Activité documentaire n° 2 – Dilution et dosage par étalonnage

▶ Introduction

À l'atelier artisanal *Bel'Ambre*, le sirop est coloré par un colorant alimentaire (E124). Avant de contrôler le sirop lui-même, l'équipe explique à un nouvel apprenti la *méthode* qu'elle utilise pour déterminer une concentration en colorant sans la mesurer directement :

« On ne mesure pas une concentration, on la détermine par comparaison à des solutions dont on connaît déjà la concentration. »

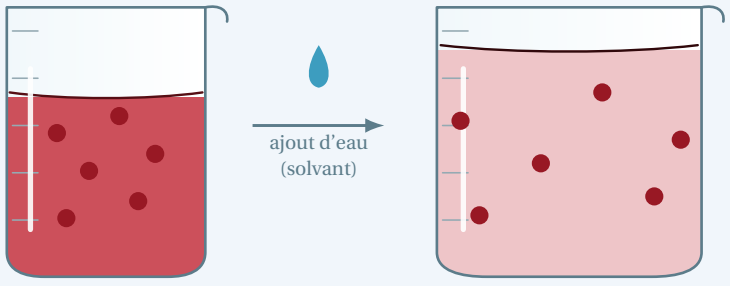
La même idée permet aussi de repérer la quantité maximale de colorant que l'eau peut dissoudre : c'est ce que l'on appelle la **concentration maximale**. Sur un exemple simple d'« eau colorée test », ce document présente le principe de la dilution, celui du **dosage par étalonnage** (échelle de teinte, puis courbe d'étalonnage), et la détermination d'une concentration maximale à partir de résultats expérimentaux.

✓ Savoirs et savoir-faire

Savoirs	Savoir-faire / capacités
• Conservation de la masse de soluté lors d'une dilution. • Relation de dilution : $C_{\text{mère}}\,V_{\text{mère}} = C_{\text{fille}}\,V_{\text{fille}}$. • Principe du dosage par étalonnage (échelle de teinte, absorbance). • Concentration maximale : définition et détermination à partir de résultats.	• Lire un schéma de dilution et identifier ce qui est conservé et ce qui change. • Calculer un volume de solution mère à prélever (grandeur quotient). • Exploiter une échelle de teinte fournie pour encadrer une concentration. • Exploiter une courbe d'étalonnage (absorbance) pour déterminer une concentration. • Déterminer une concentration maximale à partir d'un tableau de résultats.

♡ À retenir

Définition. Une **dilution** consiste à ajouter du solvant (ici l'eau) à une solution pour obtenir une solution moins concentrée, appelée **solution fille** ; la solution de départ est la **solution mère**. Le schéma ci-dessous représente la même masse de colorant (les pastilles rouges) répartie dans deux volumes différents : la quantité de soluté est **conservée**, seul le volume de solvant augmente.



Solution mère
$V_{\text{mère}}$; $C_{\text{mère}}$

Solution fille
V_{fille} ; C_{fille}

Démonstration. Lors d'une dilution, on prélève un volume $V_{\text{mère}}$ de solution mère, puis on **ajoute uniquement du solvant** (de l'eau) jusqu'au volume final V_{fille} : la masse de soluté prélevée n'est ni augmentée, ni perdue, elle est **entièrement conservée** dans la solution fille.
Or, dans chaque solution, la masse de soluté s'écrit $m = C_m \times V$. Les deux masses étant égales :

$$C_m(\text{mère}) \times V_{\text{mère}} = C_m(\text{fille}) \times V_{\text{fille}}$$

c'est la **relation de dilution**.
En pratique. $V_{\text{mère}}$ est le volume **prélevé à la pipette** et V_{fille} le volume final de la **fiole jaugée** (jusqu'au trait de jauge).

Activité documentaire n° 2 – Dilution et dosage par étalonnage

1. Comprendre la dilution

1. À l'aide du bloc **À retenir** et de ses schémas, indiquer :
   a. ce qui est **conservé** au cours d'une dilution ;
   b. ce qui **change** (deux grandeurs à citer).

✓ Correction

a. La **masse de colorant** (le soluté) est **conservée** : elle est simplement répartie dans un volume plus grand.
b. Le **volume de la solution** augmente (on ajoute du solvant) et la **concentration en masse** C_m du colorant diminue : la solution est moins concentrée.

2. Préparer une solution fille

L'apprenti dispose d'une solution mère de « eau colorée test » de concentration $C_{\text{mère}} = 4{,}0\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Il souhaite préparer, dans une fiole jaugée de $V_{\text{fille}} = 50{,}0\,\text{mL}$, une solution fille de concentration $C_{\text{fille}} = 1{,}0\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

2. Déterminer le volume $V_{\text{mère}}$ de solution mère que l'apprenti doit prélever.

✓ Correction

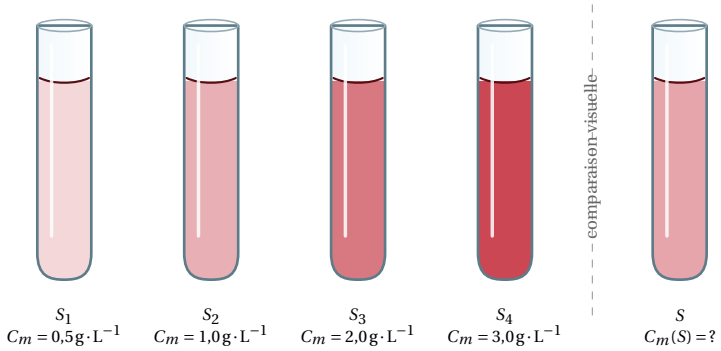
D'après la relation de dilution, $V_{\text{mère}} = \dfrac{C_{\text{fille}} \times V_{\text{fille}}}{C_{\text{mère}}}$:

$$V_{\text{mère}} = \frac{1{,}0\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1} \times 50{,}0\,\text{mL}}{4{,}0\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}} = 12{,}5\,\text{mL}$$

L'apprenti doit prélever 12,5 mL de solution mère (à la pipette graduée), puis compléter avec de l'eau jusqu'au trait de jauge de la fiole de 50,0 mL.

Document 1 – Une échelle de teinte déjà préparée

Plutôt que de mesurer directement la concentration d'une solution inconnue, on la compare à une **gamme d'étalons** : une série de solutions de concentrations connues et de teintes de plus en plus intenses. L'ensemble forme une **échelle de teinte**. Observée dans un tube identique, au même éclairage et sur fond blanc, la solution inconnue est comparée visuellement aux solutions de la gamme.



3. Comparer à une échelle de teinte

3. À l'aide du **Document 1**, la teinte de la solution inconnue S se situe entre celles de deux solutions de la gamme. Donner un **encadrement** de sa concentration en masse $C_m(S)$.

✓ Correction

La teinte de S est **plus soutenue** que celle de S_2 ($C_m = 1{,}0\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) mais **plus pâle** que celle de S_3 ($C_m = 2{,}0\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) : la concentration en masse de la solution inconnue est donc encadrée par ces deux valeurs.

$$1{,}0\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1} < C_m(S) < 2{,}0\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

Document 2 – Jusqu'où peut-on dissoudre le colorant ?

On ajoute une masse croissante de colorant E124 dans cinq flacons identiques contenant chacun $V = 50{,}0\,\text{mL}$ d'eau. Après agitation et repos, on observe si tout le colorant s'est dissous.

Flacon	Masse de colorant ajoutée	Volume d'eau	Observation après repos
F_1	$m = 0{,}5\,\text{g}$	50,0 mL	Totalement dissous, solution limpide
F_2	$m = 1{,}0\,\text{g}$	50,0 mL	Totalement dissous, solution limpide
F_3	$m = 1{,}5\,\text{g}$	50,0 mL	Totalement dissous, solution limpide
F_4	$m = 2{,}0\,\text{g}$	50,0 mL	Totalement dissous, solution limpide
F_5	$m = 2{,}5\,\text{g}$	50,0 mL	**Dépôt visible** au fond du flacon

4. Déterminer une concentration maximale

La **concentration maximale** est la concentration la plus élevée possible : au-delà, un dépôt apparaît.

4. À l'aide du **Document 2**, déterminer un **encadrement** de la concentration maximale $C_{m,\max}$ du colorant E124 dans l'eau. Justifier par le calcul.

✓ Correction

Calcul des concentrations. Pour chaque flacon, la concentration de la solution vaut $C_m = \dfrac{m}{V}$, avec $V = 50{,}0\,\text{mL} = 0{,}0500\,\text{L}$:

Flacon	m (g)	$C_m = m/V$ ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Tout le colorant est-il dissous ?
F_1	0,5	10	oui
F_2	1,0	20	oui
F_3	1,5	30	oui
F_4	2,0	40	oui
F_5	2,5	50	**non** : un dépôt apparaît

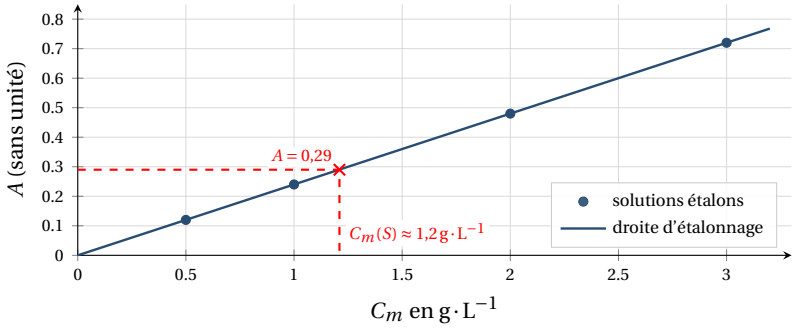
Interprétation. Dans F_4, tout le colorant est dissous : une solution de concentration $40\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ est donc possible. Dans F_5, un dépôt subsiste : la masse ajoutée (2,5 g) n'a pas été entièrement dissoute, donc la concentration réelle de la solution est **inférieure** aux $50\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ calculés. La concentration maximale est donc comprise entre ces deux valeurs :

$$40\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1} \leq C_{m,\max} < 50\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

5. Méthode plus précise : À l'aide d'un graphique

Document 3 – Courbe d'étalonnage du colorant E124

On mesure l'**absorbance** A de chaque solution étalon à l'aide d'un spectrophotomètre. L'absorbance traduit l'« intensité » de la couleur de la solution : plus la solution est colorée, plus A est grande. Le graphique ci-contre représente A en fonction de la concentration en masse C_m. Pour la solution inconnue S, on a mesuré une absorbance $A = 0{,}29$.



5. À l'aide du **Document 3**, déterminer par **lecture graphique** la concentration en masse $C_m(S)$ de la solution inconnue S (faire apparaître la construction). Comparer à l'encadrement de la question 3 et préciser si cette méthode est **plus précise** ou **moins précise** que la comparaison visuelle.

✓ Correction

Construction (en rouge sur le Document 3) : on trace l'horizontale $A = 0{,}29$ jusqu'à la droite d'étalonnage, puis on descend verticalement jusqu'à l'axe des abscisses. On lit :

$$C_m(S) \approx 1{,}2\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

Cette valeur est bien comprise dans l'encadrement de la question 3 ($1{,}0\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1} < C_m(S) < 2{,}0\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). Cette méthode est **plus précise** : elle donne une valeur et non un simple encadrement, et repose sur une mesure (l'absorbance) plutôt que sur une appréciation visuelle de la teinte.

6. L'atelier conditionne la solution S en flacons de 200 mL. À l'aide de la concentration $C_m(S)$ déterminée à la question 5, calculer la masse de colorant E124 contenue dans un flacon. Exprimer le résultat en milligrammes.

✓ Correction

$$m = C_m(S) \times V = 1{,}2\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1} \times 0{,}200\,\text{L} = 0{,}24\,\text{g} = 240\,\text{mg}$$

7. L'atelier souhaite préparer 250,0 mL d'une solution de concentration en masse $0{,}30\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ à partir de la solution S (de concentration $C_m(S)$ trouvée à la question 5).
   a. Calculer le volume de solution S à prélever.
   b. Citer la verrerie nécessaire à la préparation de cette solution.

✓ Correction

a. Il s'agit d'une dilution : la solution S est la solution mère. D'après la relation de dilution $C_{\text{mère}} \times V_{\text{mère}} = C_{\text{fille}} \times V_{\text{fille}}$:

$$V_{\text{mère}} = \frac{C_{\text{fille}} \times V_{\text{fille}}}{C_{\text{mère}}} = \frac{0{,}30\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1} \times 250{,}0\,\text{mL}}{1{,}2\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}} = 62{,}5\,\text{mL}$$

b. On verse un peu de solution S dans un **bécher**, on prélève $V_{\text{mère}}$ avec une **pipette graduée** munie d'un **pipeteur**, on l'introduit dans une **fiole jaugée de** 250,0 mL, puis on complète jusqu'au trait de jauge avec une **pissette d'eau distillée** avant de boucher et d'agiter.
À retenir : le prélèvement de la solution mère se fait toujours à la **pipette** (jaugée ou graduée), jamais au bécher ni à l'éprouvette. Ici, 62,5 mL dépassant la contenance d'une pipette usuelle (souvent 25 mL), on effectue en pratique plusieurs prélèvements successifs à la pipette.