ANALYSE SPECTRALE

23 Lien entre spectre d'absorption et couleur

| Faire preuve d'esprit critique et argumenter.

Une solution de vert de malachite est bleue.

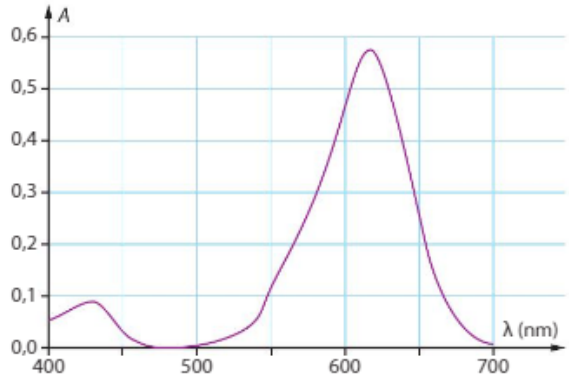
1. À quelle longueur d'onde devrait-on se placer pour doser cette solution par spectrophotométrie ? Justifier.

2. À partir des données, justifier la couleur de la solution.

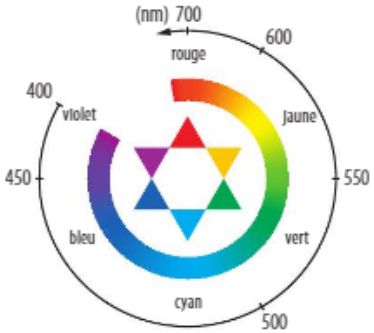
3. On réalise une gamme de solutions étalons de concentrations en vert de malachite comprises entre 0,10 mol·L^{-1} et 0,50 mol·L^{-1}. Les mesures réalisées n'ont pas permis d'obtenir une droite. Proposer une explication.

Données

- Spectre d'absorption du vert de malachite :



- Cercle chromatique :



23 Lien entre spectre d'absorption et couleur

1. Il faut se placer au plus près du maximum d'absorption, donc d'après le spectre fourni, vers 620 nm.

2. Le maximum d'absorption de la solution est vers 620 nm, ce qui correspond à la couleur orange. Sa couleur complémentaire dans le cercle est le bleu ce qui est bien la couleur de la solution.

3. La loi de Beer-Lambert n'est valable qu'aux faibles concentrations. Il est donc possible que la gamme étalon entre 0,10 et 0,50 mol·L^{-1} soit trop concentrée, et les mesures ne donnent alors plus une droite, ou bien le spectrophotomètre sature.

24 Le coin des maths

CORRIGÉ

| Tracer et exploiter un graphique.

On souhaite déterminer la concentration C_S en ions permanganate d'une solution S. Une série de mesures permet de déterminer la relation entre l'absorbance de solutions étalons et leur concentration C en mol·L^{-1} en ions permanganate :

$$A = 2\,200 \times C$$

1. Tracer la représentation graphique de la fonction $A = f(C)$ entre $0 < A < 1{,}5$.

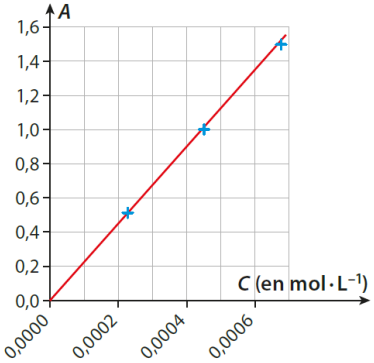
2. L'absorbance de la solution S est $A = 0{,}68$. Déterminer l'antécédent de $A = 0{,}68$. Conclure.

24 CORRIGÉ Côté maths

Le coin des maths

1. Pour $A = 0$, $C = 0$ mol·L^{-1} ;

Pour $A = 1{,}5$, $C = \dfrac{1{,}5}{2200} = 6{,}8 \times 10^{-4}$ mol·L^{-1}.



2. Antécédent de A = 0,68 : $C_s = \dfrac{A_s}{2200} = \dfrac{0{,}68}{2200} = 3{,}1 \times 10^{-4}$ mol·L^{-1}.

La concentration molaire de la solution vaut donc $C_s = 3{,}1 \times 10^{-4}$ mol·L^{-1}.

35 Résolution de problème

Fiche 1, p. 359

Traitement d'un bassin

| Construire les étapes d'une résolution de problème.

> *D'après Baccalauréat Métropole spécialité, 2017*

Un bassin d'ornement abrite de nombreux poissons atteints d'une maladie, due à un parasite. Cette maladie se soigne avec du vert de malachite à condition de respecter rigou-

reusement les doses et les durées d'exposition préconisées. Pour éliminer le vert de malachite restant dans le bassin après traitement, on ajoute du charbon actif. Un gramme de charbon actif peut ainsi retenir 10 mg de vert de malachite. Le propriétaire du bassin verse une solution de vert de malachite dans son bassin. Après traitement, il réalise une analyse de l'eau du bassin pour déterminer la concentration en vert de malachite et en déduire la quantité de charbon actif à verser.

PROTOCOLE

Protocole mis en œuvre par le propriétaire

- ☑ À partir d'une solution aqueuse S_0 de concentration en vert de malachite égale à $2{,}2 \times 10^{-5}$ mol·L^{-1}, PRÉPARER des solutions diluées 5 fois, 2,5 fois et 2 fois notées respectivement S_1, S_2 et S_3.
- ☑ MESURER l'absorbance des solutions étalons S_1, S_2 et S_3 à la longueur d'onde $\lambda = 617$ nm.
- ☑ MESURER l'absorbance de l'eau du bassin.

Résultats des mesures

Solution	S_1	S_2	S_3
Facteur de dilution	S_0 diluée 5 fois	S_0 diluée 2,5 fois	S_0 diluée 2 fois
Absorbance	0,35	0,72	0,90

- Absorbance de l'eau du bassin après traitement : $A = 0{,}67$.

- Déterminer le nombre de sacs de charbon actif de 500 g nécessaires pour éliminer le vert de malachite restant dans l'eau du bassin.

Données

- Masse molaire du vert de malachite : $M = 329$ g·mol^{-1}.
- On considère que seul le vert de malachite absorbe dans le domaine du visible.
- Dimensions du bassin :
  - profondeur : $h = 0{,}50$ m ;
  - largeur : $\ell = 3{,}0$ m ;
  - longueur : $L = 8{,}0$ m.

35 Résolution de problème
Traitement d'un bassin

Des pistes de résolutions peuvent être fournies par le professeur :

S'approprier

- Comprendre les rôles du vert de malachite et du charbon actif.
- Identifier l'espèce chimique colorée.
- Identifier la proportion de charbon actif nécessaire pour traiter le vert de malachite.
- Repérer les dimensions du bassin.
- Relever les valeurs des absorbances des solutions étalons et de l'eau du bassin.

Analyser

- La masse de vert de malachite versée est calculée à partir de la concentration en vert de malachite de l'eau du bassin.
- La concentration en vert de malachite est déterminée à partir du dosage par étalonnage de l'eau du bassin.

Réaliser

- Les concentrations des solutions étalons peuvent être calculées par la relation :

$$C_{\text{étalon}} = \frac{C_0}{F} = \frac{2{,}2 \times 10^{-5}}{F}.$$

- La concentration en quantité de matière de vert de malachite est déterminée à partir du graphique $A = f(C)$ obtenu grâce aux solutions étalons. Cette détermination est soit graphique soit calculée à partir de l'équation de la droite $A = f(C)$.
- L'équation de la droite obtenue est : $A = 81600 \times C$.
- Le volume du bassin est : $V = h \times \ell \times L = 12$ m^3.
- La concentration en vert de malachite de l'eau du bassin est :

$$C_{\text{eau}} = \frac{0{,}67}{81600} = 8{,}2 \times 10^{-6} \text{ mol·L}^{-1}.$$

- La masse de vert de la malachite est :

$m_{\text{vert}} = C_{\text{vert}} \times V \times M_{\text{vert}} = 8{,}2 \times 10^{-6}$ mol·L^{-1} $\times$ 12 000 L $\times$ 329 g·mol^{-1} = 32 g de vert de malachite.

- Le nombre de sacs de charbon actif à utiliser est :

$$\frac{3{,}2 \times 10^3}{500} = 6{,}4 \text{ sacs}.$$

Valider

- Juger la cohérence du résultat : ce nombre de sac est -il vraisemblable ?

Une démarche attendue de résolution par l'élève peut être la suivante :

1ère étape : Bien comprendre la question posée

1. Comment utilise-t-on le vert de malachite ?
2. A quoi sert le charbon actif ?
3. Comment déterminer la quantité de vert de malachite versé ?

2ème étape : Lire et comprendre les documents

1. Le vert de malachite permet d'éradiquer la maladie qui atteint les poissons.
2. On ne connaît pas la quantité de vert de malachite versé.
3. Le charbon actif permet d'éliminer le vert de malachite après traitement.
4. 1 g de charbon actif permet de retenir 10 mg de vert de malachite.
5. Le dosage spectrophotométrique permet de doser le vert de malachite, seule espèce colorée.

3ème étape : Dégager la problématique

Déterminer la masse de charbon actif nécessaire pour éliminer le vert de malachite.

4ème étape : Construire la réponse

- Calculer la concentration en vert de malachite dans les solutions étalons.
- Tracer le graphique $A = f(C)$.
- Etablir l'équation de la droite $A = f(C)$.
- En déduire la concentration en vert de malachite dans l'eau du bassin.
- Calculer le volume du bassin et en déduire la masse de vert de malachite présent.
- En déduire la masse de charbon actif à verser.

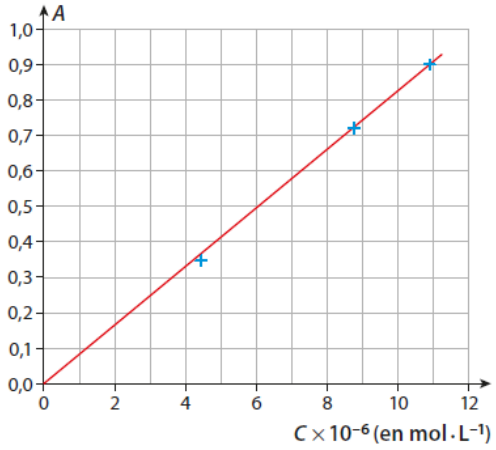
5ème étape : Rédiger la réponse en trois paragraphes

- **Présenter le contexte et introduire la problématique.**
  Pour connaître la quantité de charbon actif à verser, il est nécessaire de déterminer la concentration en vert de malachite de l'eau du bassin grâce au dosage spectrophotométrique.
- **Mettre en forme la réponse.**
  - Calculer les concentrations en vert de malachite dans les solutions étalons :

$$C_{\text{étalon}} = \frac{C_0}{F} = \frac{2{,}2 \times 10^{-5}}{F}.$$

Solution	S_1	S_2	S_3
Facteur de dilution	5	2,5	2
Concentration (mol·L^{-1})	$4{,}4 \times 10^{-6}$	$8{,}8 \times 10^{-6}$	$1{,}1 \times 10^{-5}$

• Tracer le graphique $A = f(C)$.



• Déterminer la concentration C_{eau} en vert de malachite de l'eau du bassin :
Pente de la droite : 81600
Equation : $A = 81600 \times C$

$A_{eau} = 0{,}67$ donc $C_{eau} = \dfrac{0{,}67}{81600} = 8{,}2 \times 10^{-6}$ mol · L^{-1}.

• Calculer le volume du bassin et en déduire la masse de vert de malachite versé :
$V = h \times \ell \times L = 12$ m^3

$n_{vert} = \dfrac{m_{vert}}{M_{vert}} = C_{vert} \times V$

donc $m_{vert} = C_{vert} \times V \times M_{vert} = 8{,}2 \times 10^{-6}$ mol · L^{-1} × 12 000 L × 329 g · mol^{-1} = 32 g de vert de malachite.

• Déterminer le nombre de sacs :
1 g de charbon peut retenir 10 mg de vert de malachite. Il faut donc $3{,}2 \times 10^3$ g de charbon actif ce qui correspond à $\dfrac{3{,}2 \times 10^3}{500} = 6{,}4$ sacs.

• **Conclure et introduire, quand c'est possible, une part d'esprit critique.**
Pour éliminer le vert de malachite présent dans l'eau de bassin, il faudra verser 6,4 sacs de charbon actif, ce qui semble une valeur plausible.

37 L'eau de Dakin

50 min

Mobiliser et organiser ses connaissances ; élaborer un protocole ; tracer et exploiter un graphique.

> *D'après Baccalauréat Métropole spécialité, 2004*

L'eau de Dakin est un antiseptique utilisé pour le lavage des plaies et des muqueuses.

ÉTIQUETTE D'UNE EAU DE DAKIN

Pour un volume $V = 100$ mL :
– solution concentrée d'hypochlorite de sodium, quantité correspondant à 0,500 g de chlore actif ;
– permanganate de potassium 0,0010 g ;
– dihydrogénophosphate de sodium dihydraté ;
– eau purifiée ;
En outre, l'eau de Dakin contient des ions chlorure.

L'ion permanganate de formule MnO_4^- est la seule espèce colorée de l'eau de Dakin. L'objectif de cet exercice est de vérifier une partie des indications de l'étiquette.

Partie A. Concentration en ions permanganate

Afin de réaliser un dosage par étalonnage, on prépare un volume $V_0 = 500{,}0$ mL d'une solution S_0 de concentration en ions permanganate $C_0 = 0{,}010$ mol·L^{-1}.
La solution S_0 permet de préparer une gamme de solutions étalons dont on mesure l'absorbance A :

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Concentration C (mmol·L^{-1})	0,10	0,080	0,060	0,040	0,020
Absorbance A	0,221	0,179	0,131	0,088	0,044

1. Calculer la masse molaire du permanganate de potassium $KMnO_4$. Utiliser le réflexe 1

2. La quantité de permanganate de potassium à peser pour préparer la solution S_0 est égale à la quantité d'ions permanganate dans la solution S_0. Déterminer la masse de permanganate de potassium à peser pour préparer la solution S_0. Utiliser le réflexe 2

3. a. À quelle longueur d'onde faut-il régler le spectrophotomètre pour réaliser ce dosage ? Justifier.

b. En utilisant le cercle chromatique et le spectre d'absorption, prévoir la couleur de la solution S_0.

4. Élaborer un protocole permettant de préparer 100,0 mL de solution S_1 à partir de la solution S_0.

5. Tracer la courbe d'étalonnage $A = f(C)$. Déterminer la relation entre l'absorbance A et la concentration C.

6. a. L'absorbance de l'eau de Dakin est $A = 0{,}140$. En déduire la concentration en quantité de matière C_{inc} d'ions permanganate dans l'eau de Dakin. Utiliser le réflexe 3

b. Le fabricant indique que la concentration en ions permanganate de l'eau de Dakin est $C_{com} = 6{,}3 \times 10^{-5}$ mol·L^{-1}. Calculer l'écart relatif entre C_{com} et C_{inc} et l'exprimer en pourcent. Conclure.

Partie B. Degré chlorométrique de l'eau de Dakin

Lorsqu'on verse de l'acide chlorhydrique concentré dans 100 mL de solution de Dakin, il se produit la réaction d'équation :

$$C\ell^-(aq) + C\ell O^-(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow C\ell_2(g) + H_2O(\ell)$$

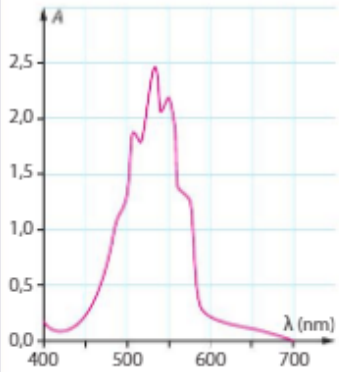
La masse de chlore actif indiqué sur l'étiquette correspond à la masse de dichlore libéré au cours de cette transformation pour 100 mL de solution.

7. Confirmer le rôle antiseptique de l'eau de Dakin.

Données

- Masses molaires atomiques :
$M(O) = 16{,}0$ g·mol^{-1} ; $M(K) = 39{,}1$ g·mol^{-1} ;
$M(Mn) = 54{,}9$ g·mol^{-1} ; $M(C\ell) = 35{,}5$ g·mol^{-1}.
- Volume molaire d'un gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m = 24{,}0$ L·mol^{-1}.

- **Spectre d'absorption d'une solution de permanganate de potassium :**

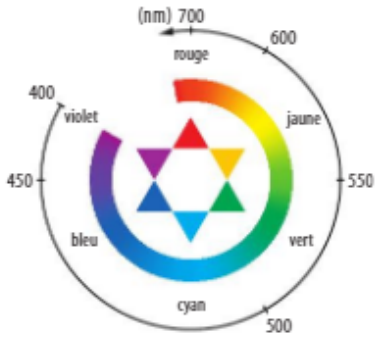


- **Écart relatif r :**

$$r = \frac{|C_{mesurée} - C_{référence}|}{C_{référence}}$$

- Le contrôle qualité est considéré comme satisfaisant si l'écart relatif est inférieur à 10 %.
- Le degré chlorométrique correspond au volume de dichlore libéré par un litre de solution au cours de cette transformation à 20 °C et 1 013 hPa. Jusqu' à un titre de 5 degrés chlorométriques, les produits chlorés sont des antiseptiques ; au-delà, ce sont des désinfectants.

- **Cercle chromatique**



Tracer un graphique

Question 5 réussie ?
- S'entraîner encore → ex. 20
- Relever un autre défi → ex. 36

37 L'eau de Dakin (50 min)

Partie 1

1. $M(KMnO_4) = M(K) + M(Mn) + 4 \times M(O) = 39{,}1 + 54{,}9 + 4 \times 16{,}0 = 158{,}0\ g \cdot mol^{-1}$.

2. $m(KMnO_4) = n(KMnO_4) \times M(KMnO_4) = C_0 \times V_0 \times M$
$= 0{,}010\ mol \cdot L^{-1} \times 500{,}0 \times 10^{-3}\ L \times 158\ g \cdot mol^{-1} = 0{,}79\ g$.

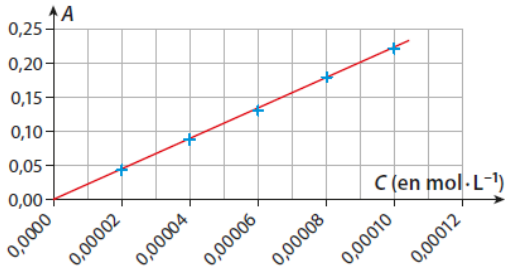
3.a. Le spectre d'absorption de la solution de permanganate de potassium présente une absorbance maximale vers 540 nm. C'est à cette longueur d'onde qu'il faut réaliser le dosage.

3.b. La solution de permanganate de potassium absorbe intensément vers 540 nm. D'après le cercle chromatique, la couleur complémentaire associée est le violet.

4. $F = \frac{C_0}{C_1} = 100$ donc $V_0 = \frac{V_1}{F} = \frac{100{,}0}{100} = 1{,}0\ mL$.

Placer dans un bécher la solution mère S_0 ; utiliser une pipette jaugée pour prélever 1,0 mL de la solution S_0 ; verser la solution dans une fiole jaugée de 100,0 mL ; compléter à moitié avec de l'eau distillée ; boucher la fiole et agiter pour homogénéiser ; ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée et agiter.

5.



Equation de la droite $A = k \times C$

avec $k = \frac{0{,}221 - 0{,}044}{0{,}10 \times 10^{-3}\ mol \cdot L^{-1} - 0{,}020 \times 10^{-3}\ mol \cdot L^{-1}}$

$= 2\ 212\ L \cdot mol^{-1}$.

$k = 2\ 212\ L \cdot mol^{-1}$.

6.a. $A = 0{,}140$ donc $C_{inc} = \frac{A}{2\ 212\ L \cdot mol^{-1}} = \frac{0{,}140}{2\ 212\ L \cdot mol^{-1}}$

$= 6{,}33 \times 10^{-5}\ mol \cdot L^{-1}$.

6.b. $r = \frac{6{,}33 \times 10^{-5} - 6{,}3 \times 10^{-5}}{6{,}3 \times 10^{-5}} = 4{,}8 \times 10^{-3}$
$= 0{,}48\ \% < 10\ \%$: contrôle qualité satisfaisant.

Partie 2

7. Donc pour 1 L de Dakin, la masse de dichlore libéré est :
$m(C\ell_2) = 0{,}500\ g \times 10 = 5{,}00\ g$

$V(C\ell_2) = n(C\ell_2) \times V_m = \frac{m(C\ell_2)}{M(C\ell_2)} \times V_m$

$V(C\ell_2) = \frac{5{,}00\ g}{2 \times 35{,}5\ g \cdot mol^{-1}} \times 24{,}0\ L \cdot mol^{-1} = 1{,}69\ L$.

Le degré chlorométrique de l'eau de Dakin est donc de $1{,}69 < 5$: c'est bien un antiseptique.