

Un indicateur coloré : le BBT

Le bleu de bromothymol est un couple acide/base dont la forme acide notée HInd et la forme basique notée Ind^- ont des teintes différentes.

1. Les différentes teintes du bleu de bromothymol

1.1. Placer dans un tube à essais environ 2 mL d'une solution d'acide chlorhydrique et ajouter une goutte de solution de bleu de bromothymol ; dans un autre tube introduire environ 2 mL d'une solution de soude et une goutte de bleu de bromothymol

- Quelle est la couleur de sa forme acide HInd ?
- Quelle est la couleur de sa forme basique Ind^- ?
- Connaissez-vous d'autres couples acide-base dont les formes acide et basique n'ont pas la même couleur ?

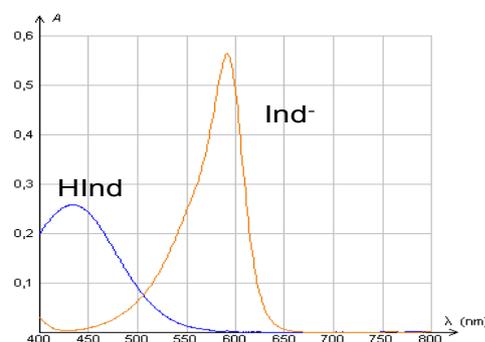
1.2. À l'aide du rétroprojecteur le professeur éclaire par une lumière blanche deux cuves superposées contenant l'une l'entité HInd en solution et l'autre l'entité Ind^- .

- Quelle est la couleur de la lumière transmise ?
- Connaissez-vous une autre situation où un tel phénomène coloré est mis à profit ?

2. Spectres d'absorption des espèces HInd et Ind^-

Le professeur éclaire par une lumière blanche les deux cuves précédentes. En plaçant un réseau sur le trajet de la lumière, on observe le spectre d'absorption de chacune des 2 formes en solution.

Par ailleurs, à l'aide d'un spectrophotomètre, l'absorbance de chaque forme en fonction de la longueur d'onde a été mesurée et est reproduites ci-contre.



1. Montrer que ces courbes sont en accord avec l'observation des spectres d'absorption observés avec le réseau.

2. Pour quelle longueur d'onde λ_A l'absorbance de la forme acide HInd est-elle maximale ? Quelle est la couleur de la lumière correspondant à cette longueur d'onde ?

3. Pour quelle longueur d'onde λ_B l'absorbance de la base Ind^- est-elle maximale ? Quelle est la couleur de la lumière correspondant à cette longueur d'onde ?

4. Rappeler la relation entre l'absorbance A et la concentration molaire (effective) C d'une espèce chimique colorée. Pour une solution donnée, quel facteur d'influence peut-on envisager pour l'absorbance ?

5. On va étudier par spectrophotométrie diverses solutions aqueuses de BBT, de même concentration en soluté apporté : $C = [\text{HInd}] + [\text{Ind}^-]$, de pH différents.

- Qu'est-ce qui change (à part le pH) entre ces différentes solutions ?
- Pourquoi est-il plus simple d'étudier de telles solutions à la longueur d'onde $\lambda = 625 \text{ nm}$ (par exemple) plutôt qu'à $\lambda' = 525 \text{ nm}$?

3. Etude spectrophotométrique du bleu de bromothymol

3.1. Principe et objectif du TP – Plusieurs solutions S_i fabriquées par les binômes de la classe ont leur pH et leur couleur différents. On mesure leur pH et leur absorbance à $\lambda = 587 \text{ nm}$. On en déduit $[\text{Ind}^-]$ par la relation 2.4, puis $[\text{HInd}]$ par la relation 2.5. Le graphe représentant ces deux concentrations en fonction du pH s'appelle le diagramme de distribution des formes du couple HInd/Ind^- ; il se révélera fort utile lors de l'étude des acides et des bases.

3.2. Protocole

- A l'aide d'une pipette jaugée, introduire 5,0 mL de solution de BBT de concentration $C = 0,2 \text{ g.L}^{-1}$ dans une fiole jaugée de 100,0 mL.
- Ajouter exactement 20,0 mL d'une solution de dihydrogénophosphate de potassium KH_2PO_4 de concentration $c_p = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.
- Avec une burette, ajouter un volume V_i de soude de concentration $c_s = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$; V_i est déterminé par le numéro de poste de votre paillasse comme l'indique le tableau suivant.

N° de poste	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
V_i (mL)	2,0	3,0	4,0	5,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0

- Compléter la fiole avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et agiter la par retournement. Inscire sur la fiole le numéro de votre poste.
- Étalonner un pH-mètre et mesurer le pH de la solution préparée. Noter le résultat au tableau.
- Etalonner le colorimètre : insérer la cuve vide dans le porte cuve, couvrir avec le capot noir, régler à l'aide du bouton « réglage du blanc » pour obtenir 1V sur la sortie 2 correspondant à 100% de transmission. Brancher la sortie 1, mesurer l'absorbance A de votre solution. Noter le résultat au tableau.
- Placer la fiole sur le bureau du professeur dans l'ordre indiqué par son numéro.

3.3. Résultats

Les résultats de tous les groupes sont notés au tableau et réunis également dans le tableau ci-dessous.

N° fiole	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	
pH	2										12	
Absorbance	0.00											
[In ⁻] (mol.L ⁻¹)												
[HIn] (mol.L ⁻¹)												

- Pourquoi peut-on écrire la relation $A = k \cdot [\text{Ind}^-]$?
- En utilisant la valeur $k = 26\,200 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L}$, déterminer $[\text{Ind}^-]$.
- En admettant que la concentration C soit égale à $[\text{Ind}^-]$ pour la solution n° 10, calculer $[\text{HInd}]$ et reporter ces valeurs au tableau.

3.4. Diagramme de distribution et détermination du K_A du BBT

- Représenter sur un même graphique les variations de $[\text{Ind}^-]$ et $[\text{HInd}]$ en fonction du pH. On appelle ce graphique diagramme de distribution.
- En déduire le domaine de prédominance de chaque forme du couple du BBT.
- Quelle relation peut-on écrire entre pH, $\text{p}K_A$ (défini par $\text{p}K_A = -\log K_A$), $[\text{Ind}^-]$ et $[\text{HInd}]$?
- Montrer que $\text{pH} = \text{p}K_A$ quand $[\text{Ind}^-] = [\text{HInd}]$ et déduire du diagramme de distribution la valeur du $\text{p}K_A$ du BBT.
- Estimer puis indiquer sur le diagramme de distribution la couleur d'une solution en fonction de son pH en admettant que l'indicateur a la teinte de :
 HInd lorsque $[\text{HInd}] > 10 \times [\text{Ind}^-]$,
et celle de Ind^- lorsque $[\text{Ind}^-] > 10 \times [\text{HInd}]$.
- On appelle zone de virage d'indicateur la zone intermédiaire de couleur du diagramme de distribution. Observer les solutions de BBT placées sur le bureau du professeur et comparer la zone de changement de teinte de l'indicateur coloré avec celle estimée sur le diagramme de distribution.
- Comparer la couleur obtenue lors de l'expérience 1.1.2 avec celle de la teinte intermédiaire du BBT et comparer (au niveau microscopique) les deux solutions de l'expérience 1.1.2 avec une des solutions ayant la teinte sensible.