

Méthode générale pour une résolution de problème :

Identifier la problématique. Si elle n'est pas évidente, analyser les documents et revenir ensuite à la problématique.

Il est impératif d'utiliser un brouillon.

Pour chaque document, extraire les données :

Attribuer une notation à chaque grandeur, noter sa valeur **avec ses unités**.

Noter chaque relation et la transformer en expression littérale si nécessaire.

Placer toutes ces informations sur votre brouillon, comme une carte mentale. (voir <https://bubbl.us>).

Tenter de relier les informations.

Faire les calculs qui semblent accessibles. Stocker ces résultats en mémoire de la calculatrice et bien noter la lettre de la mémoire utilisée (STO → A ou B, etc.). Noter une valeur arrondie sur le brouillon.

Indiquer l'objectif de chaque calcul.

Travailler au maximum avec des expressions littérales, plus faciles à manier que des nombres forcément arrondis.

Si la problématique est résolue, répondre de façon ordonnée sur la copie.

Regard critique : Si le résultat obtenu semble faux, il faut reprendre les étapes suivies sur le brouillon et tenter d'identifier la cause.

Si l'erreur n'est toujours pas visible, il faut signaler que votre résultat semble faux et pourquoi.

Si la problématique n'est pas résolue. Ce n'est pas dramatique !

Reporter tous les raisonnements même incomplets sur la copie. Faire part de vos difficultés par écrit.

Tous les calculs doivent être écrits, il ne faut pas se contenter de donner des résultats.

Il faut clairement séparer les réponses aux questions préalables et la résolution du problème.

Questions préalables :

Les étudiants ont effectué des dilutions en ajoutant une solution tampon de pH = 10,4.

Or le pKa du PNP vaut 7,2.

Dans ces conditions expérimentales, pH > pKa alors le PNP est essentiellement sous forme de sa base conjuguée $C_6H_4NO_3^-$.

Remarque : Ne pas confondre forme (acide ou basique) avec l'état (solide, liquide, gazeux, aqueux).

Sur le document 2, on constate que l'absorbance maximale du PNP sous forme acide (spectre 1) est inférieure à celle du PNP sous forme basique (spectre 2).

Or l'erreur relative sur la mesure de l'absorbance est d'autant plus faible que la valeur de A est élevée.

Il est donc préférable de travailler en solution basique, comme l'ont fait les étudiants.

La longueur d'onde λ_{max} correspondant à l'absorbance maximale pour la forme basique est légèrement supérieure à 400 nm, ce qui justifie le choix d'une radiation visible pour les mesures de l'absorbance.

Résolution de problème

Il s'agit de déterminer la concentration massique en PNP de l'eau à l'aide d'une étude spectrophotométrique, puis de la comparer à la valeur maximale autorisée par l'agence américaine EPA.

Les étudiants ont préparé une gamme de solutions étalons afin de mettre en œuvre la loi de Beer-Lambert.

Déterminons les concentrations massiques de ces solutions obtenues par dilution.

Solution mère : S_0

Solution fille : S_i

V_i voir tableau

$V = 100,0$ mL

$C_0 = 100$ mg.L⁻¹

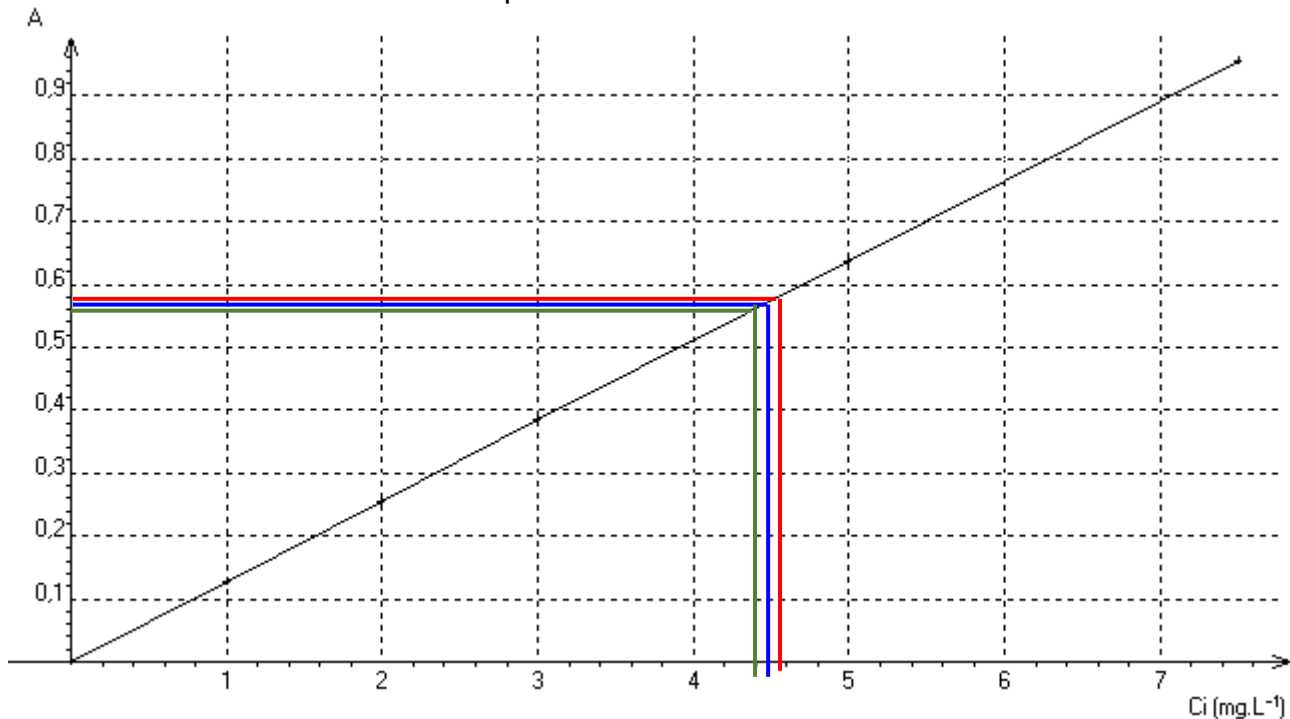
$C_i = ?$

Au cours de la dilution, la masse de PNP se conserve donc $V_i \cdot C_0 = V \cdot C_i$

Ainsi $C_i = \frac{V_i \cdot C_0}{V}$, avec les valeurs numériques on a $C_i = \frac{V_i \times 100}{100,0} = V_i$.

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
V_i (mL)	1,0	2,0	3,0	5,0	7,5
C_i (en mg.L ⁻¹)	1,0	2,0	3,0	5,0	7,5
A	0,128	0,255	0,386	0,637	0,955

À partir de leurs résultats expérimentaux, traçons la courbe représentative de l'absorbance en fonction de la concentration massique en PNP.



Cette courbe est une droite passant par l'origine, ce qui est conforme à la loi de Beer-Lambert. Pour déterminer la concentration massique C' en PNP de la solution S' , on lit l'abscisse du point d'ordonnée $A' = 0,570$.

On lit $C' = 4,5$ mg.L⁻¹.

Cependant si l'on tient compte de l'incertitude égale à 0,010 sur A, on peut dire que $4,4 \leq C' \leq 4,6$ mg.L⁻¹.

La solution S' a été obtenue en mélangeant 50,0 mL de solution S et 50,0 mL de solution tampon.

Solution mère : S

$$C = ?$$

$$V = 50,0 \text{ mL}$$

$$C.V = C'.V'$$

$$\text{Soit } C = \frac{C'.V'}{V}$$

$$\frac{4,4 \times 100}{50,0} \leq C \leq \frac{4,6 \times 100}{50,0}$$

$$8,8 \leq C \leq 9,2 \text{ mg.L}^{-1}$$

Solution fille : S'

$$4,4 \leq C' \leq 4,6 \text{ mg.L}^{-1}$$

$$V' = 50,0 + 50,0 = 100,0 \text{ mL}$$

Cette solution S est 100 fois plus concentrée en PNP que l'eau avant évaporation donc

$C_E = \frac{C}{100}$, où C_E est la concentration massique en PNP de l'eau.

$$\frac{8,8}{100} \leq C_E \leq \frac{9,2}{100} \text{ mg.L}^{-1}$$

$$88 \leq C_E \leq 92 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$$

Le seuil fixé par l'agence américaine de protection environnemental EPA est $60 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$. La valeur obtenue expérimentalement pour l'eau étudiée est supérieure à ce seuil, **elle n'est donc pas potable sur le continent américain.**

Mais cette eau serait déclarée potable au Brésil, et enfin non potable en Europe !

Niveau A : Les indicateurs choisis apparaissent dans leur (quasi) totalité.

Niveau B : Les indicateurs choisis apparaissent partiellement.

Niveau C : Les indicateurs choisis apparaissent de manière insuffisante.

Niveau D : Les indicateurs choisis ne sont pas présents.

Grille n° 1

Compétence	Indicateurs de réussite	A	B	C	D
S'approprier Extraire des informations. Mobiliser ses connaissances.	<ul style="list-style-type: none"> - La comparaison entre le pH expérimental et la valeur du pKa est explicite. - Les spectres 1 et 2 sont attribués respectivement aux formes acide et basique du PNP. - Les valeurs des longueurs d'onde d'absorbance maximale (environ 320 et 400 nm) lues sur les spectres du document 2 sont attribuées respectivement à l'ultraviolet et au visible. 				
Analyser Organiser et exploiter ses connaissances et les informations extraites. Construire les étapes d'une résolution de problème. Justifier un choix expérimental lors d'un protocole.	<ul style="list-style-type: none"> - La prédominance de la forme basique du PNP dans les conditions opératoires est argumentée. - Les critères de choix de la longueur d'onde 400 nm sont formulés. - Le passage des volumes V_i aux concentrations des solutions S_i est argumenté (dilution). - Les absorbances A_i des solutions étalons sont exploitées (graphiquement ou de manière calculatoire pour montrer la proportionnalité entre A et C) pour déterminer la valeur de la concentration de la solution S'. - Le passage de la concentration de S' à la concentration de S puis à celle de E est argumenté. - Les choix expérimentaux (longueur d'onde 400 nm, pH basique, blanc avec la solution tampon) sont justifiés. <p>Remarque : il n'est pas exigé que la loi de Beer-Lambert soit citée.</p>				
Réaliser Effectuer des calculs littéraux et numériques. Tracer un graphique ou construire un tableau. Exprimer les résultats.	<ul style="list-style-type: none"> - Les calculs sont mathématiquement justes (indépendamment d'une erreur éventuelle relevant de la compétence <i>analyser</i>) - Les unités sont correctes. - Le graphique (ou le calcul du coefficient de proportionnalité par construction du tableau) fait explicitement apparaître les légendes et les unités. - L'incertitude sur A est prise en compte. - Le résultat est exprimé avec une incertitude. 				
Valider Discuter de la signification d'un résultat au regard de normes.	<ul style="list-style-type: none"> - La conclusion sur le caractère potable ou non de l'eau fait clairement apparaître les différences de normes selon les pays. 				
Communiquer Décrire la démarche suivie.	<ul style="list-style-type: none"> - La démarche est exprimée clairement et elle est en cohérence avec les calculs effectués (même si elle est incomplète ou erronée) 				

Les cinq compétences sont affectées de coefficients : s'approprier (1), analyser (3), réaliser (3), valider (1), communiquer (1). La grille suivante (n°2) permet de reporter les niveaux de compétences de la grille 1 en prenant en compte ces différents coefficients.

Grille n° 2

Coefficient	Compétence	A	B	C	D
1	S'approprier				
3	Analyser				
3	Réaliser				
1	Valider				
1	Communiquer				

Le regard porté sur la grille n°2 de manière globale aboutit, en fonction de la position des croix, à produire une **note au demi-point** évaluant la production de l'élève.

Repères pour convertir la grille n° 2 en note :

- Majorité de A et éventuellement un ou deux B : 5
- Majorité de B (sans C ou D) : 4
- Majorité de B avec quelques C ou D : 3
- Equilibre entre (A, B) et (C, D) : 2,5
- Forte majorité de C : 2
- Forte majorité de D : 1
- Seulement des D : 0