Devoir n°5 de Sciences Physiques – 4 heures

Exercice n°1

La phénylalanine et l'alanine (acide-2-aminopropanoique) appartiennent tous deux à une même famille des composés organiques.

1.
   1.1. Écrire leur formule semi-développée et donner le nom officiel de la phénylalanine.
   1.2. Quels sont les groupements fonctionnels caractéristiques de cette famille de composés organique, Donner le nom de cette famille.
   1.3. Vérifier que les deux molécules sont chirales puis représenter les deux configurations correspondant à chaque énantiomère de l'alanine en utilisant la représentation de Fischer.
2.
   2.1. On fait réagir du chlorure de méthanoyle sur la phénylalanine. Il se forme un composé organique A Ecrire équation-bilan de cette réaction.
   2.2. On prépare un compose organique B par action du méthanol sur l'alanine
      2.2.1. Donner la nature de cette réaction puis identifier B par sa formule semi-développée.
      2.2.2. Quels sont les inconvénients de cette réaction sur le plan de production industrielle ?
      2.2.3. On synthétise un composé organique C par action de B sur A. Ecrire l'équation bilan de la réaction puis donner les fonctions chimiques que renferme C tout en encadrant les groupements fonctionnels.
3. La décarboxylation de l'alanine donne un composé E.
   3.1. Donner la famille et le nom de E.
   3.2. On dissout $1,3.10^{-2}$ mol de E dans 1L d'eau pure et on obtient une solution de pH=11 à 25°C. Vérifier que E n'est pas totalement ionisé.
   3.3. Calculer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans la solution puis déduire le pKa du couple acide/base.

Exercice n°2

Les acides carboxyliques sont des substances chimiques que l'on retrouve dans des composés organiques naturels ou synthétiques.

On s'intéresse à l'étude d'une solution aqueuse d'acide propanoïque de formule C_2H_5-COOH.

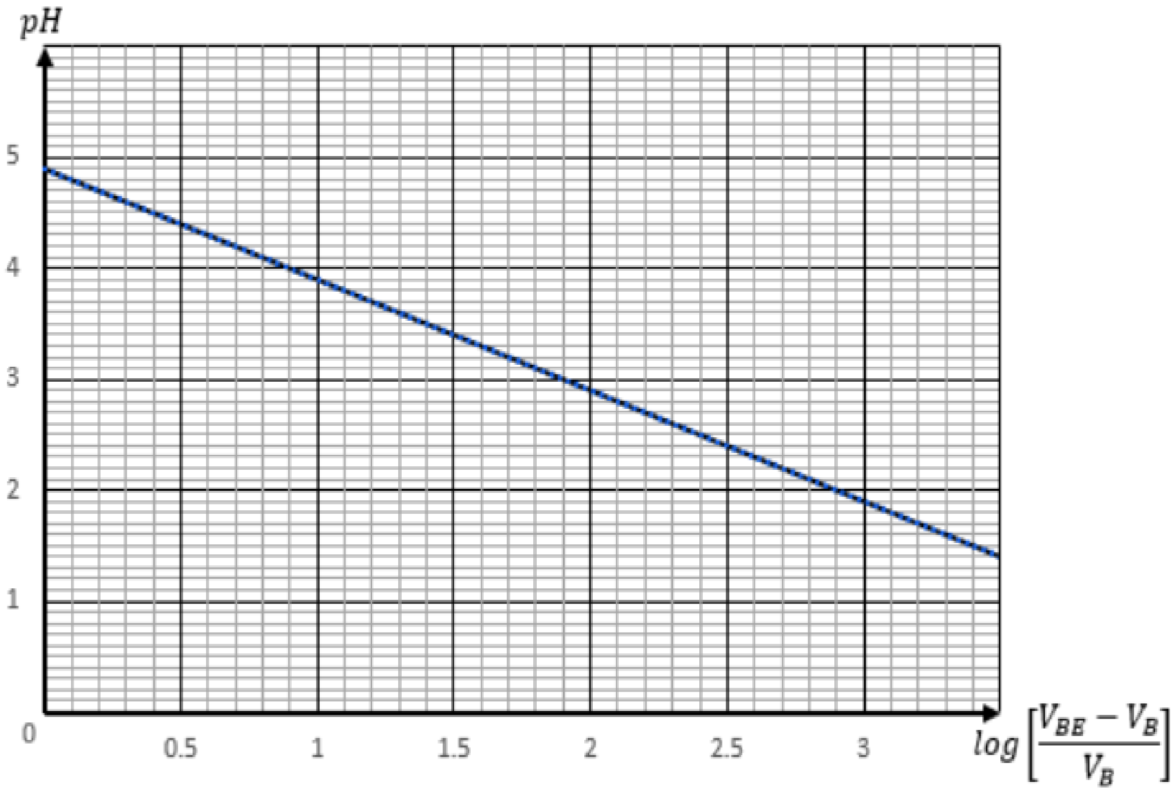
Données : pK_A (C_2H_5-COOH / C_2H_5-COO^-) = 4,9

1. On dispose d'une solution aqueuse d'acide propanoïque de concentration molaire C et de pH = 2,9.
   1.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'acide propanoïque avec l'eau.
   1.2. Exprimer le pH de la solution en fonction du pK_A du couple C_2H_5-COOH / C_2H_5-COO- et des concentrations des deux espèces chimiques C_2H_5-COOH et C_2H_5-COO- en solution.
   1.3. Montrer que le degré ou le coefficient de dissociation α de l'acide propanoïque dans cette solution peut s'écrire sous la forme : $\alpha = \frac{1}{1+10^{pK_A - pH}}$ Calculer sa valeur.
2. On prélève un échantillon de volume V_A d'une solution aqueuse d'acide propanoïque de concentration molaire C_A auquel on ajoute progressivement une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium de concentration molaire C_B. On suit les variations du pH du mélange réactionnel en fonction du volume V_B de solution d'hydroxyde de sodium ajouté. V_{BE} est le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre l'équivalence.
   A partir des mesures obtenues, on a tracé la courbe représentant les variations du pH du mélange en fonction de $log\left(\frac{V_{BE}-V_B}{V_B}\right)$ avec $V_B < V_{BE}$
   2.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre l'acide propanoïque et l'hydroxyde de sodium.
   2.2. Etablir, pour $V_B < V_{BE}$ l'expression du rapport $\frac{[C2_2H_5-COO^-]}{[C2_2H_5-COOH]}$ en fonction de V_B et V_{BE}. (On fera

les approximations nécessaires).

2.3. Montrer que pour $V_B < V_{BE}$ le pH du mélange peut s'écrire $pH = pK_A - log\left(\frac{V_{BE}-V_B}{V_B}\right)$

2.4. Retrouver graphiquement la valeur du pK_A (C_2H_5-COOH / C_2H_5-COO^-)



Exercice n°3

À l'aide d'un générateur idéal de tension de fem E, d'un interrupteur K, d'une bobine d'inductance L = 0,06 H et de résistance interne r = 10 Ω et d'un conducteur ohmique de résistance R_0, montés en série, on réalise le circuit électrique schématisé sur la figure-1.

Un système d'acquisition, dont les branchements au montage électrique sont analogues à ceux d'un oscilloscope, permet de visualiser l'évolution, au cours du temps, de la tension u_R (t) aux bornes du résistor.

À t = 0, on ferme l'interrupteur K et on procède à l'acquisition. On obtient la courbe de la figure-2.

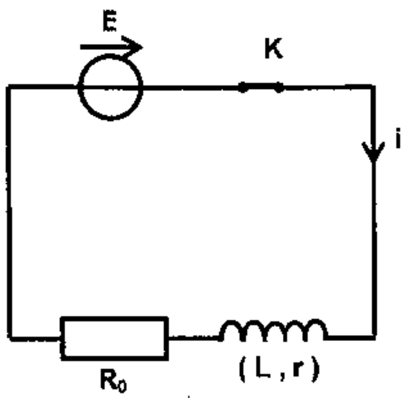


figure-1

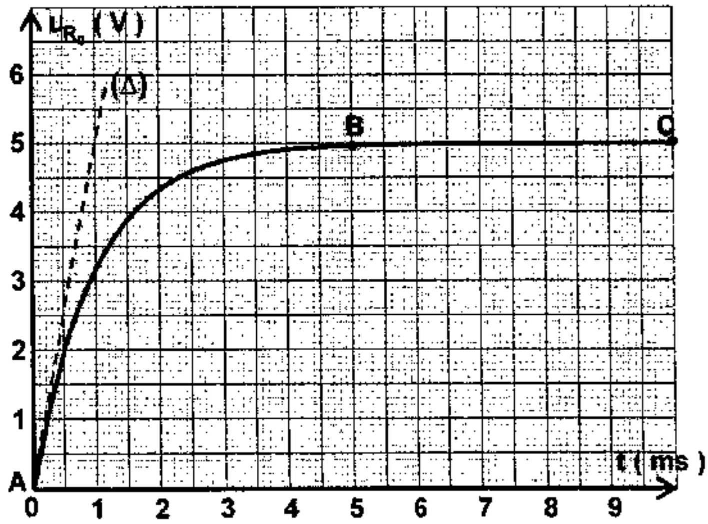


figure-2

1.

1.1. Justifier que la courbe d'évolution de la tension u_{R_0} (t) aux bornes du résistor et celle de l'intensité **i(t)** du courant, qui parcourt le circuit, ont la même allure,

1.2. Indiquer, en le justifiant, parmi les deux portions **(AB)** et **(BC)** de la courbe, celle qui correspond au régime transitoire de l'établissement du courant,

1.3. En déduire la durée Δt au bout de laquelle le régime permanent s'établit dans le circuit.

2.

2.1. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_{R_0}(t)$ au cours du temps s'écrit :

$$\tau\frac{du_{R_0}}{dt} + u_{R_0} = \frac{R_0}{R_0 + r}E \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{L}{R_0 + r}.$$

2.2. Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ du dipôle **RL.** Déduire la relation entre Δt et τ.

2.3. Calculer la valeur de R_0.

2.4. En exploitant l'équation différentielle en régime permanent, déterminer la valeur de **E.**

2.5. Montrer que la résistance interne de la bobine s'écrit : $r = R_0\left(\frac{E}{U_{R_{0m}}} - 1\right)$

Retrouver la valeur de **r.**

3. Sachant que la pente de la tangente (Δ) à la courbe $u_{R_0} = f(t)$ prise à l'instant **t** = 0, a pour expression : $P = \left(\frac{dU_{R_0}}{dt}\right)_{t=0}$

3.1. Montrer que l'inductance de la bobine s'écrit : $L = \frac{R_0.E}{P}$

3.2. Retrouver alors la valeur de **L.**

4. À l'ouverture du circuit, des étincelles de rupture apparaissent au niveau de l'interrupteur,

4.1. Donner une explication à ce phénomène.

4.2. Indiquer, sur un schéma, la modification qu'on doit apporter au circuit et qui permet d'éviter ce phénomène sans perturber l'établissement du courant dans le circuit considéré.

Exercice n°4

Dans le cadre de la réalisation d'un projet scientifique, une enseignante encadrant dans un club scientifique, propose à ses élèves de s'assurer de la capacité C_0 d'un condensateur, du coefficient d'inductance L d'une bobine, de la résistance interne r du générateur et le taux d'influence de la résistance sur l'énergie électrique totale d'un circuit série RLC libre.

Dans cet exercice on étudie :

- La charge d'un condensateur par une source de tension continue ;
- La charge d'un condensateur par une source idéale de courant ;
- La décharge d'un condensateur dans une bobine.

1. Charge d'un condensateur par une source de tension continue :

Un groupe des élèves réalise le circuit schématisé dans la figure 1 comportant :

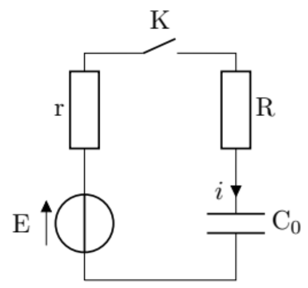


Figure 1

- Un condensateur de capacité C_0, initialement déchargé,
- Un générateur de tension de force électromotrice E = 12 V et de résistance interne r,
- Un résistor de résistance R = 590 Ω,
- Un interrupteur K.

A un instant t = 0 on ferme l'interrupteur K.

1.1. Établir l'équation différentielle vérifiée par de la charge q(t) du condensateur.

1.2. Déterminer les expressions de Q_m et τ en fonction de E, r, R et C_0, pour que la solution de l'équation différentielle soit : $q(t) = Q_m(1 - e^{-t/\tau})$.

1.3. La courbe de la figure 2, représente les variations de la charge q(t) du condensateur ainsi visualisée.

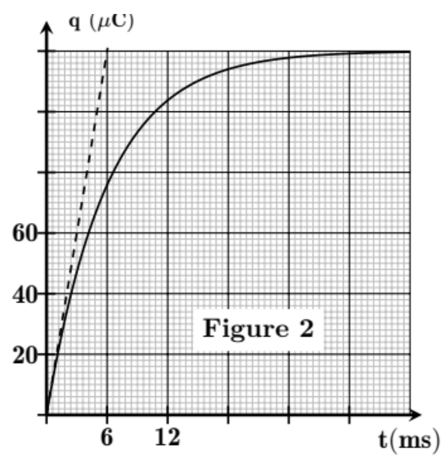


Figure 2

1.3.1. Déterminer graphiquement Q_m et τ.

1.3.2. Montrer que la valeur de la capacité du condensateur est : $C_0 = 10\mu F$ et déduire la valeur de r la résistance interne du générateur.

2. Charge d'un condensateur par un générateur idéal de courant :

Pour vérifier la valeur de C_0 du condensateur un deuxième groupe réalise le montage de la figure 3 comportant :

- Le condensateur de capacité C_0, initialement déchargé,
- Un générateur idéal de courant délivrant un courant d'intensité constante I_0,
- Un conducteur ohmique de résistance R = 590 Ω,
- Un interrupteur K

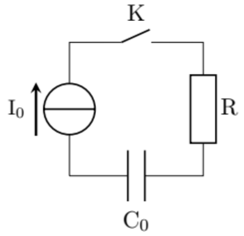


Figure 3

À la date t=0, on ferme l'interrupteur K et on enregistre, à l'aide d'un système informatique adéquat, l'évolution temporelle de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur (figure 4). La mesure de la tension aux bornes du conducteur ohmique donne : u_R = 0,1 V.

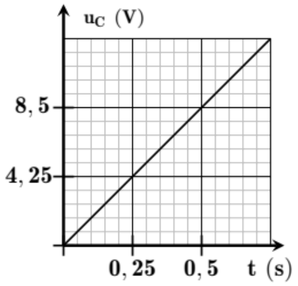


Figure 4

2.1. Calculer I_0 l'intensité débité par la source de courant.

2.2. Retrouver la valeur de la capacité C_0 du condensateur.

3. Oscillations électriques libres

Pour obtenir des oscillations électriques libres, dans un circuit RLC, le deuxième groupe monte en série :

- Le condensateur de capacité C_0 initialement chargé.
- Une bobine d'inductance L et de résistance interne r négligeable
- Un conducteur ohmique de résistance R_0 = 90 Ω.

Le suivi de l'évolution de la tension u_c aux bornes du condensateur en fonction du temps, à l'aide d'un matériel informatique convenable, permet d'obtenir la courbe de la figure 5 suivante.

3.1. Représenter le schéma du dispositif expérimental, et montrer dessus, le branchement du système d'acquisition permettant de suivre $u_C(t)$.

3.2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$.

3.3. Calculer la valeur de l'inductance L de la bobine, sachant que la valeur de la pseudo période est égale à celle de la période propre de l'oscillateur.

3.4. Déterminer ΔE_T la variation de l'énergie électrique totale du circuit RLC entre les instants t = 0 et t = 2T.

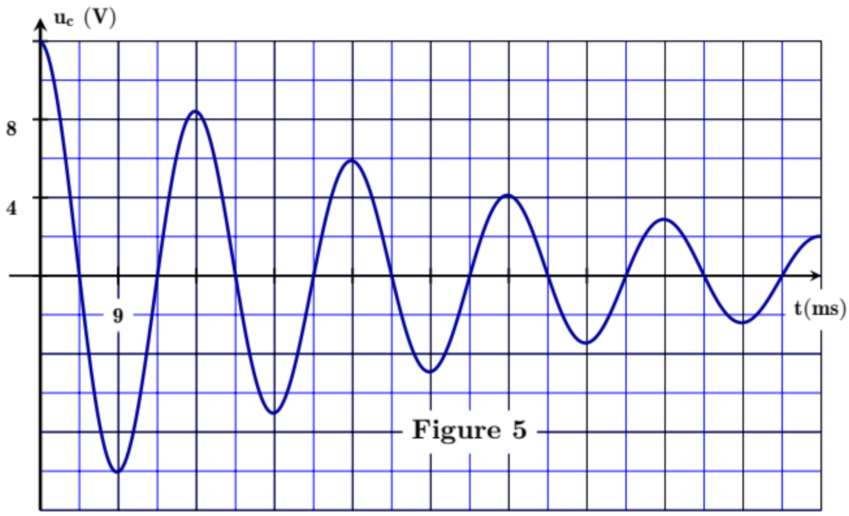


Figure 5

3.5. Justifier, du point de vue énergétique, l'influence de la résistance sur l'énergie électrique totale du circuit RLC série.

Exercice n°5

Partie 1 : Désintégration de l'uranium 234

Le thorium 230 $\left({}^{230}_{90}Th\right)$ se trouvant dans les roches marines résulte de la désintégration spontanée de l'uranium 234 $\left({}^{234}_{92}U\right)$. C'est pourquoi le thorium et l'uranium se trouvent dans toutes les roches marines en proportions différentes selon leurs dates de formation.

Données :

- Masse d'un noyau d'uranium 234 m $\left({}^{234}_{92}U\right)$=234,04095 u

- La constante radioactive de l'uranium 234 : λ=2,823.10^{-6} an^{-1}
- Masse du proton : $m_p = 1{,}00728\ u$
- Masse du neutron : $m_n = 1{,}00866\ u$
- Unité de masse atomique : $1u = 1{,}66.10^{-27}$ kg= $931{,}5\ MeV.C^{-2}$

1. Donner la composition du noyau d'uranium 234
2. Calculer, en MeV, l'énergie de liaison E_l du noyau $^{234}_{92}U$
3. Le nucléide est radioactif, il se transforme spontanément en un nucléide de thorium $(^{230}_{90}Th)$ Ecrire l'équation de désintégration de $^{234}_{92}U$ et déduire le type de désintégration.
4. On dispose d'un échantillon d'une roche marine, qui contient à l'instant de sa formation considéré comme origine des dates (t=0), un nombre N_0 de noyaux d'uranium $^{234}_{92}U$. On suppose que cet échantillon ne contient pas du thorium à l'origine des dates. On se propose de déterminer le rapport $r = \frac{N(^{230}_{90}Th)}{N(^{234}_{92}U)}$ de cet échantillon à un instant de date t où $N(^{230}_{90}Th)$ étant le nombre de noyaux de thorium formé à l'instant de date et $N(^{234}_{92}U)$ le nombre de noyaux d'uranium restant à cet instant.
   4.1. En se basant sur la loi de décroissance radioactive, trouver l'expression du nombre de noyaux de thorium $N(^{230}_{90}Th)$en fonction de N_0, t et la constante radioactive λ de l'uranium 234.
   4.2. Montrer que l'expression de r à un instant t est : $r = e^{\lambda t} - 1$
   4.3. Calculer la valeur r_1 de ce rapport à l'instant de date t=2.10^5 ans.

Partie 2 :

Un réacteur nucléaire fonctionne avec l'uranium enrichie qui est constitué de p = 3% de ^{235}U fissible et p′ = 97% de ^{238}U non fissible. La production de l'énergie au sein de cette centrale nucléaire est basée sur la fission de l'uranium ^{235}U bombardé par des neutrons.

Donnés : m(^{140}Xe) = 139,8920u; m(^{94}Sr) = 93,8945u; m(^{235}U) = 234,9935u; $\mathcal{N}$=6,02.10^{23} mol^{-1}

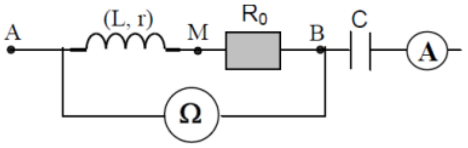
Le noyau ^{235}U subit une fission selon l'équation :

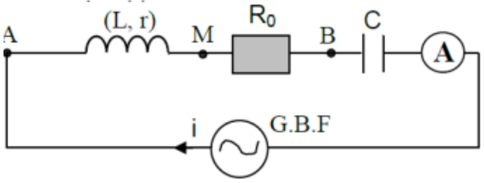
$$^1_0n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{94}_{z}\mathrm{Sr} + {}^{140}_{54}\mathrm{Xe} + x{}^1_0n.$$

1. Déterminer x et z.
2. Calculer en joule (J) l'énergie $|\Delta E_0|$ libérée par la fission de m_0 = 1g de ^{235}U.
3. Pour produire une quantité d'énergie électrique W = 3,73.10^{16} J, un réacteur nucléaire de rendement r = 25% consomme une masse m de l'uranium enrichi. Exprimer m en fonction de W, $|\Delta E_0|$, m_0, r et p. Calculer m.
4. Dans ce réacteur nucléaire se trouve aussi une faible quantité du nucléide ^{234}U qui est radioactif α. La mesure de l'activité radioactive, à l'instant t=0, d'un échantillon de l'uranium $(^{234}_{92}U)$ a donné la valeur a_0 = 5,4·10^8 Bq. Calculer la valeur de l'activité nucléaire de cet échantillon à l'instant $t = \frac{t_{1/2}}{4}$

Exercice n°5

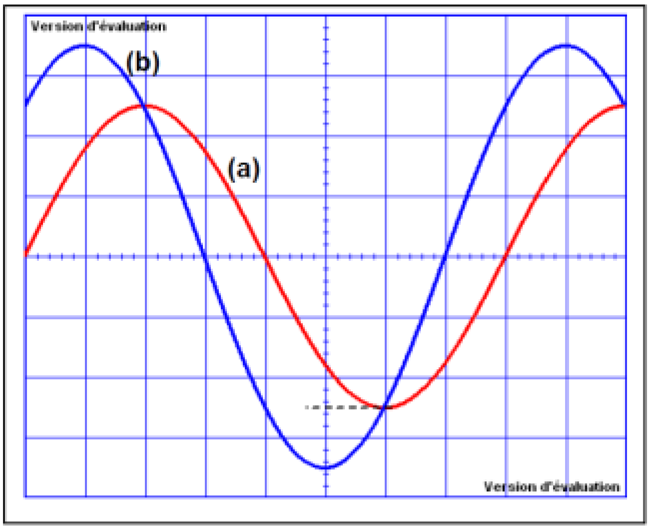
On considère une portion de circuit constituée d'un résistor de résistance R_0 en série avec une bobine d'inductance L et de résistance interne r, un condensateur de capacité C et un ampèremètre de résistance supposée négligeable. Un ohmmètre branché aux bornes de l'ensemble (bobine résistor) donne la valeur R = 20 Ω. Ce circuit est branché aux bornes d'un générateur de basse fréquence délivrant une tension sinusoïdale $u(t) = 5{,}55\sqrt{2}\sin(2\pi N.t + \varphi_u)$ (u(t) est en volt) de fréquence N réglable.





1. Représenter, les connexions de l'oscilloscope afin de visualiser les tensions aux bornes de la bobine $u_b(t)$ sur la voie Y_1 et $u_R(t)$ sur la voie Y_2 où le signal est inversé.
2. Pour une fréquence N_1, on observe sur l'écran de l'oscilloscope les courbes de la figure ci-

dessous.



pour les deux voies
Sensibilité verticale : $\sqrt{2}$ V /div
Balayage temps $\frac{\pi}{4}$ ms/div

2.1. Montrer que la courbe **(a)** est celle de la tension aux bornes du résistor.
2.2. Déterminer à partir des oscillogrammes, les grandeurs suivantes :
   - La période T_1 et déduire la fréquence N_1.
   - Les valeurs maximales de $u_R(t)$ et $u_b(t)$.
   - Le déphasage $\varphi = \varphi(u_b) - \varphi(u_R)$ de la tension $u_b(t)$ par rapport à $u_R(t)$.

2.3. Sachant que la fréquence propre de l'oscillateur étudié est N_0 **>200 Hz.** Précise en le justifiant la nature du circuit (résistif ou inductif ou capacitif).
2.4. Sachant que l'intensité du courant i(t) est de la forme $i = I\sqrt{2}\sin(2\pi N.t)$, donner les expressions numériques de $u_R(t)$ et $u_b(t)$..

3.

3.1. Faire la construction de Fresnel lorsque le circuit étudié à la fréquence N_1 échelle : **2cm** pour **2V**.
3.2. Montrer que l'intensité maximale du courant est $I_{max} = 0{,}25\sqrt{2}$ A et déduire la résistance R_0 du résistor.
3.3. Compléter la représentation de Fresnel et déduire que l'inductance de la bobine est **L= 0,01 H**, sa résistance **r = 10 Ω** et que la capacité du condensateur est **C = 5.10⁻⁵ F**.
3.4. Déterminer la puissance moyenne consommée par le circuit.

4. Pour une fréquence N_2, la valeur maximale de la tension aux bornes du résistor est $U_{Rmax} = 2{,}775\sqrt{2}$ V

4.1. Montrer que le circuit est en état de résonance d'intensité et déterminer l'intensité du courant I_2 indiquée par l'ampèremètre.
4.2. Déterminer la fréquence N_2 de la tension excitatrice.
4.3. Calculer le coefficient de surtension **Q** du circuit.
4.4. Ya-il une surtension aux bornes du condensateur ? Justifier.