

Activité expérimentale n° 3 – Préparation d'une solution par dissolution

► Introduction

À l'atelier artisanal « Bel'Ambre », le sirop est coloré par un colorant alimentaire bleu, le **E132** (carmin d'indigo, ou indigotine). Pour pouvoir contrôler la teinte de chaque lot (ce que vous ferez dans l'activité suivante), l'atelier a besoin d'une **solution étalon** de colorant, de concentration en masse parfaitement connue : $C_m = 0,750 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Cette solution servira de référence pour tous les contrôles qualité à venir.

Avant de la préparer, il faut savoir avec quelle verrerie mesurer un volume de façon fiable : un volume mal mesuré fausse la concentration de la solution étalon, et donc tous les contrôles qui en découlent.

Comment choisir la verrerie adaptée, puis préparer une solution de concentration en masse connue par dissolution ?

✓ Savoirs et savoir-faire

Savoirs	Savoir-faire / capacités
• Variabilité d'une mesure ; moyenne et écart-type d'une série de mesures. • Influence de l'instrument de mesure sur la dispersion des résultats. • Verrerie « jaugée » (un seul volume de référence) et verrerie graduée ; fiole jaugée et pipette jaugée. • Dissolution : solution, soluté, solvant. • Concentration en masse $C_m = m_{\text{soluté}} / V_{\text{solution}}$.	• Mesurer une masse d'eau et en déduire le volume réellement prélevé à l'aide de ρ_{eau}. • Calculer une moyenne, un écart-type et une dispersion relative avec un tableur. • Comparer la dispersion de prélèvements de volumes différents (dispersion relative). • Choisir la verrerie adaptée pour ajuster un volume final ou pour prélever un petit volume. • Calculer la masse de soluté à peser pour préparer une solution de concentration en masse donnée. • Réaliser une dissolution en suivant la fiche méthode.

Partie A – Choisir la verrerie

Document 1 – Quatre pièces de verrerie à comparer

L'atelier vous propose quatre verreries pour mesurer un volume d'eau : un bécher, une éprouvette graduée, une fiole jaugée et une pipette jaugée. Pour chacune, on cherche à prélever un volume « visé » (celui indiqué sur la verrerie) puis à déterminer le volume **réellement** prélevé.



Bécher
Visé : 100 mL



Éprouvette graduée
Visé : 100 mL



Fiole jaugée
Jaugé : 200,0 mL



Pipette jaugée (schéma)
Jaugé : 10,0 mL

Les deux verreries de droite sont dites « jaugées » : elles sont calibrées pour un volume unique, repéré par un trait fin. Les deux de gauche sont « graduées » : elles portent une échelle de graduations grossières.

Document 2 – Distinguer la masse et le volume mesuré

La verrerie indique un **volume**, mais la balance mesure une **masse**. Pour passer de l'une à l'autre, on réinvestit la masse volumique de l'eau, vue au chapitre 1 :

$$\rho_{\text{eau}} = \frac{m}{V} = 1,00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \Rightarrow V_{\text{réel}} = \frac{m}{\rho_{\text{eau}}}$$

Ainsi, en pesant l'eau effectivement prélevée par une verrerie, on obtient le volume **réellement** prélevé : si la verrerie est précise, $V_{\text{réel}}$ est proche du volume visé.

Activité expérimentale n° 3 – Préparation d'une solution par dissolution

Document 3 – Moyenne, écart-type et dispersion relative

Lorsque plusieurs groupes mesurent un même volume, les résultats ne sont pas tous exactement égaux : les mesures sont **dispersées** autour d'une valeur centrale.

La **moyenne** $\bar{x}$ donne la valeur centrale de la série ; l'**écart-type** σ mesure la **dispersion** des valeurs autour de cette moyenne : plus σ est **grand**, plus les mesures sont **dispersées**. Pour comparer des verreries qui ne prélèvent pas le même volume, on calcule la **dispersion relative** $\sigma/\bar{x}$, exprimée en %.

Ces trois grandeurs ne sont pas à calculer à la main : on les obtient avec le tableur LibreOffice Calc, dans le fichier AE3-tableaumesures-eleves.ods. Les mesures des groupes 1 à 7 y sont déjà saisies : il reste à compléter la ligne de votre groupe, puis à écrire les formules.

Mode d'emploi — LibreOffice Calc

- Ouvrir le fichier AE3-tableau-mesures-eleves.ods et compléter la ligne « Groupe 8 (votre groupe) » avec les quatre volumes $V_{\text{réel}}$ mesurés par votre groupe.
- Cliquer sur la cellule B14 (colonne *Bécher*, ligne *Moyenne*) et taper =MOYENNE(B6:B13), puis valider par Entrée.
- Faire de même en B15 avec =ECARTYPE(B6:B13), et en B16 avec =B15/B14*100.
- Sélectionner les cellules B14 à B16, attraper le **petit carré** situé en bas à droite de la sélection (la *poignée de recopie*) et le **glisser** jusqu'à la colonne E : les formules se recopient toutes seules pour l'éprouvette, la fiole et la pipette.

Questions

- Votre groupe dispose des **quatre** pièces de verrerie du Document 1. Pour chacune, réaliser **une seule** mesure : prélever le volume visé, peser la **masse** m d'eau prélevée, puis en déduire le **volume réellement prélevé** $V_{\text{réel}}$ à l'aide de ρ_{eau} . Écrire dans la première ligne du tableau chaque résultat en mL avec un nombre de chiffres significatifs cohérent.

	Bécher	Éprouvette	Fiole	Pipette
Volume visé (mL)	100	100	200,0	10,0
Notre mesure : $V_{\text{réel}}$ (mL)				
Moyenne $\bar{V}$ (mL)	99,21	99,57	200,00	10,00
Écart-type σ (mL)	2,72	0,67	0,04	0,02
Dispersion relative $\sigma/\bar{V}$ (en %)	2,74	0,68	0,02	0,22

✓ Correction

La balance indique une masse m , que l'on convertit en volume avec la masse volumique de l'eau (Document 2) :

$$V_{\text{réel}} = \frac{m}{\rho_{\text{eau}}} = \frac{m}{1,00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}}$$

Comme $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, le volume en millilitres est **égal** à la masse en grammes. Exemple : une masse d'eau $m = 98,4 \text{ g}$ prélevée au bécher correspond à $V_{\text{réel}} = 98,4 \text{ mL}$, un peu moins que les 100 mL visés.

La ligne « Notre mesure » se complète avec les quatre volumes du groupe, avec autant de chiffres significatifs que la balance en affiche. Les trois lignes suivantes, complétées en rouge, sont les résultats de toute la classe : ils sont calculés à la question suivante avec le fichier AE3-tableau-mesures-eleves.ods (mesures des groupes 1 à 7).

Activité expérimentale n° 3 – Préparation d'une solution par dissolution

2. Le fichier AE3-tableaumesureseleves.ods contient déjà les mesures des groupes 1 à 7 (valeurs projetées au tableau). **Compléter** la ligne de votre groupe, puis **écrire les formules** de moyenne, d'écart-type et de dispersion relative (mode d'emploi : Document 3). Reporter enfin les résultats dans le tableau ci-dessus.

✓ Correction

En suivant le mode d'emploi du Document 3 : en B14, =MOYENNE(B6:B13) ; en B15, =ECARTYPE(B6:B13) ; en B16, =B15/B14*100 ; puis on recopie les trois formules jusqu'à la colonne E avec la poignée de recopie.

Avec les mesures des groupes 1 à 7 déjà saisies dans le fichier, on obtient les valeurs reportées en rouge dans le tableau de la question 1 ; elles varient légèrement une fois la ligne du groupe 8 complétée.

3. Les quatre verreries ne prélèvent pas le même volume : on ne peut donc pas comparer directement leurs écarts-types. On compare la **dispersion relative** $\sigma/\bar{V}$ (en %), déjà calculée dans le tableau : elle indique *l'écart par rapport au volume prélevé*. Quelle verrerie donne les prélèvements les **plus dispersés**? La **plus précise**? À quel type de verrerie (« jaugée » ou « graduée ») correspondent les verreries les plus précises?

✓ Correction

D'après la dernière ligne du tableau : bécher 2,74 %, éprouvette 0,68 %, pipette 0,22 %, fiole 0,02 %.

- Les prélèvements les **plus dispersés** sont ceux du **bécher** (dispersion relative 2,74 %, la plus élevée) : ses graduations sont larges et grossières, le niveau d'eau y est difficile à repérer et à reproduire.
- La verrerie la **plus précise** est la **fiole jaugée** (0,02 %), suivie de la **pipette jaugée** (0,22 %) : leurs dispersions relatives sont bien plus faibles que celles des verreries graduées.
- Les verreries les plus précises sont donc les verreries **jaugées** : elles sont étalonnées pour un volume unique, repéré par un trait de jauge, ce qui rend le prélèvement plus reproductible qu'une lecture sur une échelle graduée.

Activité expérimentale n° 3 – Préparation d'une solution par dissolution

4. La verrerie à choisir dépend de la tâche à réaliser. Pour chacun des **quatre rôles** ci-dessous, indiquer la **verrerie adaptée** et **justifier** votre choix (type de verrerie, dispersion relative).

✓ Correction

Rôle	Verrerie adaptée	Justification
1. Préparer une solution de volume final précis	Fiole jaugée	Verrerie jaugée (200,0 mL) : dispersion relative la plus faible (0,02 %), le trait de jauge fixe le volume final avec précision.
2. Prélever un petit volume précis	Pipette jaugée	Seule verrerie jaugée de petit volume (10,0 mL, dispersion 0,22 %) : bien plus précise que l'éprouvette pour prélever 10 mL.
3. Mesurer un volume approximatif, sans grande précision	Éprouvette graduée	Verrerie graduée dont la précision (0,68 %) suffit pour un volume approximatif, et qui permet de lire différents volumes.
4. Servir uniquement de contenant, sans mesurer de volume	Bécher	Verrerie graduée très imprécise (2,74 %) : ses graduations ne servent pas à mesurer; on l'utilise pour contenir, transvaser ou dissoudre.

Partie B – Préparer la solution étalon par dissolution

Document 4 – Solution, soluté, solvant

♥ À retenir

Une **solution** est un **mélange homogène** obtenu en dissolvant une ou plusieurs espèces chimiques, **le-s soluté-s**, dans une autre espèce chimique, **le solvant**.

Le **solvant** est l'espèce chimique majoritaire de la solution; le **soluté** est l'espèce (ou les espèces) dissoute(s), présente(s) en plus faible quantité. Une solution dont le solvant est l'eau est dite **aqueuse**.

Document 5 – Concentration en masse

♥ À retenir

La **concentration en masse** d'un soluté est la masse de soluté dissous par litre de solution :

$$C_m = \frac{m_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}}$$

avec $m_{\text{soluté}}$ en g, V_{solution} en L et C_m en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Questions

Activité expérimentale n° 3 – Préparation d'une solution par dissolution

5. Identifier, pour la solution étalon à préparer, le **soluté** et le **solvant**. S'agit-il d'une solution aqueuse? Justifier.

✓ Correction

Le **soluté** est le **colorant E132** (indigotine) : c'est l'espèce dissoute, présente en faible quantité. Le **solvant** est l'**eau**, espèce majoritaire de la solution. Le solvant étant l'eau, la solution étalon est une **solution aqueuse**.

6. On souhaite préparer $V = 200 \text{ mL}$ de solution étalon de concentration en masse $C_m = 0,750 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de colorant E132.

- (a) Exprimer la masse $m_{\text{soluté}}$ à peser en fonction de C_m et V (attention aux unités).
(b) Calculer cette masse (en g). On donnera le résultat avec **trois chiffres significatifs**.

✓ Correction

- (a) D'après le Document 5, $C_m = \frac{m_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}}$, soit :

$$m_{\text{soluté}} = C_m \times V$$

- (b) Le volume doit être exprimé en litres : $V = 200 \text{ mL} = 0,200 \text{ L}$.

$$m_{\text{soluté}} = C_m \times V = 0,750 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 0,200 \text{ L} = 0,150 \text{ g}$$

Il faut donc peser 0,150 g de colorant E132 (soit 150 mg), résultat à trois chiffres significatifs.

7. Préparer la solution étalon en suivant la **fiche méthode** « La dissolution » (page 6 de ce document : protocole et schéma des étapes). Le professeur récupère la solution préparée : elle sera utilisée lors du **prochain TP**.

✓ Correction

On pèse la masse calculée à la question précédente ($m = 0,150 \text{ g}$ de colorant E132), on la dissout dans un peu d'eau distillée, puis on complète au **trait de jauge** de la **fiolle jaugée** de 200,0 mL : c'est bien la verrerie adaptée pour un volume final précis (question 4).

Bilan

♥ À retenir

À retenir :

- Une verrerie **jaugée** (fiolle jaugée, pipette jaugée) est étalonnée pour **un seul volume**, repéré par un trait de jauge; une verrerie **graduée** (bêcher, éprouvette graduée) porte une échelle de graduations. Les verreries jaugées sont les plus précises.
- La **moyenne** $\bar{V}$ donne la valeur centrale d'une série de mesures; l'**écart-type** σ mesure la dispersion des valeurs autour de cette moyenne.
- Pour comparer des verreries qui ne prélèvent pas le même volume, on utilise la **dispersion relative** $\sigma/\bar{V}$ (en %) : plus elle est faible, plus la verrerie est précise.
- On choisit la verrerie selon la tâche : **fiolle jaugée** pour un volume final précis, **pipette jaugée** pour un petit volume précis, **éprouvette graduée** pour un volume approximatif, **bêcher** comme simple contenant.
- Une **solution** est un mélange **homogène** d'un **soluté** (espèce dissoute, ici le colorant E132) dans un **solvant** (espèce majoritaire, ici l'eau); le solvant étant l'eau, la solution est **aqueuse**.
- La **concentration en masse** $C_m = \frac{m_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}}$ s'exprime en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; pour préparer un volume V de solution, il faut peser $m_{\text{soluté}} = C_m \times V$.

La dissolution

Préparer une solution : les 6 étapes de la manipulation.

Matériel : balance • coupelle • spatule • entonnoir • fiole jaugée • pissette • compte-gouttes • bouchon



blouse, gants, lunettes

1 Peser la masse de soluté



coupelle vide, puis **Tare**

ajouter le soluté ↓

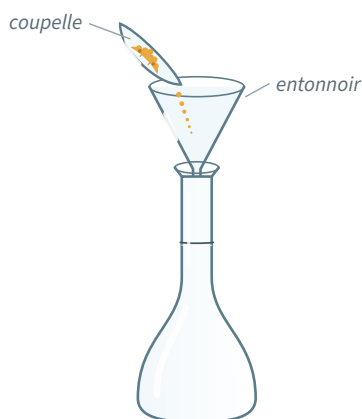


la masse m voulue est atteinte

Poser la coupelle sur la balance, puis appuyer sur **Tare** : l'afficheur revient à 0,00 g. Ajouter le soluté à la spatule, jusqu'à obtenir la masse m voulue.

⚠ Jamais de solide directement sur le plateau.

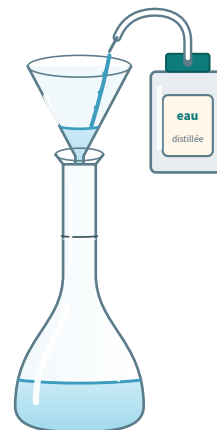
2 Verser le soluté dans la fiole



Placer l'entonnoir en verre dans le col de la fiole jaugée. Verser **tout** le solide de la coupelle dans l'entonnoir : les grains tombent au fond de la fiole.

⚠ La tige de l'entonnoir reste au-dessus du trait de jauge.

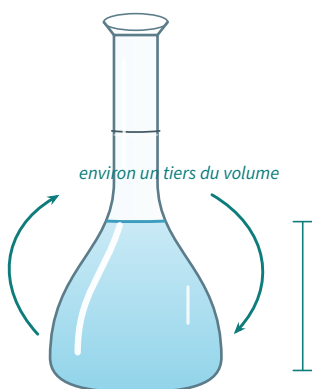
3 Rincer l'entonnoir



Rincer l'entonnoir à la pissette d'eau distillée : les grains restés sur les parois rejoignent la fiole. Rincer également la coupelle.

⚠ Ne pas dépasser environ un tiers du volume de la fiole.

4 Ajouter le solvant et agiter

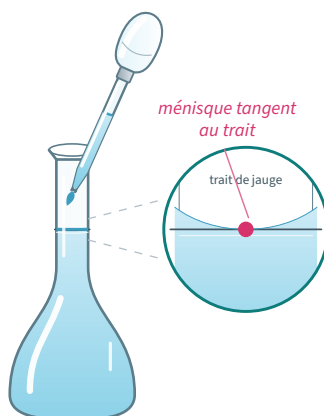


environ un tiers du volume

Ajouter de l'eau distillée jusqu'à environ un tiers de la fiole. Agiter doucement par mouvements circulaires, jusqu'à ce que tout le solide soit dissous.

💡 Attendre la disparition complète de la poudre avant de compléter.

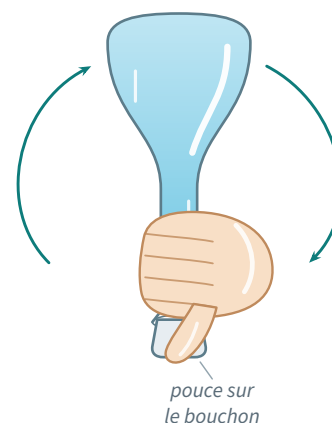
5 Compléter au trait de jauge



Ajouter le solvant jusqu'à quelques millimètres du trait, puis terminer **au compte-gouttes**, goutte à goutte. Le **bas du ménisque** doit être **tangent** au trait de jauge.

💡 Placer l'œil à hauteur du trait, pour éviter la parallaxe.

6 Boucher et homogénéiser



Fermer la fiole avec son bouchon, **en gardant le pouce dessus**, puis la retourner plusieurs fois : la solution devient homogène. La solution est prête à être utilisée.

💡 Le pouce reste appuyé sur le bouchon pendant toute l'agitation : c'est lui qui assure l'étanchéité.