

Séance de Spécialité n° 15

Dosage spectrophotométrique

Mots-clefs « traceurs chimiques » et « surveillance et lutte contre les pollutions ».

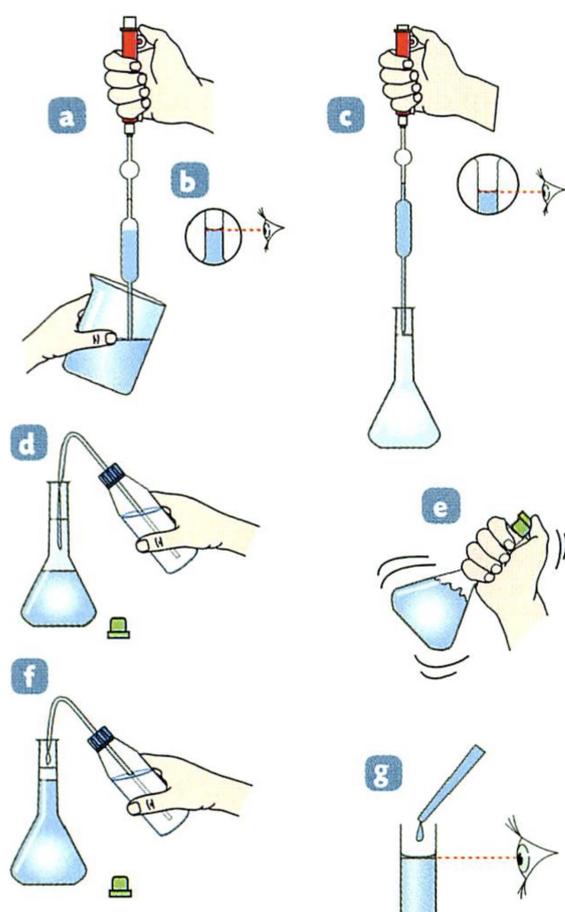
1 Méthode – Réaliser une dilution

Compétences S'Approprier et Réaliser

Pour préparer un volume V_f de solution fille de concentration c_f , prélever un volume V_m de solution mère de concentration c_m tel que :

$$c_m \times V_m = c_f \times V_f \Rightarrow V_m = \frac{c_f \times V_f}{c_m}$$

Concentrations c_m et c_f en mole par litre (mol/L) ou en gramme par litre (g/L), volumes V_m et V_f en litre (L).



- Dans un bécher, verser suffisamment de la solution mère pour prélever le volume V_m .
- En tenant le bécher incliné, prélever le volume V_m à l'aide d'une pipette jaugée munie d'une pipeteur (a). Le bas du ménisque doit être au niveau du trait de jauge (b).
- Verser le prélèvement dans une fiole jaugée de volume V_f jusqu'à ce que le bas du ménisque soit au niveau du deuxième trait de jauge de la pipette (lorsqu'il existe) (c), sinon, vider entièrement la pipette.
- Remplir la fiole jaugée aux trois quarts avec de l'eau distillée (d).
- Après l'avoir bouchée, agiter la fiole jaugée (e).
- Compléter avec de l'eau distillée d'abord à la pissette (f), puis au compte-gouttes (g) jusqu'au trait de jauge.
- Reboucher la fiole jaugée, puis agiter pour homogénéiser la solution fille.

a. On désire effectuer une dilution d'un facteur 5 permettant d'obtenir 50,0 mL d'une solution fille, à partir d'une solution mère donnée à $32,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.
Indiquez le mode opératoire (trois ou quatre lignes au maximum).

2 Méthode – Préparer une échelle de teinte

Compétences S'Approprier et Réaliser

2.1 Qu'est-ce qu'une échelle de teinte ?

Une échelle de teintes est un ensemble de solutions de concentrations différentes et connues d'une même espèce chimique colorée.

Pour comparer les teintes des différentes solutions, celles-ci sont versées dans des contenants identiques, généralement des tubes à essais. Dans ces conditions, deux solutions contenant une même espèce chimique colorée à la même concentration ont la même teinte.



Une échelle de teintes est souvent préparée par dilutions successives d'une solution mère de concentration connue.

2.2 Comment la préparer rapidement ?

Solution mère S_m à diluer

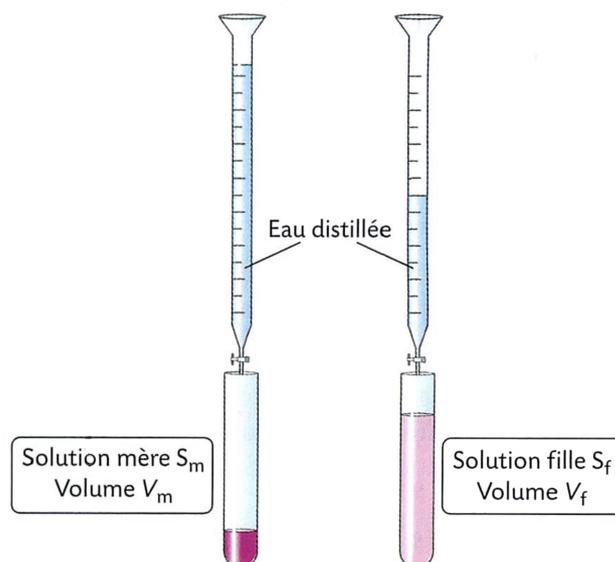
Concentration massique connue : c_m

Volume de solution mère à prélever : V_m

Solution fille S_f à diluer

Concentration massique souhaitée : $c_f < c_m$

Volume de solution fille préparée : $V_f > V_m$



2.3 Comment est défini le facteur de dilution ?

Le facteur de dilution F est défini par :

$$F = \frac{c_m}{c_f} \quad \text{ou} \quad F = \frac{V_f}{V_m}$$

avec $F > 1$.

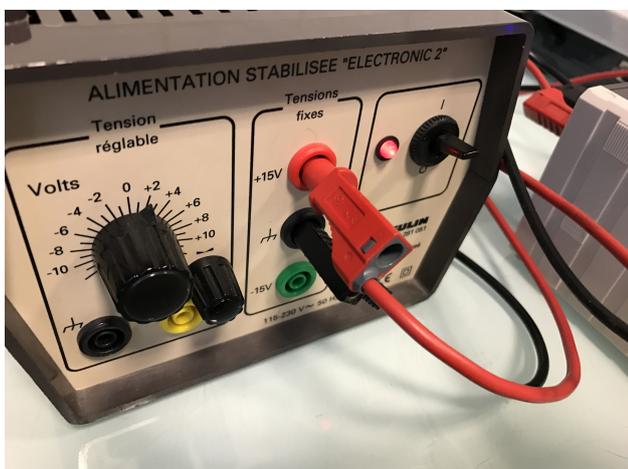
2.4 Synthèse

- b. La verrerie utilisée lors de la préparation rapide est-elle de la verrerie de précision ? Quel autre précaution doit-on prendre ?
- c. Calculer la concentration en solution fille dans le cas précédent. Formule littérale + application numérique.

3 Méthode – Utiliser un colorimètre

Compétences S'Approprier et Valider

1. **Brancher l'alimentation** : +15 V sur le fil rouge, masse sur le fil noir :



2. **Brancher le voltmètre** pour recueillir le signal : absorbance sur la sortie jaune, masse sur le fil noir, calibre 2 V en continu :



Attention ! Cet appareil indique directement l'absorbance A , qui est une grandeur sans unité !

3. **Sélectionner la longueur d'onde λ_{\max}** à l'aide du commutateur. Ne pas changer ce réglage par la suite, car il faut de nombreuses minutes à l'électronique interne pour cesser de dériver (matériel scolaire français de très basse qualité...) :



Attention, pensez bien à utiliser l'étoile des couleurs pour choisir la longueur d'onde de travail, si vous ne disposez pas du spectre !

4. **Effectuer le blanc** c'est-à-dire placer une cuve (typiquement, remplie d'eau) dans l'appareil, et en appuyant sur le bouton qui va bien, cache noir bien en place, laisser le colorimètre mémoriser cela comme une absorbance nulle $A = 0$. On n'aura alors dans les mesures que l'effet de l'espèce colorée ;
5. **Effectuer les mesures** d'absorbance, en notant les valeurs indiquées sur le multimètre. Travailler rapidement : la dérive thermique des appareils est démentielle !
6. **Tracer la droite d'étalonnage** à partir d'une échelle de teinte, à la longueur d'onde λ_{\max} choisie, afin d'obtenir la constante de proportionnalité k entre l'absorbance A et la concentration c :

$$A = k \cdot c$$

qui n'est rien d'autre que la loi de Beer-Lambert, valable pour des solutions diluées.

7. **Relever l'absorbance A** d'une solution de concentration inconnue à la longueur d'onde de travail λ_{\max} et utiliser la droite d'étalonnage précédente pour déterminer la concentration inconnue c .

4 Méthode – Comment réaliser un dosage spectrophotométrique ?

Compétences S'Approprier et Valider

4.1 Qu'est-ce qu'un dosage ?

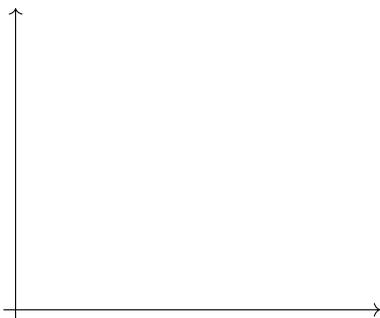
..... une solution inconnue permet de déterminer la qu'elle contient. Cela signifie « déterminer la dose » (sous-entendu, la « dose » qui va être utilisée dans une réaction chimique ou dans un médicament).

Remarque : si l'on connaît précisément le volume V de la solution, par exemple le volume de la , on peut déduire la quantité de matière n de la concentration c par la formule :

$$n = c \cdot V$$

4.2 Tout commence par le spectre

Il faut tout d'abord réaliser le spectre de la solution étudiée, contenant entre autres une espèce absorbant la lumière.



Dans cette solution étudiée, on suspecte la présence d'une espèce chimique, dont on veut connaître la quantité. Il faut tracer le spectre de cette espèce seule, afin de trouver la position λ_{\max} d'un maximum d'absorbance :



Il faut qu'à cette longueur d'onde, l'espèce considérée absorbe seule, et que cette absorbance soit significative (au mieux, maximale), pour une meilleure précision.

4.3 Le préliminaire de l'échelle de teinte

Si la valeur de la constante de proportionnalité k dans la loi de Beer-Lambert n'est pas donnée, il faut réaliser une échelle de teinte avec l'espèce considérée.

Une fois cette échelle de teinte réalisée, il faut mesurer l'absorbance A pour chacune des solutions préparées, et tracer A en fonction de la concentration c des solutions de l'échelle de teinte préparés.



Si les solutions ne sont pas trop concentrées, la courbe $A = f(c)$ est une droite passant par l'origine, conformément à la loi de Beer-Lambert On trace alors une droite d'interpolation moyenne, passant par l'origine (point sûr) et au milieu des points (interpolation).

4.4 Le test non destructif de la solution

Une fois l'échelle de teinte réalisée et la droite d'étalonnage tracée, il ne reste qu'à mesurer l'absorbance de la solution inconnue à l'aide du spectrophotomètre.

Pour en déduire la concentration inconnue, on utilise la droite d'étalonnage. Cette droite permet :

- soit de trouver la pente k :

$$k =$$

et donc de retrouver la loi de Beer-Lambert ;

- soit de réaliser une lecture graphique à partir de l'absorbance A mesurée sur la solution inconnue.

4.5 Synthèse

d. Quelles conditions doit-on respecter pour pouvoir effectuer un dosage spectrophotométrique ?

e. Rappeler les trois étapes qui permettent de réaliser un tel dosage.

5 TP – Identification des colorants dans un sirop de menthe

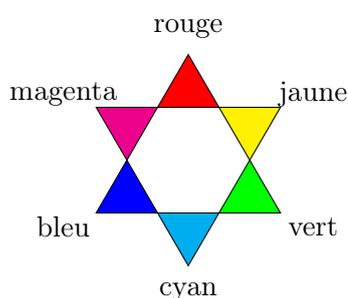
Compétences Analyser et Réaliser

Comment peut-on procéder pour déterminer la concentration en jaune Tartrazine et en bleu Patenté V dans ce sirop de menthe en utilisant la couleur ?

Le matériel à disposition

- Le sirop de menthe dilué 10 fois ;
- Du papier millimétré ;
- Un colorimètre ;
- Deux burettes ;
- Une solution de jaune tartrazine à $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$;
- Six tubes à essais ;
- Trois cuves de spectrophotométrie.

Roue chromatique



Pourquoi choisir la spectrophotométrie ?

C'est une technique de mesure de concentration qui fonctionne lorsque l'on dispose d'une espèce colorée, absorbant seule dans une bande d'absorption repérée par la longueur d'onde au maximum d'absorption λ_{max} .

Il est donc important de vérifier :

1. que l'espèce à étudier est colorée ;
2. que l'espèce absorbe seule à la longueur d'onde à laquelle on va se placer ;
3. que l'absorption n'est pas trop forte.

Pourquoi faut-il diluer l'espèce à doser ? Si l'absorption est trop forte, d'une part le spectrophotomètre sature (il plafonne à son maximum $A = 3,3$, pour l'appareil du lycée), d'autre part le lien entre absorbance A et concentration de l'espèce n'est plus linéaire.

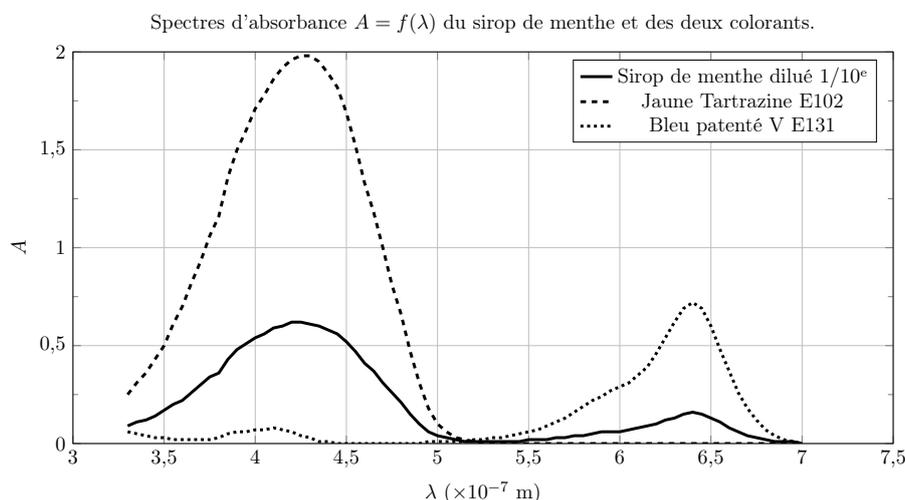
Pourquoi faut-il réaliser une courbe d'étalonnage ? Cette courbe permet d'établir le lien entre l'absorbance A mesurée et la concentration de l'espèce absorbant à la longueur d'onde choisie.

Précautions d'utilisation : Pour que la diminution de l'intensité lumineuse ne provienne que de l'espèce colorée à étudier, il faut éliminer toutes les autres causes d'absorption : réflexion et absorption des parois de la cuve, absorption du solvant, des autres solutés éventuellement contenus dans la solution...

En vue de s'affranchir de tous ces paramètres, on effectue un réglage du zéro d'absorbance, appelé *blanc*. Ce réglage s'effectue avec une cuve en place dans l'appareil, la cuve contenant alors toutes les espèces autres que celle à étudier.

f. Rédiger un protocole, le soumettre à l'approbation du professeur et le réaliser.

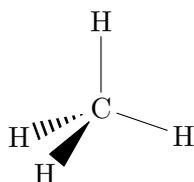
g. La dose journalière admissible en colorant bleu Patenté V est de 2,5 mg par kilogramme de masse corporelle. Quel volume maximal de ce sirop peut boire par jour un élève de masse 60 kg ? On suppose que ce sirop est la seule source de ce colorant dans son alimentation.



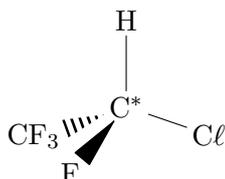
6 Correction des exercices de la séance n° 15

14.1 N° 5 p. 18 – Gaz à effet de serre

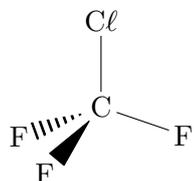
1. Méthane :



HCFC-124 : quatre substituants différents sur l'un des carbones, donc un carbone asymétrique C* :



CFC-13 :



2. La troisième colonne du tableau indique un P_{RG} de 2000 pour HCFC-124, sur 20 ans. Donc l'impact est le même que 2000 tonnes de CO_2 .
3. La durée de vie du méthane dans l'atmosphère est inférieure à celle du dioxyde de carbone. L'impact du méthane sur l'effet de serre est donc plus faible à long terme.
4. C'est l'inverse de la question précédente : si l'effet du CFC-13 sur une longue période est plus forte que sur une faible période, c'est donc que sa durée de vie dans l'atmosphère est plus longue que celle du dioxyde de carbone.

14.2 N° 7 p. 19 – L'ion hydrogénocarbonate

1. Le dioxyde de carbone dissous dans l'eau $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ ou acide carbonique H_2CO_3 est un acide, tout comme l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- .
L'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- et l'ion carbonate CO_3^{2-} sont des bases.
2. L'ion hydrogénocarbonate est un amphotère ou ampholyte : il peut se comporter comme un acide ou comme une base.

3. a. Proportion en dioxyde de carbone dissous :

$$p(\text{CO}_2) = \frac{1,8 \times 10^{16}}{1,8 \times 10^{16} + 2,6 \times 10^{18} + 3,3 \times 10^{17}}$$

$$p(\text{CO}_2) = 0,6 \%$$

Proportion en ion hydrogénocarbonate :

$$p(\text{HCO}_3^-) = \frac{2,6 \times 10^{18}}{1,8 \times 10^{16} + 2,6 \times 10^{18} + 3,3 \times 10^{17}}$$

$$p(\text{HCO}_3^-) = 88,2 \%$$

Proportion en ion carbonate :

$$p(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{3,3 \times 10^{17}}{1,8 \times 10^{16} + 2,6 \times 10^{18} + 3,3 \times 10^{17}}$$

$$p(\text{CO}_3^{2-}) = 11,2 \%$$

- b. À pH = 8,2, nous sommes entre $\text{p}K_{A1} = 6,3$ et $\text{p}K_{A2} = 10,3$, donc dans le domaine de prédominance de l'ion hydrogénocarbonate.
- c. Il y a accord dès lors que l'espèce prédominante a une concentration (donc une proportion) au minimum dix fois plus forte que les autres formes. Ce qui est le cas ici.

14.3 N° 13 p. 35 – Les récifs coralliens

1. Le dioxyde de carbone est un gaz qui se dissout dans l'eau, pour former l'acide carbonique.
2. L'acide carbonique est une espèce susceptible de libérer des ions H^+ et donc d'acidifier l'eau des océans.
3. Le pH diminue, et la concentration en ions carbonate diminue.
4. La solubilité diminue lorsque la température augmente.
5. Le carbonate de calcium, qui constitue les coquilles des récifs coralliens, se dissout plus facilement dans les eaux des océans acidifiés par l'apport d'acide carbonique. L'existence de ces récifs est donc menacée.

7 Exercices de la séance n° 16

15.1 N° 5 p. 46 – Ozone

15.2 N° 8 p. 47 – Chlorure

15.3 N° 10 p. 33 – Pollution