

Devoir de Sciences Physiques n°5.

EXERCICE I . 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 :

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

1. 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

1.1. Donner la propriété essentielle d'un indicateur coloré acido basique.

1.2. Préciser le caractère acide ou basique du vinaigre et du détergent.

2. 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^- .

2.1. 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	100 mL
Pipettes jaugées :	1,0 mL	5,0 mL	10,0 mL	20,0 mL	
Fioles 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.

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

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 $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

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 fournie dans l'ANNEXE

- 2.2.1 Faire un schéma annoté du dispositif de dosage.
- 2.2.2 Ecrire l'équation de la réaction qui est réalisée lors de ce dosage.
- 2.2.3 Déterminer graphiquement sur **l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. Préciser la démarche utilisée.
- 2.2.4 Déterminer la valeur de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté c_A dans le vinaigre dilué (on pourra s'aider éventuellement d'un tableau d'avancement)
- 2.2.5 En déduire la concentration molaire du vinaigre commercial.

3. 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 HA_{ind}/A^-_{ind} sera noté pK_i .

On donne les valeurs des pK_i à 25°C :

artichaut: $(pK_i)_1 = 7,5$

betterave rouge: $(pK_i)_2 = 11,5$

	Artichaut	Betterave
pK_i	7,5	11,5
Teinte pour HA_{ind} dominant	incolore	rouge
Teinte pour A^-_{ind} dominant	jaune	jaune

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

$$\frac{[A^-_{ind}]_{\text{éq}}}{[HA_{ind}]_{\text{éq}}} = 10^{\text{pH} - pK_i}$$

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.

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

- 3.2. Pour chaque extrait naturel et pour chacun de ces deux volumes V_B , déterminer la valeur du rapport

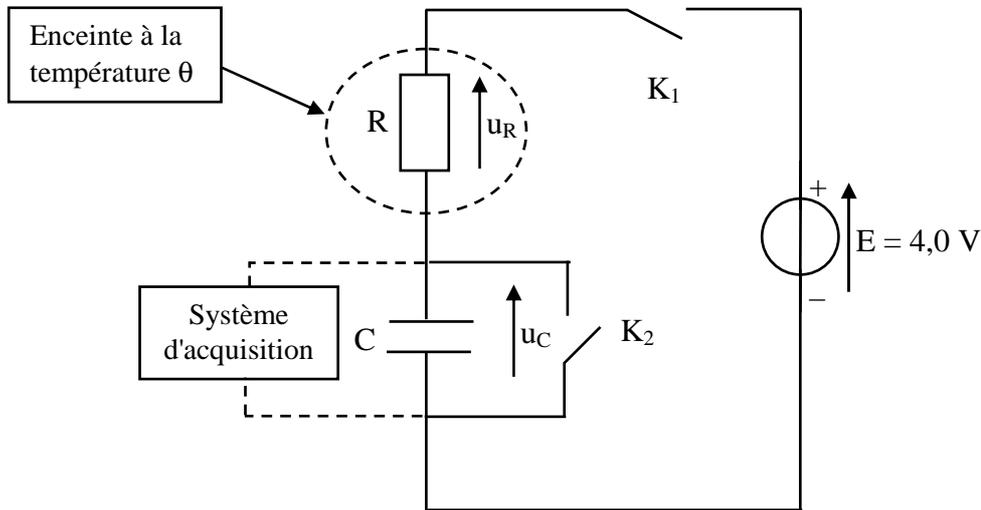
$$\frac{[A^-_{ind}]_{\text{éq}}}{[HA_{ind}]_{\text{éq}}}$$

puis compléter la ligne correspondante du tableau de **l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

- 3.3 En déduire les couleurs observées dans chaque cas. Compléter la ligne correspondante du tableau de **l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.
- 3.4 Conclure sur l'indicateur coloré le plus adapté pour ce titrage.
- 3.5 Pourquoi faut-il choisir un vinaigre incolore pour ce type de titrage ?

EXERCICE II . ETUDE D'UNE SONDE THERMIQUE

On peut constituer une sonde thermique à l'aide d'un dipôle (R,C) série. On réalise le circuit suivant :



Le condensateur a une capacité $C = 1,0 \mu\text{F}$

Le conducteur ohmique est une thermistance : la valeur R de sa résistance dépend de la température. On le place dans une enceinte dont la température interne est notée θ .

Un système d'acquisition permet d'enregistrer l'évolution au cours du temps de la tension u_C aux bornes du condensateur.

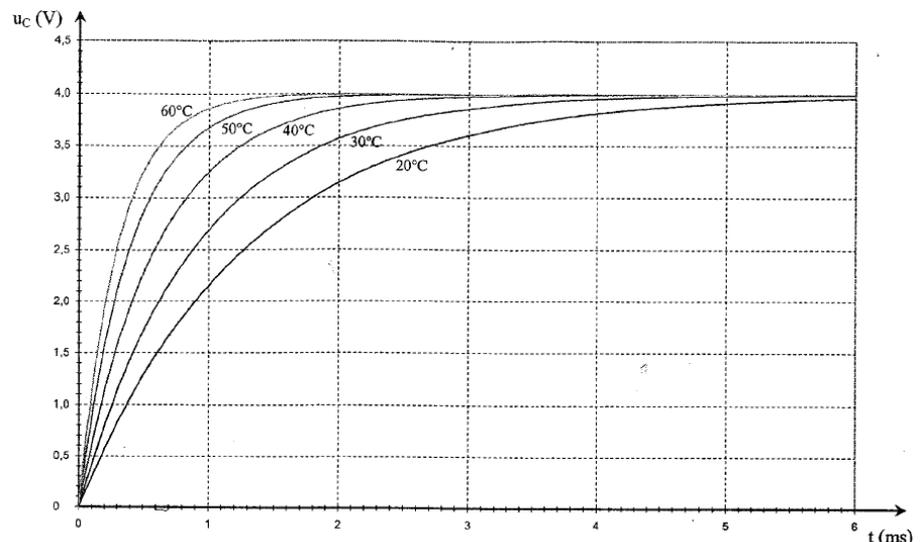
1. Étalonnage de la sonde

Protocole expérimental :

On souhaite tracer la courbe de l'évolution de la valeur de la résistance de la thermistance en fonction de la température. On réalise le protocole suivant :

Le condensateur est initialement déchargé et les interrupteurs K_1 et K_2 sont ouverts. À $t = 0$, on ferme K_1 et on enregistre l'évolution de la tension u_C jusqu'à la fin de la charge du condensateur. Ensuite, on ouvre K_1 et on ferme K_2 : le condensateur se décharge complètement. On ouvre enfin K_2 .

On modifie la température de l'enceinte et on recommence le protocole précédent. On opère pour plusieurs valeurs de température et on obtient le graphique ci contre:



À l'aide des résultats expérimentaux, étudions la charge du condensateur.

- 1.1. Établir la relation entre la tension E aux bornes du générateur, la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique et la tension u_C aux bornes du condensateur.
- 1.2. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C pendant la phase de charge.
- 1.3. La solution analytique de cette équation est de la forme : $u_C = A + B e^{-t/(RC)}$
 - 1.3.1. En tenant compte des conditions finales de la charge, déterminer A .
 - 1.3.2. En tenant compte des conditions initiales de la charge, déterminer B .
 - 1.3.3. Déduire l'expression de u_C .
- 1.4. On donne l'expression de la constante de temps du dipôle (R, C) : $\tau = RC$.
 - 1.4.1. Vérifier par analyse dimensionnelle l'homogénéité de cette formule.
 - 1.4.2. Déterminer la valeur τ_1 de la constante de temps, relative à la température $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$, à partir du graphique. Expliquer la méthode employée.
 - 1.4.3. En déduire la valeur R_1 de la résistance correspondante.
 - 1.4.4. Procéder de la même manière pour les autres températures et compléter le tableau de l'**annexe** à rendre avec la copie.
 - 1.4.5. Tracer sur papier millimétré (à rendre avec la copie) la courbe d'étalonnage $R = f(\theta)$ en respectant l'échelle suivante :
abscisse : 1 cm pour 5°C
ordonnée : 1 cm pour $0,1 \text{ k}\Omega$

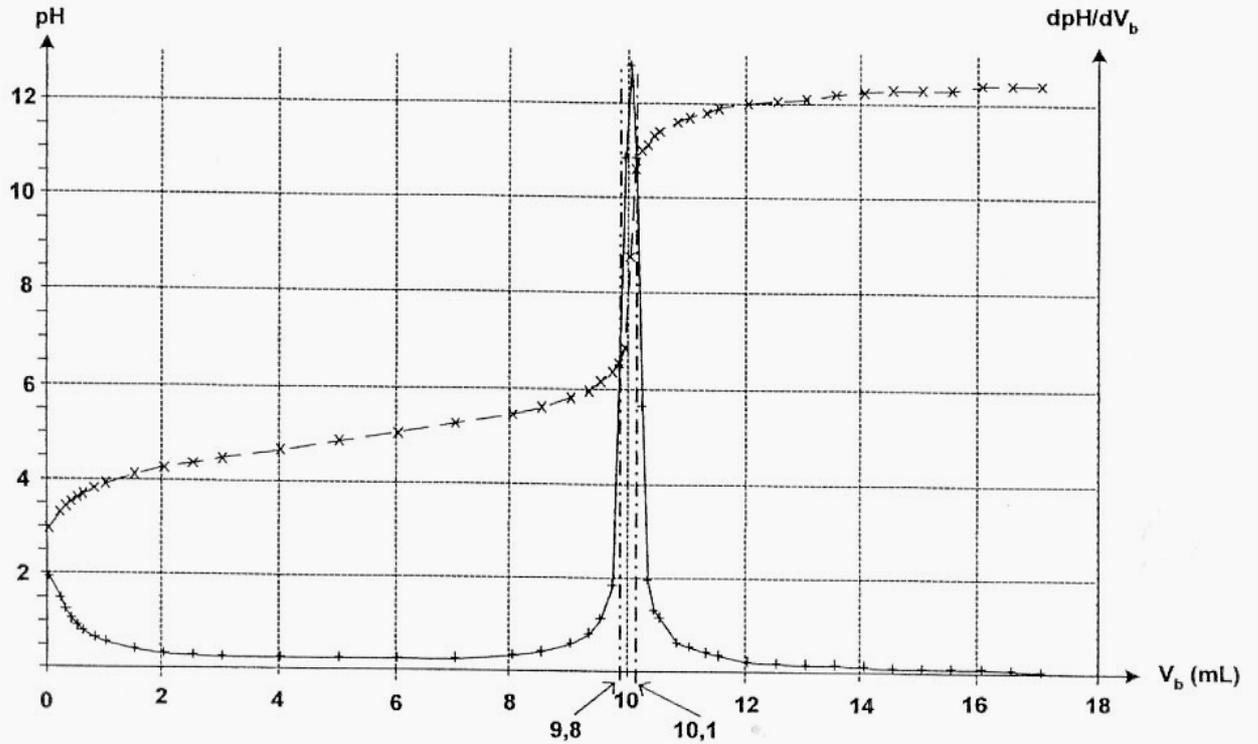
2. Mesure d'une température :

Essayons la sonde thermique en la plaçant dans une enceinte de température interne θ à déterminer. On mesure la résistance de la thermistance à l'aide d'un ohmmètre et on obtient : $R = 0,50 \text{ k}\Omega$. En vous servant de la courbe d'étalonnage, déterminer la température de l'enceinte.

ANNEXE (À RENDRE AVEC LA COPIE)

Exercice I

COURBE pH-MÉTRIQUE



TABEAU

	Artichaut		Betterave	
	$V_B = 9,8$ mL	$V_B = 10,1$ mL	$V_B = 9,8$ mL	$V_B = 10,1$ mL
$\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$				
Couleur				

Exercice II

(Seules les cases blanches sont à compléter)

Température θ (°C)	$\theta_1 = 20$	25	30	35	40	45	50	55	60
Constante de temps τ (ms)	$\tau_1 =$								
Résistance R (k Ω)	$R_1 =$	1,07		0,74		0,49		0,34	