

EXERCICE 3 - DOSAGE DU PHOSPHORE DANS UNE EAU DE PISCINE (4 POINTS)

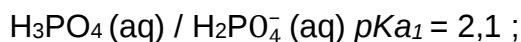
La pollution d'une eau peut être due à différentes espèces chimiques. La pollution au phosphore est souvent sous-estimée mais peut être la cause d'une prolifération d'algues vertes, et réduire l'efficacité des produits de traitement, ce qui pose un problème, notamment dans les bassins de piscine.

Le phosphore existe sous diverses formes : PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- et H_3PO_4 . Par souci de simplification, nous appellerons ces espèces « espèces phosphorées ».

L'objectif de cet exercice est d'effectuer un contrôle qualité de l'eau d'une piscine pour savoir s'il y a un risque de prolifération d'algues.

Données :

- couples acide-base des espèces phosphorées accompagnées de leur valeur de pK_a :



Le diagramme de distribution des couples acide-base des espèces phosphorées est représenté figure 1.

Proportions

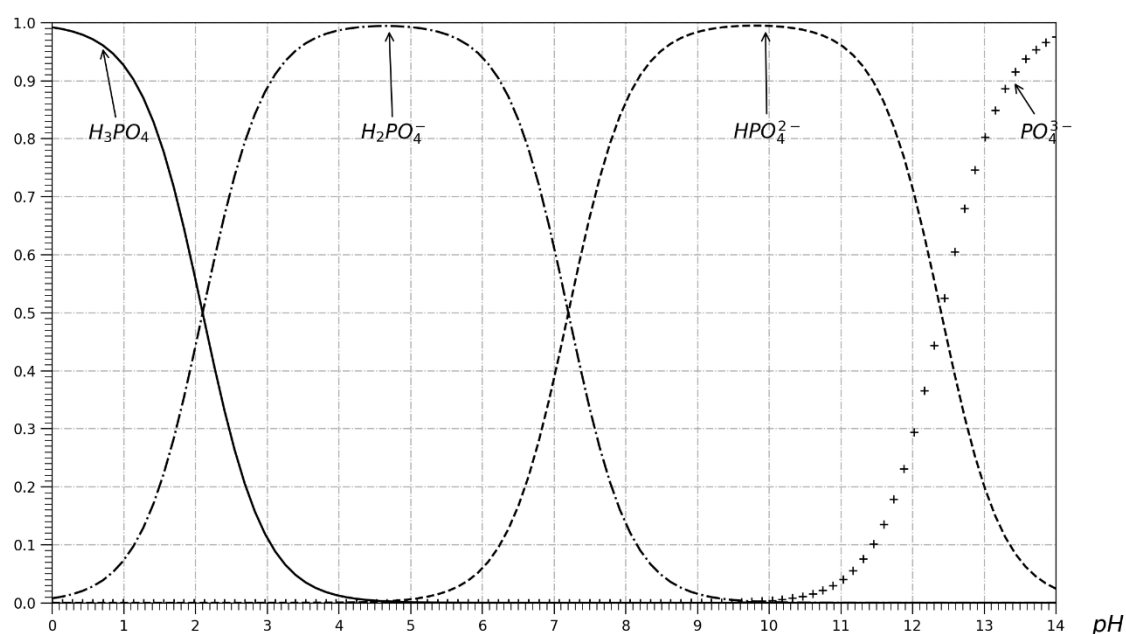


Figure 1. Diagramme de distribution des espèces acido-basiques de l'acide phosphorique.

Q1. À l'aide de la figure 1, déterminer la valeur du pK_{a2} du couple ($\text{H}_2\text{PO}_4^- (\text{aq}) / \text{HPO}_4^{2-} (\text{aq})$) et la valeur du pK_{a3} du couple ($\text{HPO}_4^{2-} (\text{aq}) / \text{PO}_4^{3-} (\text{aq})$).

Q2. Représenter le diagramme de prédominance de ces espèces phosphorées. En déduire la nature de l'espèce phosphorée majoritaire dans l'eau d'une piscine dont le pH vaut 7,0.

Les espèces phosphorées sont incolores. Dans l'objectif de réaliser un dosage spectrophotométrique, il est donc nécessaire d'ajouter à la solution un réactif spécifique qui permettra de former un composé coloré.

Le spectre d'absorbance du composé coloré ainsi que le cercle chromatique sont donnés en figure 2.

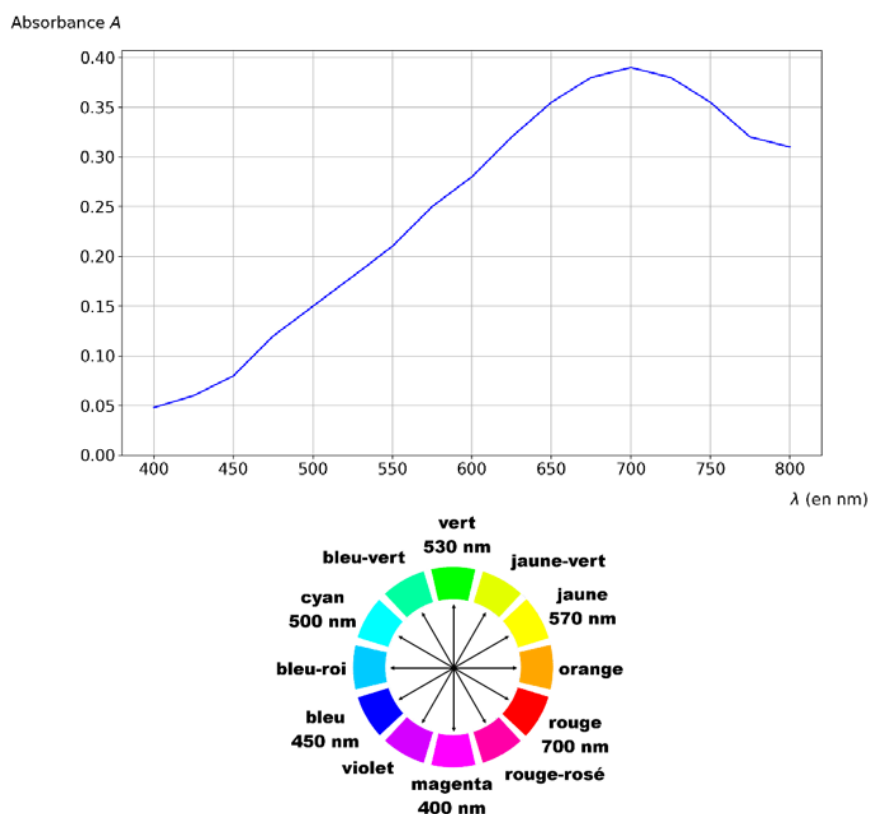


Figure 2. Spectre d'absorbance du composé coloré et cercle chromatique.

Q3. À l'aide de la figure 2 et en expliquant votre démarche, proposer une valeur de longueur d'onde λ à laquelle il serait judicieux de régler le spectrophotomètre. Préciser, en justifiant, la couleur du composé coloré formé après ajout du réactif.

Dans l'objectif de préparer une gamme étalon, on cherche, dans un premier temps, à fabriquer une solution S_0 de concentration en quantité de matière en espèce phosphorée $C(S_0) = 3,67 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Le solide utilisé pour la dissolution est le dihydrogénophosphate de potassium de formule brute KH_2PO_4 . On considère alors que tout le solide se dissout et que la quantité de matière en espèce phosphorée dissoute est égale à la quantité de matière de solide introduite.

Donnée :

➤ masse molaire du dihydrogénophosphate de potassium solide : $M(\text{KH}_2\text{PO}_4) = 136 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Q4. Montrer que la masse m qu'il faut prélever pour préparer la solution S_0 dans une fiole jaugée de volume $V = 200$ mL est voisine de 100 mg.

Les concentrations en masse en espèces phosphorées présentes dans l'eau de piscine sont relativement faibles (de l'ordre de 0,05 à 1,00 mg par litre de solution). C'est pourquoi il est nécessaire de diluer au préalable cette solution S_0 cent fois pour obtenir une solution notée S .

Q5. Écrire en le détaillant, le protocole de la préparation de la solution S à partir de la solution S_0 . Préciser la verrerie utilisée ainsi que son volume.

Une gamme étalon est enfin effectuée à partir de la solution S en suivant le protocole suivant :

- on prélève un volume de solution S selon les conditions résumées dans le tableau ci-dessous et on l'insère dans une fiole jaugée de 25,0 mL ;
- un volume de 5,00 mL de réactif spécifique permettant la formation du complexe coloré est ajouté dans chaque fiole ;
- chaque solution est complétée avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge de la fiole jaugée qui est ensuite bouchée et agitée ;
- l'absorbance de chaque solution de la gamme étalon est alors mesurée.

Solution de volume total 25 mL	S_{F0}	S_{F1}	S_{F2}	S_{F3}	S_{F4}
Volume de solution S (en mL)	0	2,50	5,00	7,50	10,0
Concentration en masse C en espèces phosphorées en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0	0,50	1,00	1,50	2,00
Absorbance mesurée	0,000	0,080	0,162	0,231	0,311

Tableau donnant les concentrations en masse des solutions filles élaborées.

La courbe d'étalonnage correspondant à ces solutions filles a été réalisée :

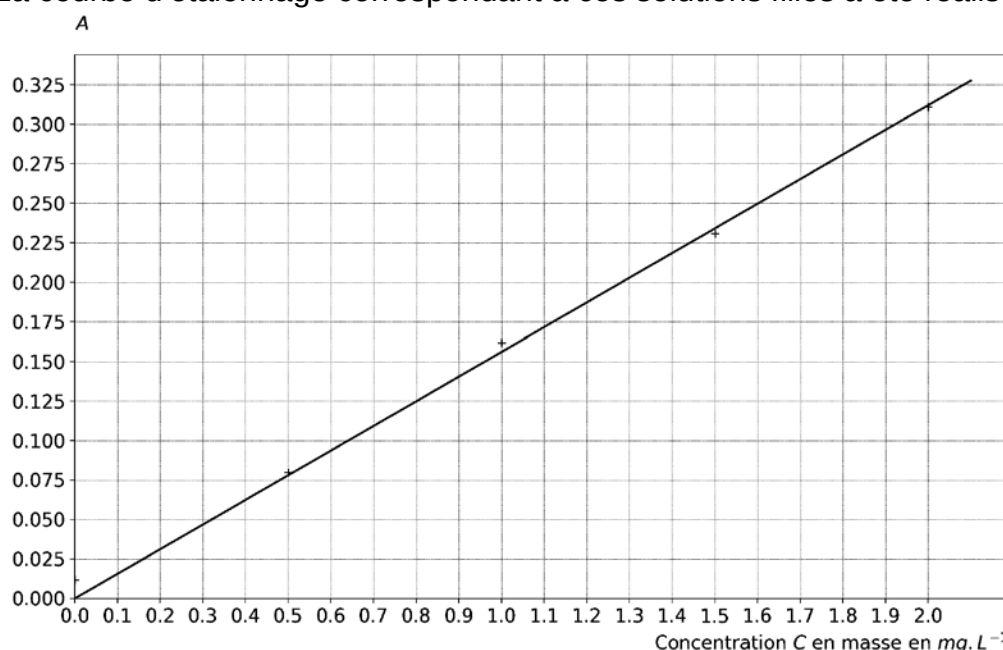


Figure 3. Graphique représentant l'absorbance des solutions étalon en fonction de leur concentration en masse C en espèces phosphorées.

Q6. Justifier que l'absorbance peut être modélisée par la relation $A = k \cdot C$ et vérifier que le coefficient k a pour valeur $0,156 \text{ L} \cdot \text{mg}^{-1}$ à l'aide d'une méthode de votre choix.

Avant d'analyser l'échantillon d'eau de piscine, il est nécessaire de le filtrer sur filtre Büchner. Le filtrat est ainsi récupéré.

On récupère après la filtration sur filtre Büchner, $V_{\text{filtrat}} = 5,00 \text{ mL}$ du filtrat de l'eau de la piscine qui est placé dans une fiole jaugée de $25,0 \text{ mL}$, auquel on ajoute $V_{\text{réactif}} = 5,00 \text{ mL}$ de réactif spécifique afin d'obtenir le complexe coloré. On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on agite.

L'absorbance de la solution filtrée et colorée est ensuite mesurée à la même longueur d'onde que précédemment. L'absorbance mesurée vaut $A_{\text{eau}} = 0,075$.

Données :

Concentration en masse en espèces phosphorées (en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Qualité de l'eau
0,05 – 0,2	Bonne
0,2 – 0,5	Passable
0,5 – 1,0	Mauvaise
Supérieure à 1,0	Très mauvaise

Tableau donnant la qualité de l'eau en fonction de la concentration en masse en espèces phosphorées

Source : SAGE Mayenne – Janvier 2013

Source : BD Carthage®©IGN MATE 2001 Agence de l'eau - CG

Q7. À partir des données et des résultats expérimentaux, donner la qualité de l'eau de piscine étudiée.