

TP3 : Diagramme de distribution

Dans cette activité, nous allons explorer deux concepts clés : la création d'un diagramme de distribution pour un couple acide-base à l'aide d'un langage de programmation, et la définition de la zone de virage d'un indicateur coloré de pH.

Un indicateur coloré de pH est une solution aqueuse qui contient un couple acide-base faible, noté IndH/Ind^- . Les deux formes, acide et basique, de cet indicateur ont des couleurs différentes. Chaque indicateur coloré est caractérisé par sa constante d'acidité, notée K_a . Dans ce TP, nous allons examiner deux indicateurs colorés :

- Le premier indicateur est le rouge de crésol, avec un pK_a de 8,46 pour le couple $\text{Ind}_1\text{H} / \text{Ind}_1^-$.
- Le second indicateur est le bleu de bromothymol (BBT), avec un pK_a de 7,1 pour le couple $\text{Ind}_2\text{H} / \text{Ind}_2^-$.

1. Écriture de la réaction de l'indicateur coloré sous sa forme acide faible IndH en présence d'eau :
2. Donner l'expression littérale de la constante d'acidité K_a du couple $\text{IndH} / \text{Ind}^-$.
3. À l'aide d'un tableau d'avancement, montrer que la concentration initiale C_0 en indicateur coloré (IndH) est liée aux concentrations à l'équilibre de la forme acide $[\text{IndH}]_{\text{eq}}$ et de la forme basique $[\text{Ind}^-]_{\text{eq}}$ par la relation : $C_0 = [\text{IndH}]_{\text{eq}} + [\text{Ind}^-]_{\text{eq}}$. Cette expression traduit la conservation de la matière : l'indicateur, sous ses deux formes, reste présent dans le système et sa quantité totale reste constante.
4. En utilisant les résultats des questions précédentes, montrer que $[\text{Ind}^-]_{\text{eq}} = \frac{C_0}{1 + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{K_a}}$

Cette relation provient de l'expression de la constante d'acidité du couple acide/base IndH/Ind^- .

5. En déduire l'expression littérale reliant la concentration de forme basique à pK_a et au pH du milieu :

$$[\text{Ind}^-]_{\text{eq}} = \frac{C_0}{1 + 10^{pK_a - \text{pH}}}$$

Tracé expérimental sur Python

On cherche à tracer le diagramme de prédominance de chaque indicateur coloré. On suppose que la concentration initiale en indicateur coloré est de 0,10 mol.L⁻¹. Ci-dessous, un extrait de programme Python permettant de tracer le diagramme de distribution d'un couple acide-base. Il faudra compléter certaines lignes !

Ligne	
1	<code>import matplotlib.pyplot as plt</code> # importation du module pyplot
2	<code>import numpy as np</code> # importation du module numpy
3	
4	<code>pKa=float(input('Entrer le pKa de l acide : pKa = '))</code>
5	<code>pH=np.linspace(0,14,100)</code> # tableau de valeurs de pH
6	<code>C0=</code> # concentration initiale en mol/L
7	<code># Expressions mathématiques des concentrations à l'équilibre</code>
8	<code>C_Ind=</code> # concentration forme basique Ind⁻ en mol/L
9	<code>C_IndH=</code> # concentration forme acide IndH en mol/L
10	<code># Mise en forme du graphique-</code>
11	<code>plt.grid()</code>
12	<code>plt.title("Diagramme de distribution", fontsize=16,fontweight='bold',color="red")</code>
13	<code>plt.xlabel(('pH'),fontweight='bold',fontsize=13)</code>
14	<code>plt.ylabel(('Concentrations (mol/L)'),fontweight='bold',fontsize=13)</code>
15	<code># Tracé des courbes</code>
16	<code>plt.plot(pH,C_IndH,'bo-',label=r'\$\mathbf{[IndH]}\$')</code>
17	<code>plt.plot(pH,C_Ind,'r+-',label=r'\$\mathbf{[Ind^-]}\$')</code>
18	<code># Tracé légende</code>
19	<code>plt.legend(fontsize=14,facecolor='#baa8ec',loc='best')</code>
20	<code>plt.show()</code>

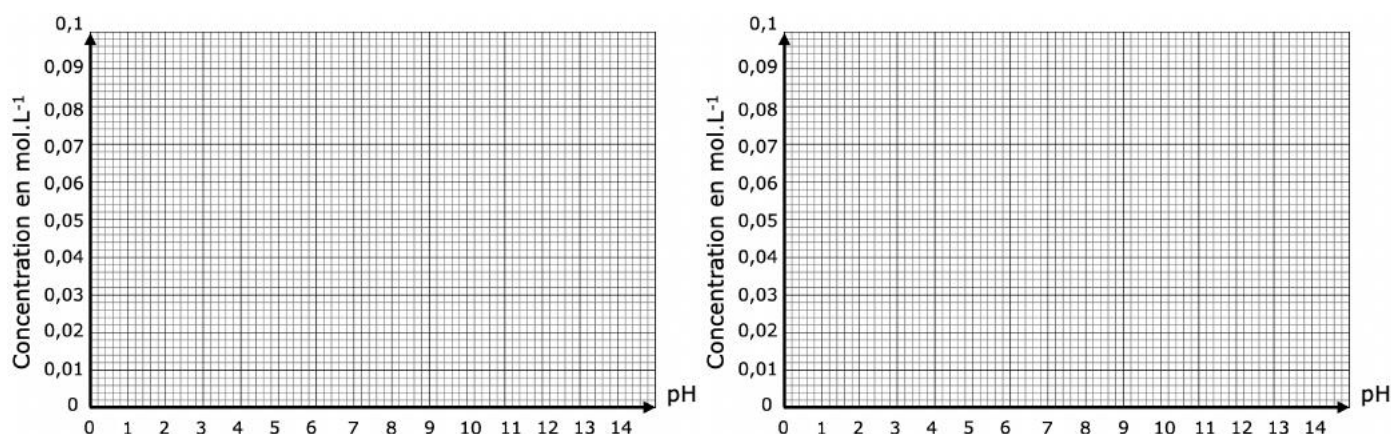
6. Identifier dans le programme les lignes de code qui permettent de tracer les concentrations à l'équilibre de IndH et de Ind⁻ en fonction du pH.
7. Compléter les lignes de code 6, 8 et 9 afin de pouvoir exécuter le programme Python.

📌 Rappels Python :

- Le séparateur décimal est le point (par exemple 0.25 et non 0,25)
- La multiplication se note avec le symbole *
- Une puissance de 10 s'écrit avec l'opérateur exponentiation **. Exemple 10**(-)3 pour 10⁻³.

■ Sur l'ordinateur :

- Ouvrir Trinket (<https://trinket.io/python3>) ou Edupython
 - Copier-coller le programme complété précédemment.
 - Modifier le programme afin que le titre du graphique devienne : « **Diagramme de distribution du rouge de crésol** » puis exécuter le programme en saisissant la valeur du **pKa** correspondante.
 - Modifier ensuite le titre pour afficher : « **Diagramme de distribution du bleu de bromothymol** » puis relancer le programme en entrant le **pKa** adapté.
 - Observer comment les courbes de [IndH] et [Ind⁻] évoluent en fonction du pH.
8. Reproduire ci-dessous les diagrammes de distribution du rouge de crésol et de BBT obtenus



9. Modifier les valeurs de la ligne 5 et expliquer à quoi sert cette instruction.

Indicateur	Couleur (base)	Couleur (acide)
Bleu de bromothymol (BBT)	Bleu	Jaune
Rouge de crésol	Mauve	Jaune

10. Hachurer en couleur les différentes zones sur les diagrammes de distribution ci-dessus. (Cela permet de visualiser la prédominance de la forme acide ou basique.)
11. Indiquer comment déterminer graphiquement la valeur du pK_a de l'indicateur.
12. Pour chaque indicateur étudié, indiquer l'intervalle de pH correspondant à sa zone de virage (changement de couleur).