

Suivi spectrophotométrique

Exercices de sciences physiques - niveau 1re

Vingt exercices progressifs sur le suivi spectrophotométrique : absorbance et transmittance, loi de Beer-Lambert, dilutions, droites d'étalonnage, limites de la loi, suivi cinétique et temps de demi-réaction. Les données utiles sont rappelées dans chaque énoncé. Cherche seul(e) avant d'ouvrir le corrigé séparé.

Cette fiche d'exercices est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Les exercices sur le suivi spectrophotométrique

Exercice 1 : Questions de cours

1. Comment définit-on l'absorbance d'une solution ? Quelle est son unité ?
2. Énonce la loi de Beer-Lambert et précise l'unité de chaque grandeur.
3. Pourquoi se place-t-on à la longueur d'onde $\lambda_{\max}$ pour les mesures ?
4. À quoi sert le « blanc » réalisé avant les mesures ?

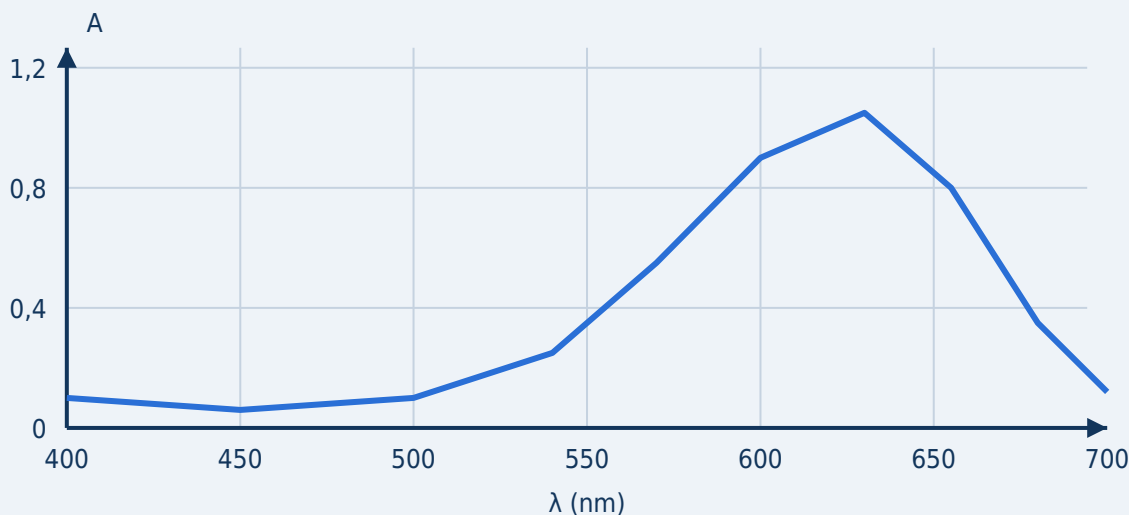
Exercice 2 : Vrai ou faux ?

Dis si chaque affirmation est vraie ou fausse et justifie en une phrase.

- a. L'absorbance s'exprime en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- b. Une solution qui paraît bleue absorbe surtout dans l'orange-rouge.
- c. Dans le domaine de validité de la loi, doubler la concentration double l'absorbance.
- d. Une solution qui transmet toute la lumière a pour absorbance 1.
- e. Le blanc se fait avec la solution la plus concentrée.
- f. Une absorbance de 3 est idéale pour appliquer la loi de Beer-Lambert.

Exercice 3 : Lire un spectre d'absorption

Le spectre d'absorption d'une solution colorée est représenté ci-dessous.



Absorbance d'une solution en fonction de la longueur d'onde.

1. Détermine la longueur d'onde $\lambda_{\max}$ et l'absorbance correspondante.
2. Dans quel domaine de couleurs la solution absorbe-t-elle le plus ? Quelle couleur paraît-elle avoir ?
3. Lis l'absorbance à 500 nm.
4. Pour doser cette solution, à quelle longueur d'onde faut-il se placer ? Pourquoi ?
5. Calcule la transmittance à $\lambda_{\max}$ et exprime-la en pourcentage.

Exercice 4 : Absorbance et transmittance

1. Calcule l'absorbance d'une solution pour laquelle $I_0 \div I = 10$.
2. Même question lorsque la solution transmet la moitié de la lumière incidente ($I = 0,50 \times I_0$).
3. Même question lorsque $I = 1,0 \%$ de I_0 .
4. Une solution a pour absorbance 0,70 : quelle fraction de la lumière transmet-elle ?

Exercice 5 : Appliquer la loi de Beer-Lambert

Une solution aqueuse de permanganate de potassium (KMnO_4 , $M = 158 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) a pour absorbance $A = 0,48$ à 530 nm dans une cuve de largeur $l = 1,0 \text{ cm}$. On donne $\epsilon = 2,4 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

1. Calcule la concentration c de la solution.
2. Quelle absorbance obtient-on avec la même solution dans une cuve de 2,0 cm ?
3. La solution mesure 250 mL. Calcule la quantité de matière puis la masse de permanganate de potassium dissous.

Exercice 6 : Attention aux unités

Un colorant a pour coefficient d'absorption molaire $\epsilon = 1,5 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. On mesure $A = 0,75$ dans une cuve de largeur $l = 10 \text{ mm}$.

1. Exprime l en centimètres.
2. Calcule la concentration c en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ puis en $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
3. Exprime ϵ en $\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$ ($1\text{ L} = 10^{-3}\text{ m}^3$).
4. Vérifie la valeur de A en travaillant uniquement en unités du système international.

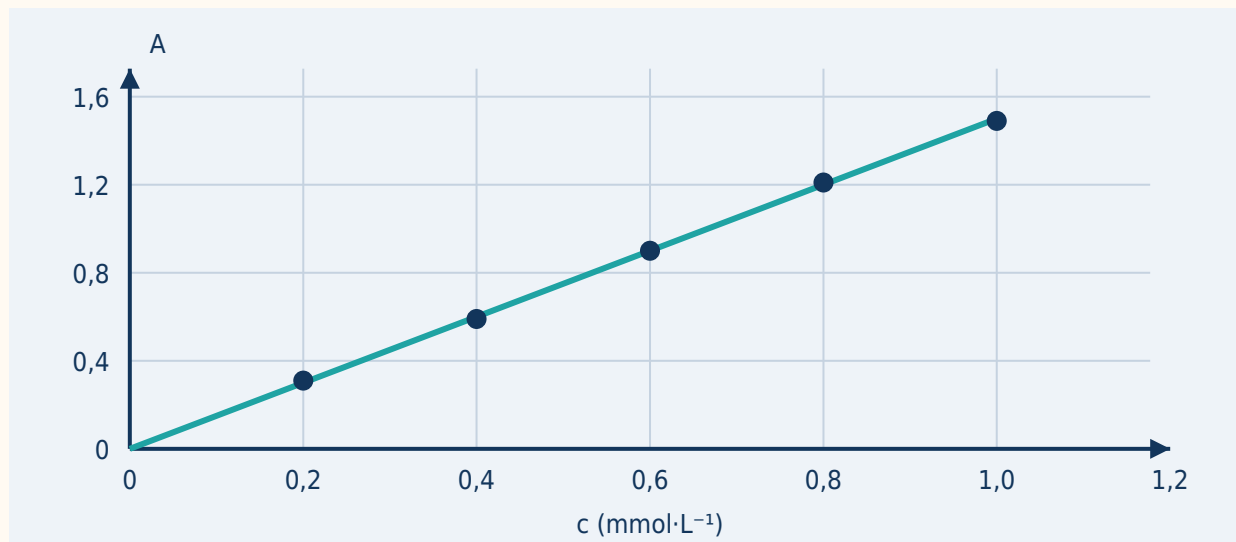
Exercice 7 : Préparer une gamme d'étalonnage

On dispose d'une solution mère de concentration $c_0 = 1,0 \times 10^{-3}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. On veut préparer cinq solutions filles de 50,0 mL, de concentrations 0,10 ; 0,20 ; 0,30 ; 0,40 et 0,50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$.

1. Quelle relation traduit la conservation de la quantité de matière de soluté lors d'une dilution ?
2. Calcule le volume de solution mère à prélever pour chaque solution fille.
3. Quel est le facteur de dilution de la solution la moins concentrée ?
4. Quelle verrerie utilise-t-on ? Pourquoi complète-t-on avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge ?

Exercice 8 : Exploiter une droite d'étalonnage

Un élève mesure l'absorbance de cinq solutions de colorant à λ_{max} dans une cuve de largeur $l = 1,0\text{ cm}$.



Absorbance de cinq solutions étalons en fonction de leur concentration.

1. Que peut-on dire de la courbe ? Que vérifie-t-on ainsi ?
2. Détermine le coefficient directeur de la droite, en $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$.
3. Une solution inconnue a pour absorbance 0,75. Détermine sa concentration en $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$.
4. Déduis la valeur de ϵ .
5. Une autre solution donne $A = 2,4$. Peut-on utiliser directement la droite ? Que faire ?

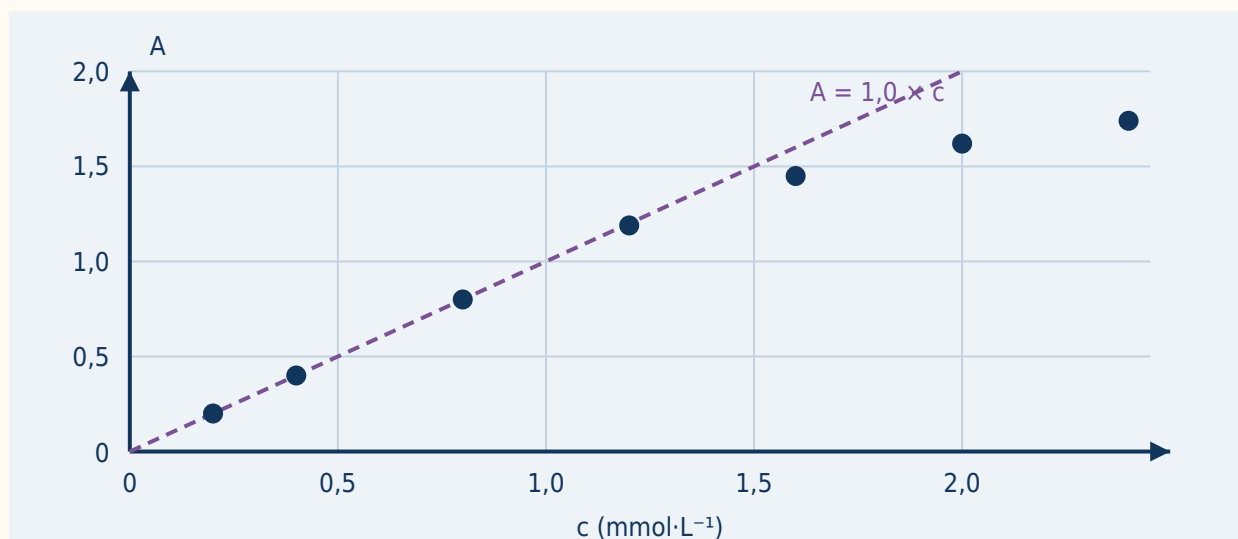
Exercice 9 : Dosage d'un colorant dans une boisson

On souhaite déterminer la concentration en colorant d'une boisson. On prélève 5,00 mL de boisson que l'on complète à 50,0 mL avec de l'eau distillée. L'absorbance de cette solution diluée, mesurée à $\lambda_{\max}$ dans une cuve de 1,0 cm, vaut $A = 0,72$. La droite d'étalonnage de ce colorant est $A = k \times c$ avec $k = 2,4 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$. Masse molaire du colorant : $M = 5,0 \times 10^2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1. Calcule le facteur de dilution.
2. Détermine la concentration c_d de la solution diluée.
3. En déduis la concentration c de la boisson, puis sa concentration massique en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.
4. Le fabricant indique $1,6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Calcule l'écart relatif.

Exercice 10 : Les limites de la loi

On a mesuré l'absorbance de solutions de plus en plus concentrées. Les points sont représentés ci-dessous ; la droite en pointillés correspond à $A = 1,0 \times c$ (c en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$).

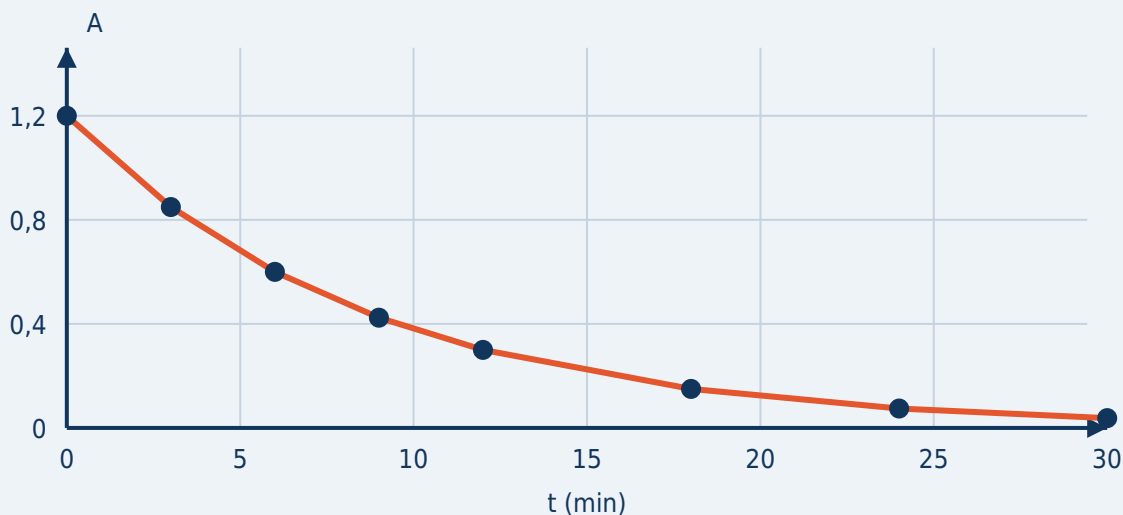


Absorbance mesurée (points) et proportionnalité théorique (pointillés).

1. Jusqu'à quelle concentration environ les points sont-ils alignés avec la droite ? Quelle absorbance correspond à cette limite ?
2. Pour $c = 2,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, compare l'absorbance mesurée à celle que prévoit la loi. Calcule l'écart relatif.
3. Que doit-on faire pour doser une solution de concentration $2,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$?
4. Propose une raison physique à l'écart observé.

Exercice 11 : Suivre une décoloration

Un colorant bleu est décoloré par une réaction totale. On suit l'absorbance A de la solution à $\lambda_{\max}$ (seul le colorant absorbe).



Absorbance de la solution en fonction du temps.

1. Pourquoi l'absorbance diminue-t-elle ?
2. Quelle relation lie la concentration du colorant à l'absorbance ?
3. Détermine graphiquement le temps de demi-réaction.
4. Quelle fraction de l'avancement maximal est atteinte à $t = 12$ min ?
5. Au bout de combien de temps environ la solution est-elle pratiquement incolore ?

Exercice 12 : Tableau d'avancement et absorbance

On mélange des ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$ et des ions iodure I^- en large excès : $S_2O_8^{2-} + 2 I^- \rightarrow 2 SO_4^{2-} + I_2$. Le volume du mélange est $V = 40,0$ mL ; $n(S_2O_8^{2-})_{\text{initiale}} = 6,0 \times 10^{-5}$ mol. Seul I_2 absorbe à 460 nm : $\epsilon = 8,0 \times 10^2 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$; $l = 1,0$ cm.

1. Dresse le tableau d'avancement et déduis x_{max} .
2. Calcule la concentration finale en diiode.
3. Quelle absorbance finale attend-on ?
4. À l'instant t , on mesure $A = 0,60$. Calcule l'avancement $x(t)$ et compare à x_{max} . Que représente cet instant ?

Exercice 13 : Deux espèces qui absorbent

Un mélange contient deux espèces colorées X et Y qui absorbent à la longueur d'onde de mesure. On donne $\epsilon_X = 1,2 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, $\epsilon_Y = 3,0 \times 10^2 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ et $l = 1,0$ cm.

1. Pour $c_X = 2,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $c_Y = 6,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, calcule l'absorbance du mélange.
2. Un autre mélange contient X à $3,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et donne $A = 0,51$. Calcule la concentration de Y.

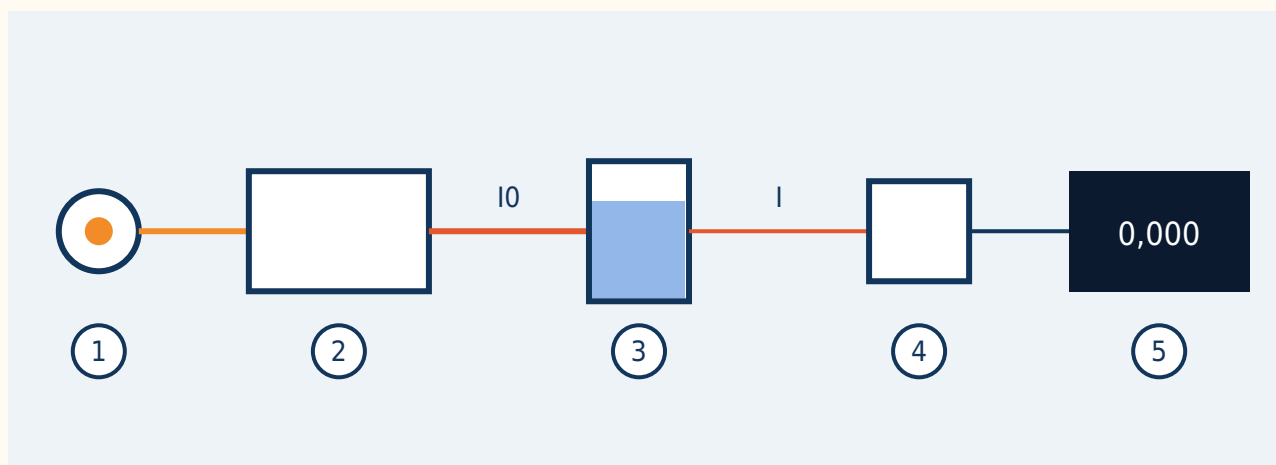
Exercice 14 : Trouver l'erreur de manipulation

Léa mesure l'absorbance d'une solution à étudier avec $\varepsilon = 2,4 \times 10^3 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$, $l = 1,0 \text{ cm}$. Elle oublie le blanc : l'appareil indique $A = 0,53$, alors que la cuve remplie de solvant seul aurait indiqué 0,05.

1. Quelle est l'absorbance réelle de la solution ?
2. Calcule la concentration correcte, puis celle que Léa obtiendrait sans correction. Quel est l'écart relatif ?
3. Léa règle ensuite le spectrophotomètre sur 400 nm alors que $\lambda_{\text{max}} = 530 \text{ nm}$. Quel effet sur la mesure ?
4. Elle laisse des traces de doigts sur les faces de la cuve. Quel effet sur l'absorbance mesurée ?

Exercice 15 : Légender un spectrophotomètre

Le schéma ci-dessous représente un spectrophotomètre simplifié.



Spectrophotomètre : les éléments sont numérotés de 1 à 5.

1. Nomme les éléments 1 à 5.
2. Que représentent I_0 et I ? Écris la relation qui définit l'absorbance.
3. Pourquoi la lumière qui traverse la cuve doit-elle être monochromatique ?
4. Que contient la cuve au moment de régler le zéro ? Que lit-on alors à l'afficheur ?

Exercice 16 : Incertitude sur la mesure

L'absorbance d'une solution est mesurée : $A = 0,48 \pm 0,02$. La droite d'étalonnage est $A = k \times c$ avec $k = 2,4 \times 10^3 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ ($l = 1,0 \text{ cm}$).

1. Calcule l'incertitude relative sur A .
2. Encadre la concentration : calcule c_{min} et c_{max} .
3. Écris le résultat sous la forme $c = (\text{valeur} \pm \text{incertitude}) \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
4. Si l'incertitude absolue sur A reste égale à 0,02, que devient l'incertitude relative pour une solution d'absorbance 1,0 ? Pourquoi vaut-il mieux travailler avec des absorbances assez élevées, mais inférieures à 1,5 ?

Exercice 17 : Déterminer ϵ à partir de mesures

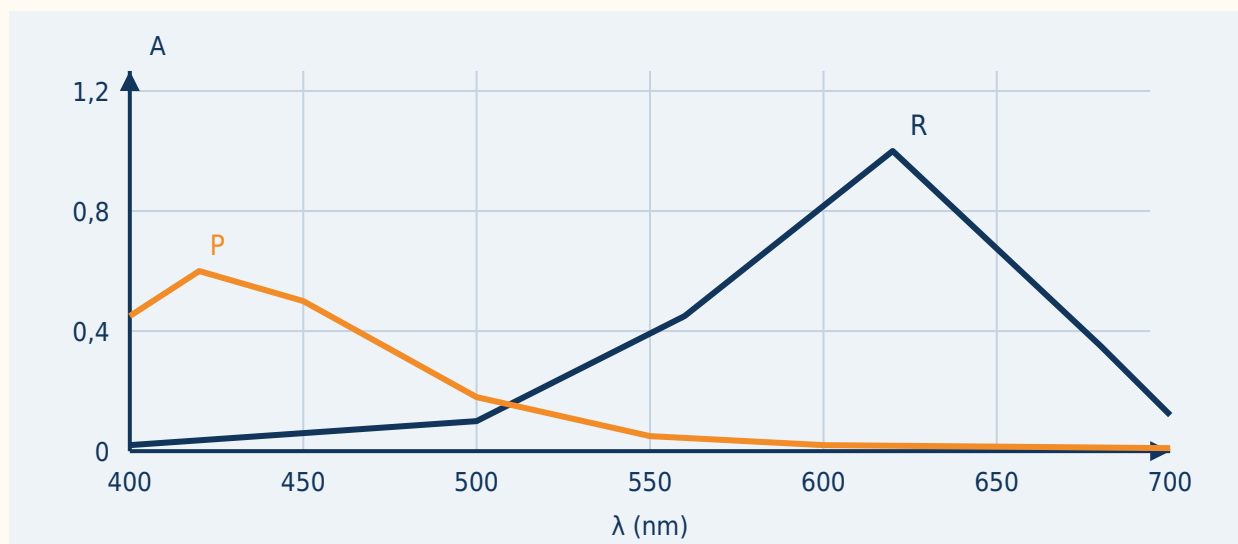
On mesure, dans une cuve de largeur $l = 2,0$ cm, l'absorbance de cinq solutions étalons d'un colorant :

c (mmol·L ⁻¹)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
A	0,15	0,31	0,44	0,60	0,75

1. Calcule le rapport $A \div c$ pour chaque solution.
2. Ces rapports sont-ils cohérents avec la loi de Beer-Lambert ? Donne la valeur moyenne k .
3. Dédus la valeur de ϵ du colorant.
4. Quelle est la concentration d'une solution de $A = 0,90$ mesurée dans la même cuve ?

Exercice 18 : Choisir la longueur d'onde de suivi

Une réaction transforme une espèce R (bleue) en une espèce P (jaune). Les spectres d'absorption de R et de P, à même concentration, sont représentés ci-dessous.



Spectres d'absorption de R (bleu foncé) et de P (orange).

1. Détermine $\lambda_{\max}$ de R et de P.
2. Quelle couleur absorbe chaque espèce ?
3. On suit la réaction à 620 nm. Comment varie l'absorbance ? Pourquoi ce choix est-il pertinent ?
4. Que se passerait-il si l'on suivait la réaction à 520 nm ? Estime l'absorbance de R et de P à cette longueur d'onde.

Exercice 19 : Influence de la température

La même réaction est suivie par spectrophotométrie à deux températures, avec des mélanges initiaux identiques ($x_{\max} = 4,0 \times 10^{-5}$ mol, $A_{\infty} = 0,96$).

Température	Temps de demi-réaction
20 °C	12 min
40 °C	3,0 min

1. Rappelle la définition du temps de demi-réaction.
2. Dans quel cas la transformation est-elle la plus rapide ? Par quel facteur $t_{1/2}$ est-il divisé ?
3. Calcule l'avancement à $t_{1/2}$.
4. Quelle absorbance lit-on à $t_{1/2}$ dans chaque expérience ?
5. Pourquoi plonge-t-on la cuve dans un bain thermostaté pendant le suivi ?

Exercice 20 : Concevoir un protocole

Une boisson contient un colorant bleu ($M = 7,9 \times 10^2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, $\varepsilon = 1,3 \times 10^5 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ à 630 nm). Sa concentration massique est estimée à environ $0,40 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. Tu disposes d'un spectrophotomètre, de cuves de 1,0 cm, de fioles jaugées, de pipettes jaugées, d'eau distillée et d'une solution mère à $2,0 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

1. Estime l'absorbance de la boisson non diluée. Peut-on la mesurer telle quelle ?
2. Propose une dilution adaptée (facteur et verrerie).
3. Rédige un protocole complet permettant de déterminer précisément la concentration du colorant : réglage, blanc, gamme d'étalonnage, mesure, exploitation.