

Série n° 11

Oscillations électriques forcées – Réaction acide-base

Exercice n° 1 :

A. On étudie la résonance d'intensité d'un dipôle comprenant un résistor de résistance R variable, une bobine d'inductance L et de résistance r , un condensateur de capacité $C = 1 \mu\text{F}$ et un ampèremètre de résistance négligeable. Ce circuit est alimenté par un générateur qui délivre une tension sinusoïdale de fréquence N variable et de valeur efficace constante $U = 4,5 \text{ V}$ (*figure -1-*).

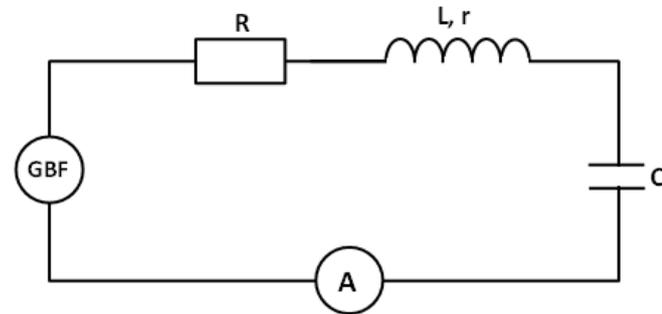


Figure -1-

La valeur de la résistance R est ajustée de façon qu'elle prenne successivement les valeurs $R_1 = 20 \Omega$ et $R_2 = 110 \Omega$. On fait varier la fréquence de la tension délivrée par le générateur, et pour chaque valeur de N on relève l'intensité efficace I du courant circulant dans le circuit, puis on trace la courbe $I = f(N)$ pour les deux valeurs de R choisies. On obtient le graphique de la *figure -2-*.

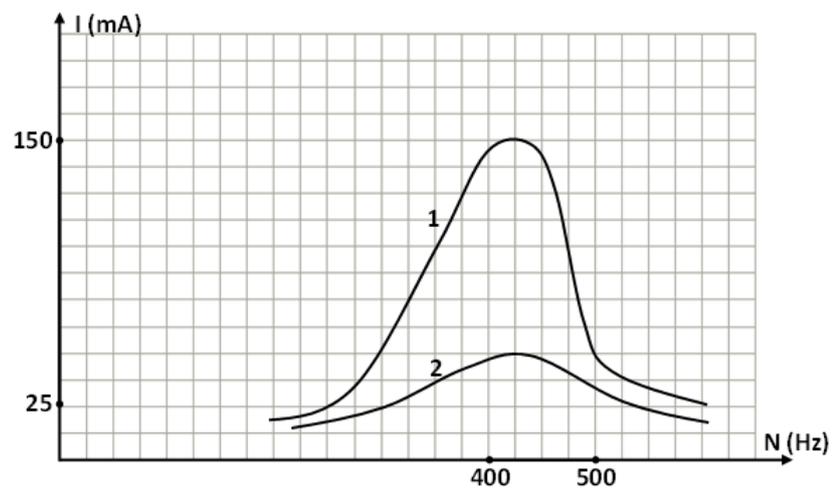
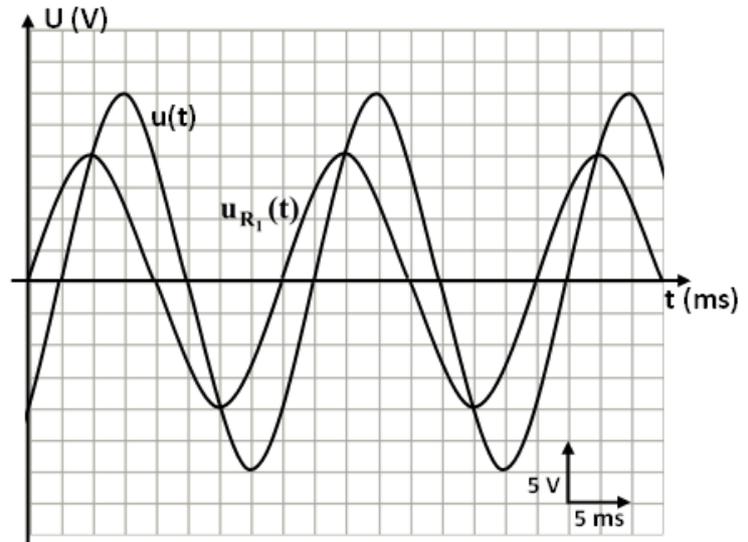


Figure -2-

- 1) À quelle résistance, R_1 ou R_2 correspond la courbe 1 ? Justifier la réponse.
 - 2) Dédire de la courbe 1 la fréquence de résonance du circuit.
 - 3) Que peut-on dire de l'influence de la valeur de la résistance du circuit sur la fréquence de résonance ?
 - 4) Déterminer l'inductance L et la résistance r de la bobine.
 - 5) Calculer le facteur de surtension Q du circuit dans le cas 1.
- B. On s'intéresse au phénomène de résonance d'intensité étudié à l'oscilloscope pour un circuit RLC analogue à celui représenté par le *figure -1-*, tels que : $C_1 = 10^{-5} \text{ F}$, $R_1 = 200 \Omega$, et L_1 et r_1 sont inconnues.
- 1) a) Reproduire le schéma de la *figure -1-* et indiquer les branchements de l'oscilloscope qui permettent de visualiser, sur la voie A : la tension aux bornes du générateur $u(t)$, et sur la voie B : la tension aux bornes du résistor $u_{R_1}(t)$.
 - b) Laquelle des deux tensions permet d'étudier l'intensité du courant ? Justifier.

- 2) On modifie la fréquence N de la tension délivrée par le générateur de manière à chercher la résonance d'intensité. Au cours de cette recherche, on observe pour une fréquence N_1 du générateur les courbes représentées ci-contre.



Déterminer :

- La valeur numérique de la fréquence N_1 .
- Le déphasage de $u(t)$ par rapport à $u_{R_1}(t)$.
- Les valeurs maximales U_m de $u(t)$ et U_{R_1m} de $u_{R_1}(t)$.
- En déduire la valeur de l'impédance Z du circuit.
- Faire le diagramme de Fresnel correspondant. Déterminer les valeurs de r_1 et L_1 .
- Lorsque la résonance est atteinte, quelle particularité présente les deux courbes ? Quel est alors le rapport d'amplitude de ces deux courbes ?

Exercice n° 2 :

On considère deux solutions acides (S_1) et (S_2) de même concentration molaire $C = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$: (S_1) est une solution de chlorure d'hydrogène (HCl) de $\text{pH} = 2$ et (S_2) est une solution d'acide méthanoïque (HCOOH) de $\text{pH} = 2,9$.

- Montrer que l'une est une solution d'acide fort et l'autre une solution d'acide faible. On écrira les équations des réactions de ces deux acides avec l'eau.
- Déterminer le pK_a du couple correspondant à l'acide faible.
- Soient V_1 et V_2 les volumes d'eau à ajouter à un même volume $V = 10 \text{ cm}^3$ respectivement de (S_1) et (S_2) pour obtenir deux solutions (S'_1) et (S'_2) de même $\text{pH} = 3,4$. On notera V'_1 et V'_2 les volumes des solutions (S'_1) et (S'_2) obtenues. Déterminer V_1 et V_2 .

Exercice n° 3 :

On dispose de trois flacons (a), (b) et (c) contenant chacun une solution aqueuse d'acide de même concentration molaire $C = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Flacon	Solution de	pK_a	Valeurs proposées pour le pH		
(a)	NH_4Cl	9,2	10,6	5,6	2
(b)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	4,2	7	8,2	3,1
(c)	CH_3COOH	4,8	2	3,4	7

- Classer ces acides selon leur force croissante. Justifier votre réponse.
 - Donner la formule de la base conjuguée de chaque acide.
 - À l'aide du tableau et sans calcul, indiquer, en le justifiant, le pH de chaque solution.
- Montrer, en précisant les approximations utilisées, que le pH d'une solution d'un monoacide faible AH de molarité C, avec ($10^{-6} \text{ M} \leq C \leq 10^{-1} \text{ M}$), a pour expression :

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{pK}_a - \log C).$$

On suppose que l'acide est faiblement ionisé.

- Montrer que le taux d'avancement final τ_F de la réaction d'un acide avec l'eau s'écrit

$$\tau_F = \sqrt{\frac{K_a}{C}}.$$
 - Calculer τ_F pour chacun de ces acides et montrer que le classement précédent dans 1) a) est vérifié.
- On prélève 6 cm^3 de la solution contenue dans le flacon (a) et on lui ajoute 24 cm^3 d'eau pure. Le pH de la solution obtenue a pour valeur 5,95.
 - Comparer le nombre de moles des ions H_3O^+ avant et après l'addition de l'eau.
 - En déduire l'effet de la dilution sur l'ionisation de l'acide.

Exercice n° 4 :

On se propose d'étudier l'effet de la dilution sur le pH d'une solution aqueuse de base faible.

On prépare un volume $V_0 = 200 \text{ cm}^3$ d'une solution aqueuse (S_0) d'éthanoate de sodium (CH_3COONa) de concentration molaire initiale $c_0 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ en dissolvant une masse m de ce sel, supposé pur et sec, dans l'eau pure. Le pH de la solution obtenue est $\text{pH}_0 = 8,9$.

- Calculer m.
- Écrire l'équation de la réaction qui accompagne la dissolution et qui justifie le pH mesuré. On rappelle que l'éthanoate de sodium se dissocie totalement dans l'eau.



3) a) Dresser le tableau descriptif d'évolution correspondant à la réaction de la base faible avec l'eau.

b) Déterminer pour la solution (S_0) l'expression du taux d'avancement final τ_F de la réaction en fonction de pH_0 , pK_e et C_0 . Calculer τ_F .

c) Montrer, en justifiant les approximations utilisées, que la constante d'acidité du couple

$$CH_3COOH / CH_3COO^- \text{ a pour expression : } K_a = \frac{10^{-pH}}{\tau_F} .$$

d) En déduire que : $pK_a = 2pH_0 - pK_e - \log C$.

4) On prélève un volume $V = 10 \text{ cm}^3$ de (S_0) et on y ajoute un volume V_e d'eau pure. Soit C la concentration de la solution (S) diluée obtenue.

a) Établir la relation entre C , V_e , C_0 et V .

b) En admettant que τ_F reste faible même à la suite de la dilution, montrer que le pH de la

$$\text{solution diluée est donné par la relation : } pH = pH_0 - \frac{1}{2} \log \left(1 + \frac{V_e}{V} \right) .$$

5) Calculer le pH de la solution (S) pour $V_e = 90 \text{ cm}^3$ et en déduire l'effet de la dilution sur le pH de la solution.

On donne : $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(Na) = 23 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$.