)

Maintenant nous associons un condensateur de capacité $C = 1,5 \mu\text{F}$ préalablement chargé à une bobine d'inductance $L = 60 \text{ mH}$, comme sur le **montage n°4** ci-contre.

Avec le système d'acquisition, on obtient la **courbe n°4** représentant l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur.

Montage n°4



3.1. Pseudo-période

3.1.1. Donner l'expression de la pseudo période T_0 d'un circuit (L,C).

3.1.2. Calculer la valeur de cette pseudo période.

3.1.3. Indiquer une méthode graphique qui permettrait d'évaluer précisément cette pseudo-période à partir de la **courbe n°4**.

Aide au calcul : $2\pi \approx 6,3$

3.2. Etude énergétique

3.2.1. Calculer l'énergie électrique E_e emmagasinée par le condensateur à $t = 0$.

3.2.2. Donner l'expression de l'énergie totale E_T du circuit. Quelle est sa valeur à $t = 0$?

3.2.3. Comment peut-on expliquer la diminution de l'amplitude de la tension u_C au cours du temps ?

3.3. Entretien des oscillations

Pour entretenir les oscillations, on ajoute en série dans le circuit précédent un dispositif assurant cette fonction. On refait alors une acquisition informatisée de la tension u_C au cours du temps qui permet d'obtenir ensuite la **courbe n°5 en annexe**.

3.3.1. Quel est le rôle du dispositif ajouté au circuit ?

Sur la **courbe n°5 en annexe**, on a l'évolution de l'énergie E_e dans le condensateur en fonction du temps.

3.3.2. Tracer sur la **courbe n°5 en annexe** les variations de l'énergie magnétique E_m dans la bobine et de l'énergie totale E_T du circuit.

En astronomie, on cherche à observer les ondes électromagnétiques qui nous parviennent des étoiles. La lumière visible n'est qu'une petite partie du spectre étudié.

Par rapport aux autres lumières, les ondes radio se distinguent par leurs grandes longueurs d'onde. Pour cette raison, il est nécessaire de recourir à de grandes antennes appelées des radiotélescopes.

Parmi les exemples les plus connus, on peut citer le radiotélescope fixe d'Arecibo, qui a été construit en tapissant de plaques d'aluminium une cavité naturelle de 300 mètres de diamètre à Porto Rico. Ce radiotélescope étudie notre galaxie, les radiogalaxies, les pulsars, les astéroïdes du système solaire...

Donnée : célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

I. Les ondes électromagnétiques

Les ondes électromagnétiques couvrent l'ensemble du spectre depuis plus de 1 km de longueur d'onde jusqu'à quelques nanomètres.

1. Donner la relation entre la longueur d'onde λ , la célérité de la lumière c et la fréquence f de l'onde. Préciser les unités de chaque grandeur.
2. Rappeler les valeurs limites des longueurs d'ondes du domaine visible, et calculer les fréquences correspondantes.
3. Les radioastronomes s'intéressent aux ondes radio de 20MHz à 300 GHz. Calculer les longueurs d'onde correspondantes.
4. Ordonner qualitativement sur un axe horizontal les différents domaines des ondes électromagnétiques : radio, ultra-violet, infrarouge, et visible en fonction de leur longueur d'onde.

II. Le télescope du Mont Palomar

Le télescope du Mont Palomar situé en Californie n'est pas de toute première jeunesse, puisqu'il a été inauguré en 1947. Pourtant il vient d'ajouter à son palmarès la découverte d'une exoplanète géante, 6 fois plus grosse que Jupiter, qui tourne autour d'une étoile (VB 10) située dans la constellation de l'Aigle.

Le télescope du Mont Palomar est de type Newton : la lumière réfléchiée par le miroir principal est ensuite réfléchiée par un petit miroir secondaire.

Le miroir principal est parabolique mais nous ferons l'approximation qu'il s'agit d'un miroir sphérique, de diamètre $D = 5,0 \text{ m}$, de distance focale $f_1 = 16 \text{ m}$.

Le miroir secondaire est plan. Le diamètre apparent de l'astre observé est de $2 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$.

On rappelle que le grossissement d'un télescope est $G = \frac{f_1'}{f_2'}$

1. On considère un astre AB situé à l'infini. Où se formerait l'image A_1B_1 de l'astre en l'absence du miroir secondaire ? Quelle serait sa taille ?
2. Le miroir secondaire est situé à $d = 14 \text{ m}$ du sommet du miroir principal, et est incliné à 45° sur l'axe optique de celui-ci. Quelle est la position de l'image A_2B_2 de A_1B_1 donnée par ce miroir ? Construire cette image A_2B_2 sur la figure de l'annexe à rendre avec votre copie.

Echelle 1/100 sur l'axe horizontal (1 m est représenté par 1 cm)

3. Sur la figure en annexe, à rendre avec votre copie, compléter le tracé des 2 rayons lumineux représentés qui rentrent dans le télescope.

Préciser notamment ce qui se passe :

- après réflexion sur le miroir principal ;
- après réflexion sur le miroir secondaire.

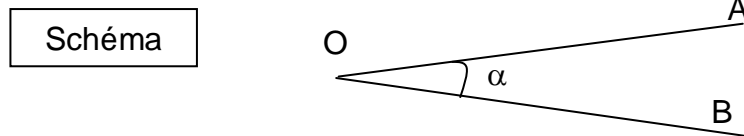
4. On veut observer cette image A_2B_2 à l'aide d'une lentille oculaire (L_2) de distance focale $f_2 = 0,50 \text{ m}$. Comment faut-il disposer cette lentille de manière à ce que l'image définitive $A'B'$ se forme à l'infini ?
5. Quel sera le diamètre apparent θ' de l'image de l'astre observé à travers ce télescope ? Justifier votre réponse.

III. Limite de résolution

Une qualité recherchée pour un instrument d'optique est sa capacité à discerner deux détails voisins, par exemple, séparer une étoile double, voir un cratère lunaire de petite dimension ou encore des détails planétaires subtils.

Les lois de l'optique géométrique font que deux points distincts A et B donnent deux images séparées. Mais différents phénomènes (dont la diffraction des ondes) entraînent que l'observateur O ne peut discerner deux images distinctes que si l'angle $\widehat{A\hat{O}B}$ est supérieur à l'angle α appelé limite de résolution.

A et B donnent pour l'observateur placé en O deux images distinctes.



On montre que pour des points à l'infini et un instrument dont le diamètre de l'objectif est D, la limite de résolution, exprimée en radians, pour une lumière de longueur d'onde λ (en mètres) vaut $\alpha = \frac{1,2 \lambda}{D}$.

1. Calculer la limite de résolution α_1 de l'œil humain nu pour une lumière de longueur d'onde $\lambda = 600 \text{ nm}$, sachant que la pupille a un diamètre de 2,4 mm.
2. Calculer la limite de résolution α_2 du télescope de Mont Palomar, de diamètre $D = 5,0 \text{ m}$, pour la même longueur d'onde.

Pour observer dans d'autres domaines spectraux que le visible, et notamment aux grandes longueurs d'onde, on a construit selon les mêmes principes des radiotélescopes.

Dans un cratère météoritique, à Arecibo dans l'île de Porto Rico, le grand radiotélescope possède un réflecteur (miroir principal) parabolique de diamètre 300 m.

3. Calculer la limite de résolution α_3 de ce radiotélescope pour une radiation électromagnétique de fréquence 500 MHz. Comparer le résultat à celui obtenu pour le télescope du Mont Palomar.