

I. CAPTEUR D'HUMIDITE (6 points)

En météorologie, le degré hygroscopique permet de chiffrer le taux d'humidité x de l'air, en %. On se propose de mesurer cette grandeur d'une manière électronique en associant un capteur d'humidité avec une résistance variable R et une bobine d'inductance $L = 100$ mH, de résistance interne r .

1. Principe du capteur d'humidité.

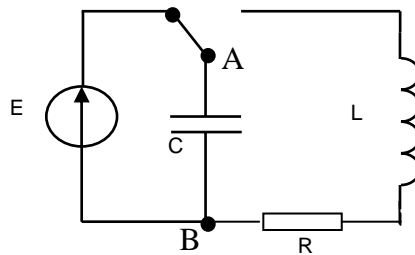
Un capteur d'humidité est un condensateur dont la capacité C varie en fonction du taux d'humidité x de l'environnement. La notice ci-dessous présente quelques caractéristiques de ce capteur :

- gamme d'utilisation : $10 \% < x < 90 \%$;
- $C = 1,22 \mu\text{F}$ pour un taux d'humidité $x = 43\%$;
- Sensibilité du capteur : $s = dC / dx$;
- La capacité C du capteur d'humidité varie en fonction du taux d'humidité selon la relation :
$$C = 0,40 x - 16.$$

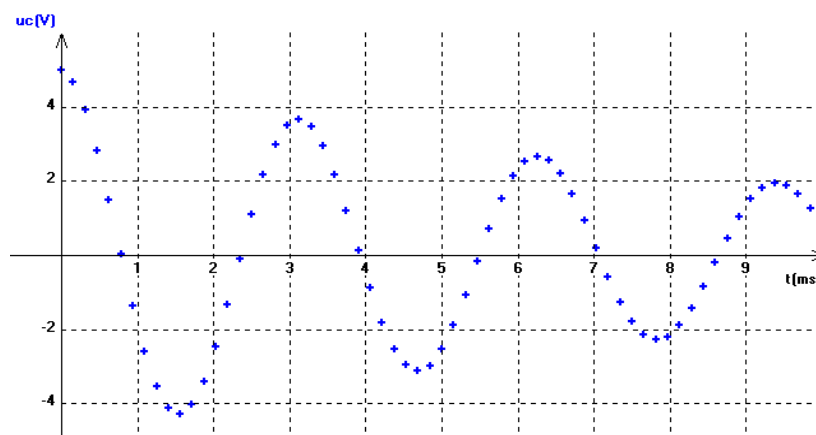
Dans cette relation, x est donnée en % et C s'exprime en μF .

1.1 Déterminer la sensibilité « s » du capteur utilisé.

1.2 On place le capteur dans le circuit ci-dessous. Refaire le schéma et indiquer les branchements à effectuer sur un oscilloscope pour observer l'allure de la tension u_{AB} aux bornes du condensateur au cours du temps. Par la suite, cette tension sera notée $u_c(t)$.



On observe l'oscillogramme suivant :



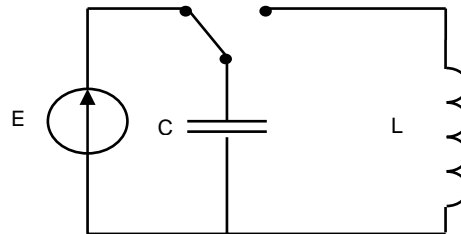
1.3. Décrire les oscillations observées. Identifier le régime d'évolution de la tension aux bornes du condensateur. Quelle est la cause de la décroissance de l'amplitude des oscillations ?

1.4. Déterminer la pseudo-période des oscillations. Rappeler l'expression donnant la période propre d'un oscillateur (L, C). Calculer la capacité du condensateur en supposant que la pseudo-période est égale à cette période propre. En déduire le taux d'humidité x de l'environnement.

1.5 Comment peut-on repérer une variation du taux d'humidité avec le montage réalisé ?

2. Etude d'un circuit LC idéal.

On néglige toute valeur de résistance dans le circuit : le condensateur de capacité C initialement chargé est branché aux bornes d'une bobine idéale d'inductance L à l'instant $t = 0$.



2.1. Dans ces conditions, l'une des deux figures ci-dessous illustre l'évolution de la tension $U_c(t)$ à aux bornes du condensateur. Laquelle ? Décrire alors le phénomène observé.

figure 1

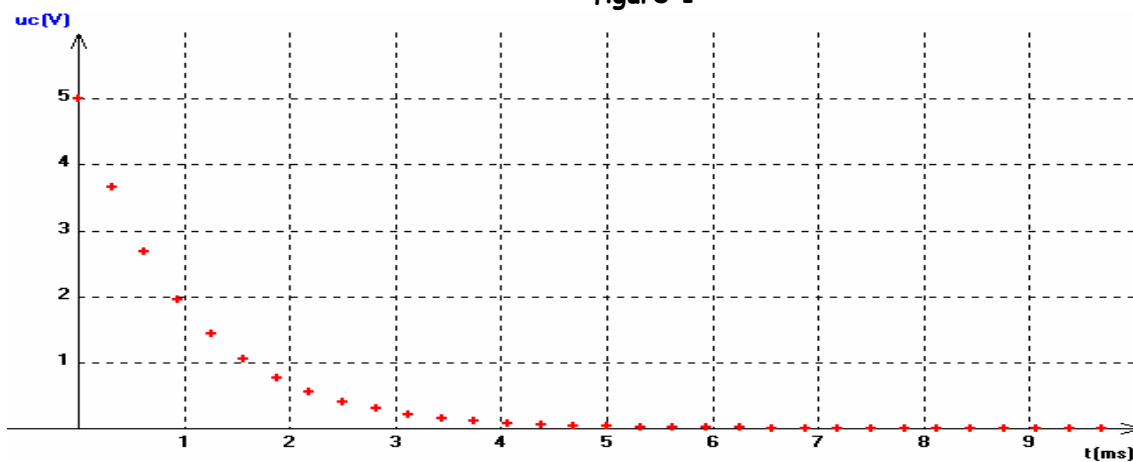
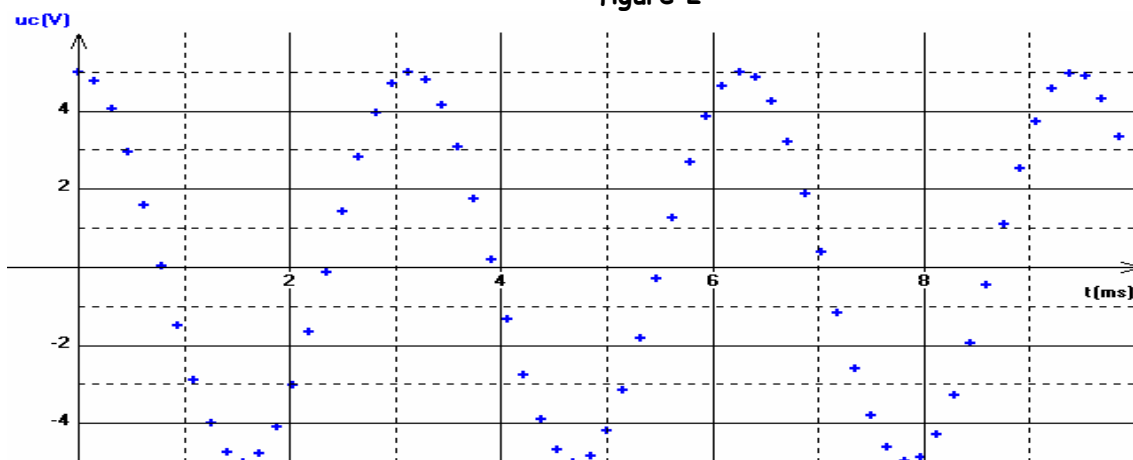


figure 2



2.2. On travaille en convention récepteur. Refaire le schéma de la partie du circuit concernée par la décharge du condensateur à $t = 0$, orienter ce schéma et indiquer les tensions aux bornes des différents dipôles et la charge $q(t)$ portée par le condensateur.

2.3. Etablir l'équation différentielle de l'oscillateur à laquelle satisfait la tension $U_C(t)$ sous la forme :

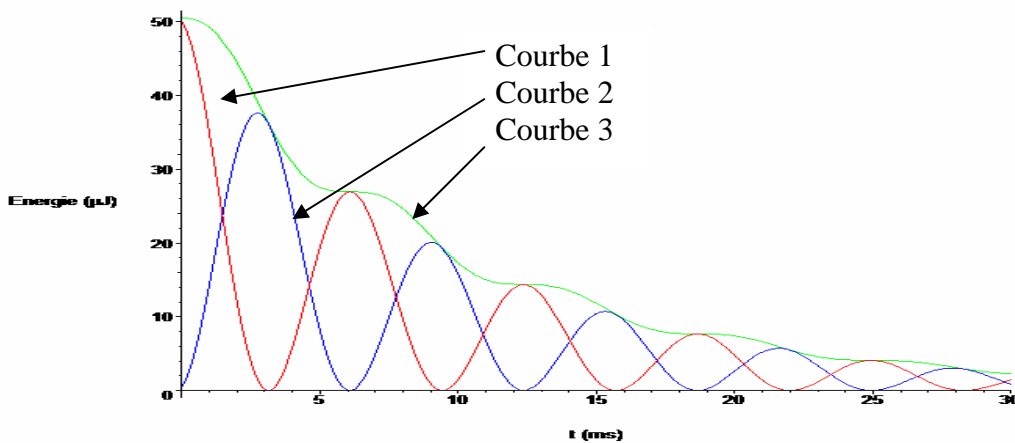
$$\frac{d^2 U_C}{dt^2} + A U_C = 0. \text{ Préciser la valeur de } A.$$

2.4. En vérifiant que $u_C = B \cos \frac{2\pi}{T} t$ est solution de l'équation différentielle écrite en 2.3., retrouver l'expression de T, et déterminer B.

2.4. En déduire l'expression de l'intensité du courant dans le circuit.

3. ETUDE ENERGETIQUE D'UN CIRCUIT OSCILLANT.

La figure ci-dessous représente les variations d'énergie dans un circuit (RLC) oscillant dont la résistance totale R est faible.



3.1. Donner l'expression de l'énergie totale du circuit oscillant. Identifier la courbe correspondante et interpréter son évolution au cours du temps.

3.2. Il existe des dispositifs permettant d'entretenir les oscillations d'un circuit oscillant. Expliquer le principe d'un tel dispositif. En déduire l'évolution de l'énergie totale du circuit dans ce cas.

II. CHIMIE : QCM (6 points)

L'exercice est un questionnaire à choix multiples ; à chaque question peuvent correspondre aucune, une ou plusieurs propositions exactes ; inscrire en toutes lettres « VRAI » ou « FAUX » dans la case correspondant à chaque proposition. Aucune justification n'est demandée, les calculs nécessaires seront faits au brouillon. Les solutions sont considérées à 25°C.

Les questions suivantes comptent pour 0,5 point ; et 0,25 point sera déduit pour chaque proposition fautive ou absence de réponse.

Question 1 : l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau s'écrit : $2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^-$

a) le quotient de réaction à l'équilibre $Q_{r_{\text{eq}}}$ vaut 10^{-7} dans l'eau pure.	
b) la constante d'équilibre K_e vaut 10^{-14} dans toute solution aqueuse.	
c) le taux d'avancement de cette réaction à l'équilibre est 1.	
d) Le pH d'une solution où $[\text{HO}^-] = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ est compris entre 11 et 12.	

Question 2 : On effectue le titrage pH-métrique de 10 mL d'une solution d'un acide noté HA par une solution d'hydroxyde de sodium (Na^+ et HO^-) de concentration $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Les coordonnées du point d'équivalence sont : pH = 8,1 et $V_{b_{\text{eq}}} = 12,2 \text{ mL}$.

a) Le point d'équivalence est obtenu par le tracé de la tangente à l'origine	
b) La constante d'équilibre de la réaction s'écrit : $[\text{H}_3\text{O}^+].[\text{A}^-] / [\text{AH}]$	
c) La quantité de matière acide dans l'échantillon dosé est $8,1 \times 10^{-5} \text{ mol}$	
d) Un indicateur coloré adapté doit changer de couleur quand le pH de la solution est égal au pKa du couple acide base HA/A ⁻	

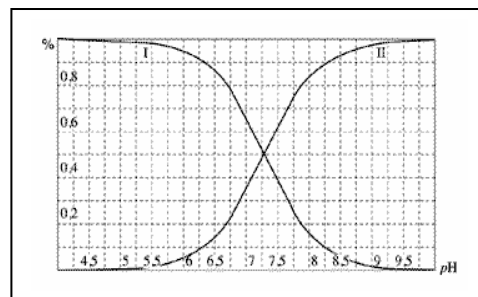
Question 3 : soit une solution de l'acide HA de constante d'acidité K_a ; La réaction de sa base conjuguée A⁻ sur l'eau a pour constante d'équilibre :

a) K_a	
b) $1/K_a$	
c) $K_e.K_a$	
d) K_e/K_a	

Question 4 : acides et bases

a) une réaction acide-base est un échange d'électron.	
b) une réaction acide-base est un échange de proton.	
c) l'eau joue le rôle d'un acide ou d'une base selon l'espèce qui réagit avec elle.	
d) le taux d'avancement de la réaction d'un acide sur l'eau dépend des conditions initiales.	

Question 5 : L'acide hypochloreux a pour formule HOCl. Sa base conjuguée ClO⁻ est appelée ion hypochlorite. Le document ci-contre représente les pourcentages des espèces chimiques acide et base du couple HOCl/ClO⁻ en fonction du pH pour une solution de concentration en soluté HOCl apporté $C = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$



a) La courbe I représente l'évolution en % de la base en fonction du pH	
b) Le pKa de ce couple est 7,3	
c) le domaine de prédominance de l'acide correspond aux pH inférieurs à 7,3	
d) Le pH d'une solution refermant 70% d'acide et 30% de base conjuguée est 6,9	

Question 6 : on dispose d'une solution d'un acide HA de concentration en soluté apporté $c_a = 1 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

a) si le pH de la solution est 2, alors le taux d'avancement de la réaction de l'acide sur l'eau est 1.	
b) Si le pH de la solution est 3 alors le taux d'avancement est 10%.	
c) si les concentrations en acide et en base conjugués sont égales, le pH est égal à la moitié du pKa.	
d) Le quotient de réaction initial est toujours égal à la constante d'acidité Ka du couple HA/A ⁻ .	

Les questions suivantes sont notées sur 1 point et un demi point est déduit pour chaque proposition fautive ou absence de réponse.

Question 7 : On mélange 100mL d'une solution d'acide éthanóique CH₃COOH de concentration en soluté apporté $c_a = 1 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et 200mL d'une solution d'ammoniac NH₃ de concentration en soluté apporté $c_b = 1 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

Données : couple CH₃COOH/ CH₃COO⁻, pKa₁ = 4,7 ; couple NH₄⁺/NH₃, pKa₂ = 9,2

a) la constante d'équilibre de la réaction est $K = 3,16 \times 10^{-4}$	
b) à l'état final, $[\text{NH}_3] = 1 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	
c) à l'état final, $[\text{NH}_3] = [\text{NH}_4^+]$	
d) à l'état final pH = 9,2	

Question 8 : comparaison de deux acides ; on dispose de solutions d'acides différents :
 Solution 1 : acide éthanóique, pKa = 4,7, concentration initiale : $C_1 = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, pH = 3,1
 Solution 2 : acide HA inconnu, pKa inconnu, concentration initiale : $C_2 = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, pH = 2,9

a) le taux d'avancement de la réaction de l'acide 1 sur l'eau est 2,6%	
b) le taux d'avancement de la réaction de l'acide 2 sur l'eau est 6,2%	
c) le pKa inconnu a pour valeur 5,2	
d) le pKa inconnu a pour valeur 4,2	

Question 9 : évolution d'un système. Une solution a été préparée en introduisant 1×10^{-2} mol d'acide éthanóique CH_3COOH , 2×10^{-2} mol d'ions éthanóate CH_3COO^- (et les ions sodium associés), 4×10^{-2} mol d'ammoniac NH_3 et 2×10^{-2} mol d'ions ammonium NH_4^+ (et les ions chlorure associés) pour un volume final de 200 mL. On considère l'équation : $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_3 = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+$.

Données : couple $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$, $\text{pK}_a_1 = 4,7$; couple $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$, $\text{pK}_a_2 = 9,2$

a) Le quotient de réaction initial est 1	
b) La constante d'équilibre de la réaction est $K = 3,16 \times 10^4$	
c) Le système va évoluer en sens direct	
d) L'avancement maximal est 1×10^{-2} mol	