EXERCICE 2 (6 points)

(physique-chimie)

Étude d'un indicateur coloré

Le bleu de bromothymol est un indicateur coloré souvent utilisé lors de dosages acido-basiques. Ses formes acide et basique constituent un couple acide base qui sera noté $\mathrm{BBTH^+/BBT}$. Elles présentent des teintes différentes en solution aqueuse : jaune pour $\mathrm{BBTH^+}$ et bleue pour BBT.

Les spectres d'absorption 1 et 2 présentés sur la **figure 1** ci-après ont été obtenus par spectrophotométrie UV-visible. On désire déterminer le spectre (1 ou 2) correspondant à chaque espèce chimique : $\mathrm{BBTH^+}$ et BBT.

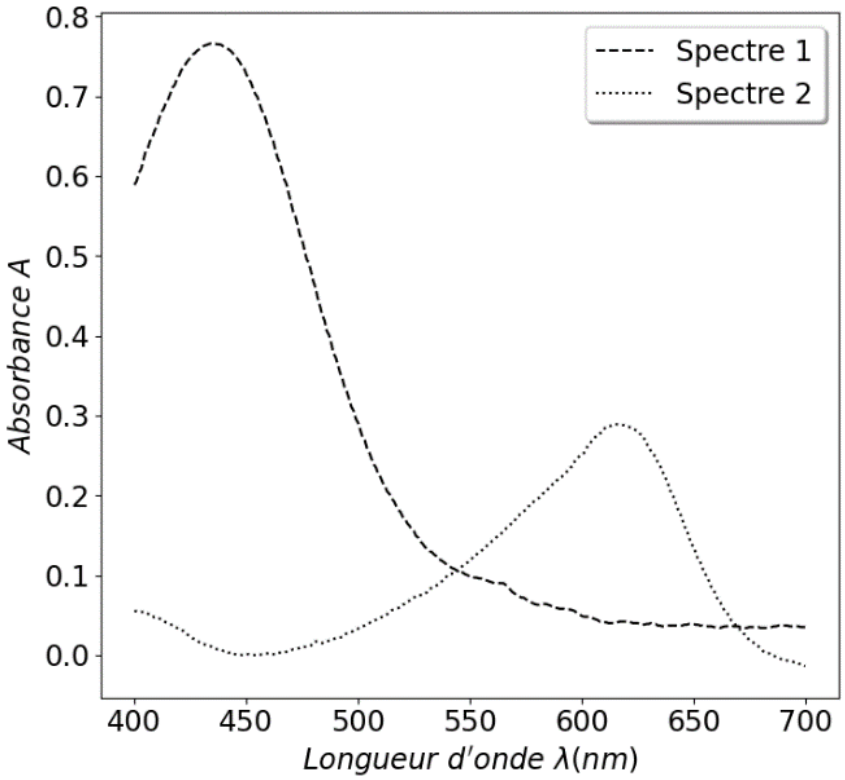


Figure 1 : spectres d'absorption des formes acide et basique du bleu de bromothymol

1. Déterminer, pour chacun des spectres 1 et 2, la longueur d'onde λ_{max} correspondant au maximum d'absorption.

La **figure 2**, fournie sur la page suivante, présente le cercle chromatique.

Exemple d'utilisation : une solution ayant un maximum d'absorption à la longueur d'onde $\lambda_{\mathrm{max}} = 530\ \mathrm{nm}$ apparaîtra de couleur magenta.

2. À l'aide de la **figure 2**, déterminer la couleur de chacune des solutions utilisées pour tracer les spectres 1 et 2.

3. Associer, en justifiant la réponse, les spectres 1 et 2 aux espèces chimiques $\mathrm{BBTH^+}$ et BBT.

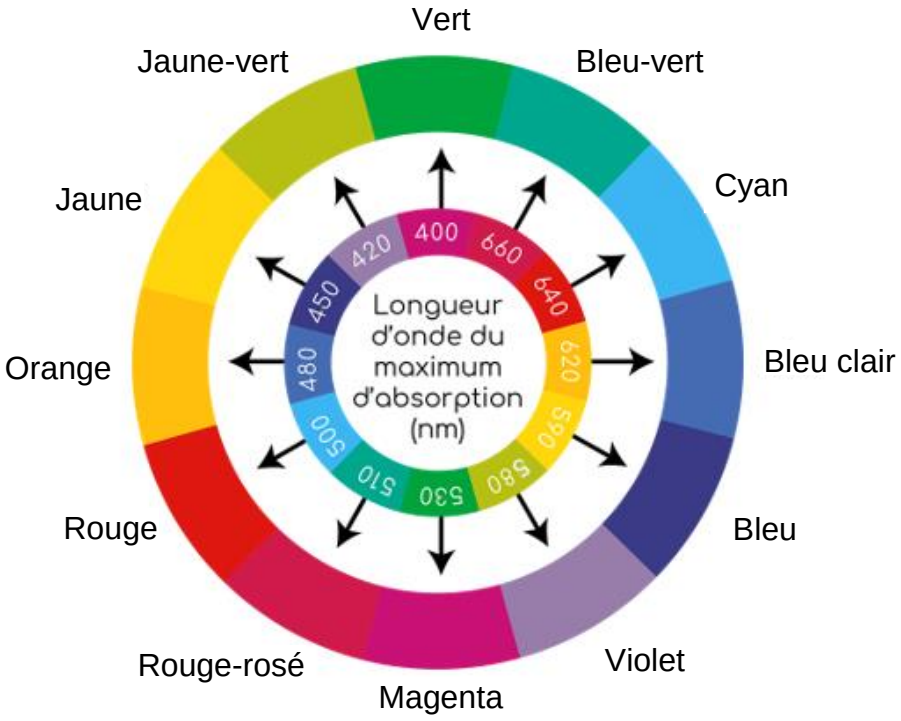


Figure 2 : le cercle chromatique

Source : *d'après https://nutrixeal-info.fr/index/carotenoides*

On souhaite maintenant déterminer le pKa du couple $\mathrm{BBTH^+/BBT}$. Des solutions aqueuses de bleu de bromothymol (voir **figure 3** ci-après) sont préparées à des pH différents, en vue d'une étude spectrophotométrique. Les couleurs vont du jaune (pH les plus faibles) au bleu (pH les plus élevés) en passant par la couleur verte.

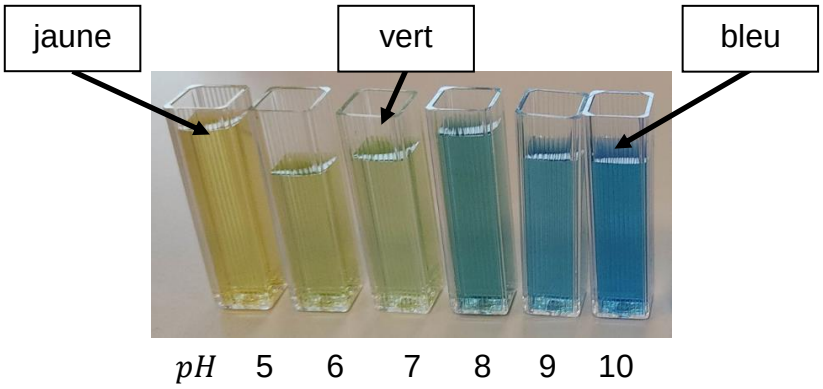


Figure 3 : variation de la couleur d'une solution aqueuse de bleu de bromothymol en fonction du pH

On mesure l'absorbance, à une longueur d'onde judicieuse, des différentes solutions présentées sur la **figure 3**. Ces valeurs d'absorbance permettent de calculer les concentrations en quantité de matière des espèces chimiques BBT et $\mathrm{BBTH^+}$, notées respectivement $[\mathrm{BBT}]$ et $[\mathrm{BBTH^+}]$, puis d'établir le diagramme de distribution représentant l'évolution des concentrations $[\mathrm{BBT}]$ et $[\mathrm{BBTH^+}]$ en fonction du pH de la solution. Ce diagramme est disponible dans le **document réponse DR1 page 10 à rendre avec la copie**.

4. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique ayant lieu entre l'espèce chimique BBTH^+ et l'eau.

5. Exprimer la constante d'acidité Ka du couple $\mathrm{BBTH}^+/\mathrm{BBT}$ en fonction des concentrations en quantité de matière des espèces chimiques présentes en solution.

6. Écrire la relation entre la constante d'acidité Ka et le pKa d'un couple acide-base.

On admet que le pKa du couple $\mathrm{BBTH}^+/\mathrm{BBT}$ s'exprime de la façon suivante :

$$pKa = pH - \log \frac{[\mathrm{BBT}]}{[\mathrm{BBTH}^+]} \qquad \textbf{relation (1)}$$

7. À l'aide de la **relation (1)**, montrer que la valeur du pH d'un mélange équimolaire des espèces BBTH^+ et BBT est égale au pKa du couple $\mathrm{BBTH}^+/\mathrm{BBT}$.

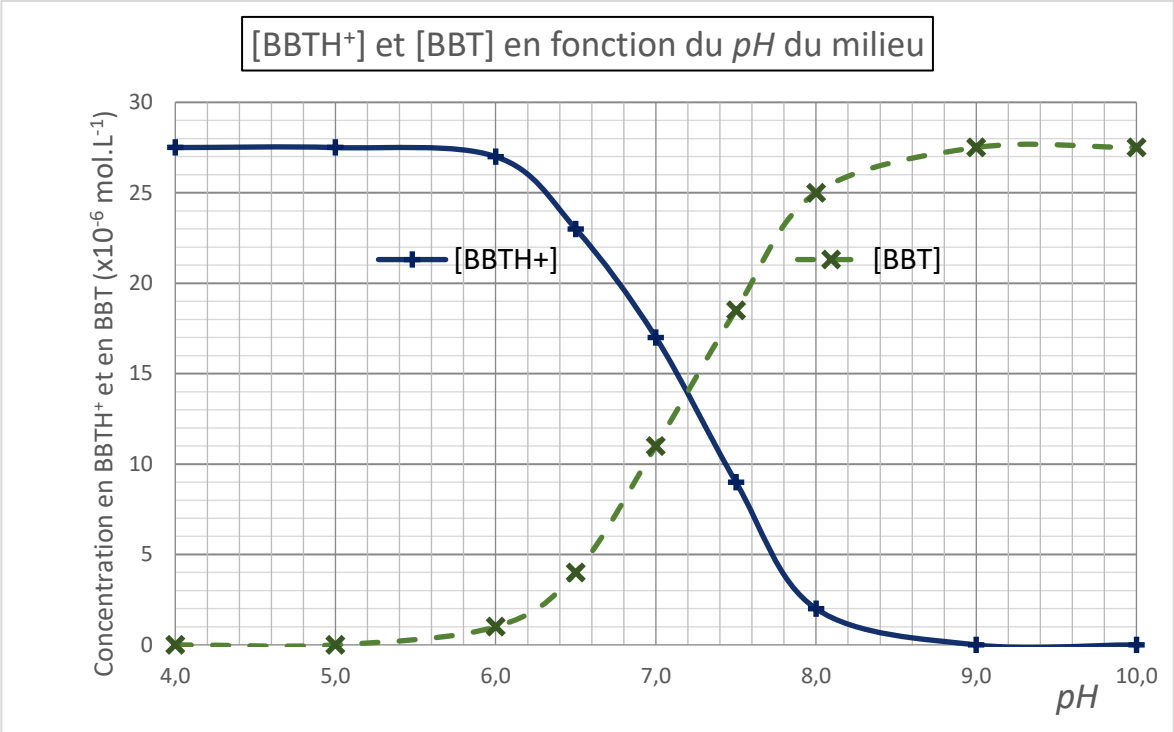
8. En s'appuyant sur la réponse à la question 7 et sur le diagramme de distribution du **document réponse DR1 page 10 à rendre avec la copie**, déterminer la valeur du pKa du couple $\mathrm{BBTH}^+/\mathrm{BBT}$. Le raisonnement sera clairement explicité et les traits de construction devront apparaitre sur le diagramme.

9. Tracer le diagramme de prédominance du couple $\mathrm{BBTH}^+/\mathrm{BBT}$.

Un technicien prépare une solution tampon à partir des espèces chimiques BBTH^+ et BBT.

10. Donner la définition d'une solution tampon.

11. Déterminer, en justifiant la réponse, la couleur de la solution tampon préparée par le technicien.

DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

DR1 – Exercice 2 : diagramme de distribution du couple $\mathrm{BBTH^+/BBT}$