

EXERCICES Appliquer le cours

■ Que contient une solution ? (§1 du cours)

16. Connaître les constituants d'une solution

Le soluté est du chlorure de sodium (couramment appelé « sel », utilisé en cuisine) et le solvant est l'eau.

■ Concentration massique (§2 du cours)

17. Calculer une concentration massique

$c_m = \frac{m}{V}$ avec $m = 0,3 \text{ g}$ et $V = 0,100 \text{ L}$.

$$\text{A.N. : } c_m = \frac{0,3}{0,100} = 3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

18. Utiliser une formule

$$m = c_m \times V$$

$$\text{A.N. : } m = 5,5 \times 10^2 \times 0,250 = 1,4 \times 10^2 \text{ g}.$$

19. Faire des conversions d'unités

$$V = 100 \text{ mL} = 100 \times 10^{-3} \text{ L} = 1,00 \times 10^{-1} \text{ L}.$$

$$m = 60 \text{ mg} = 60 \times 10^{-3} \text{ g} = 6,0 \times 10^{-2} \text{ g}.$$

La concentration massique du lait en vitamine A est

$$\text{donc } c_m = \frac{m}{V}$$

$$c_m = \frac{6,0 \times 10^{-2}}{(1,00 \times 10^{-1})} = 6,0 \times 10^{-1} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

20. Comparer à des valeurs de référence

La concentration massique en urée est $c_m = \frac{m}{V}$ avec $m = 5,0 \times 10^{-4} \text{ g}$ et $V = 2,0 \times 10^{-3} \text{ L}$.

$$\text{A.N. : } c_m = \frac{(5,0 \times 10^{-4})}{(2,0 \times 10^{-3})} = 0,25 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ ce qui est une valeur normale.}$$

21. Reconnaître une technique de préparation

$$\text{a. } c_m = \frac{m}{V}, \text{ avec } V = 200 \text{ mL} = 0,200 \text{ L}$$

$$\text{et } m = 500 \text{ mg} = 0,500 \text{ g}$$

$$\text{A.N. : } c_m = \frac{0,500}{0,200} = 2,50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

b. En introduisant le paracétamol dans le verre d'eau, l'homme prépare une solution par dissolution (une agitation est nécessaire) ; en préparant sa solution pour bain de bouche, il effectue une dilution : il ajoute de l'eau à une solution aqueuse.

22. Déterminer une masse

$$m = c_m \times V$$

$$\text{A.N. : } m = 5,0 \times 10^{-3} \times 3,0 = 1,5 \times 10^{-2} \text{ g.}$$

23. Rédiger un protocole de dissolution

On pèse la masse $m = 500 \text{ mg} = 0,500 \text{ g}$ de saccharose dans une coupelle de pesée, et on introduit ce prélèvement dans une fiole jaugée de 100 mL.

On rince la coupelle avec de l'eau distillée, en récupérant l'eau de rinçage dans la fiole, qu'on remplit environ à moitié d'eau distillée.

On agite délicatement (latéralement) avant de compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, de boucher et d'homogénéiser vivement.

24. Calculer une masse d'espèce à dissoudre

Il faut peser une masse

$$m = c_m \times V = 9,00 \times 0,2500 = 2,25 \text{ g.}$$

Préparation d'une solution par dilution

(§3 du cours)

25. Nommer et schématiser la verrerie

On utilise une pipette jaugée de 10 mL (plus précise qu'une pipette graduée de 10 mL, et beaucoup plus précise qu'une éprouvette graduée). (Schéma par exemple dans le document 2 p. 92)

26. Calculer un volume de solution

Le volume de solution mère à prélever est :

$$V_0 = \left(\frac{c_m}{c_{m,0}} \right) \times V$$

$$\text{A.N. : } V_0 = \left(\frac{5,00 \times 10^{-1}}{2,50} \right) \times 5,00 \times 10^{-2} = 0,0100 \text{ L} = 10,0 \text{ mL.}$$

27. Rédiger un protocole de dilution

Le contenu de l'ampoule (volume $V_0 = 5,0 \text{ mL}$ de solution de vitamine C) est introduit dans une fiole jaugée de 250 mL.

On ajoute ensuite de l'eau distillée (jusqu'aux deux tiers environ), avant d'agiter délicatement (latéralement) la solution (sans projections de liquide au-dessus du trait de jauge).

On complète ensuite avec de l'eau distillée (on termine à la pipette Pasteur) jusqu'au trait de jauge, avant de boucher et d'homogénéiser vigoureusement la solution fille obtenue.

28. Utiliser la fiole jaugée

Lors de l'agitation pour faciliter la dissolution (la fiole n'étant pas complètement remplie), des gouttes de solution sont montées au-delà du trait de jauge (voire dans le bouchon) : on perd donc du soluté.

Il faut vérifier le bon ajustement du trait de jauge avant l'agitation vigoureuse de la solution.

Lorsque l'élève ajuste au trait de jauge en complétant avec de l'eau distillée, ses yeux ne sont pas du tout à la même hauteur que le ménisque et le trait de jauge : il ne peut donc voir si la fiole est effectivement bien remplie.

29. S'adapter aux notations de l'énoncé

Le volume de solution mère à prélever est :

$$V_1 = \left(\frac{c_{m,2}}{c_{m,1}} \right) \times V_2$$

$$\text{A.N. : } V_1 = \left(\frac{5,00 \times 10^{-3}}{1,0 \times 10^{-1}} \right) \times 100,0 \times 10^{-3} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ L} = 5,0 \text{ mL.}$$

EXERCICES S'entraîner

31. Concentrations en caféine

> COMPÉTENCES : Restituer, réaliser, valider.

$$\text{a. } c_m = \frac{m}{V}, \text{ avec } V = 200 \text{ mL} = 0,200 \text{ L}$$

$$\text{et } m = 50 \text{ mg} = 0,050 \text{ g.}$$

$$\text{A.N. : } c_m = \frac{0,050}{0,200} = 0,25 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

$$\text{b. } c'_m = \frac{m'}{V}, \text{ avec } V = 30 \text{ mL} = 0,030 \text{ L}$$

$$\text{et } m' = 40 \text{ mg} = 0,040 \text{ g.}$$

$$\text{A.N. : } c'_m = \frac{0,040}{0,030} = 1,3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

La concentration en caféine est donc plus grande dans un expresso que dans la solution obtenue par dissolution d'un comprimé de Guronsan®.

32. Masse volumique ou concentration massique ?

> COMPÉTENCES : Restituer, analyser.

a. Masse volumique d'une solution : **masse de solution** divisée par le volume occupé par cette masse de solution :

$$\rho = \frac{m_{\text{solution}}}{V_{\text{solution}}}$$

b. Concentration massique d'une solution : **masse de soluté** divisée par le volume contenant cette masse de

$$\text{soluté : } c_m = \frac{m_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}}$$

c. Ces deux grandeurs sont obtenues en divisant une masse par un volume : elles peuvent donc être exprimées dans la même unité (par exemple en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$). Mais attention, dans le cas de la concentration massique, la masse figurant au numérateur est la **masse de soluté**, tandis que dans l'expression de la masse volumique, la masse au numérateur est la **masse de solution**.

d. Le sérum physiologique est une solution aqueuse de chlorure de sodium, la valeur $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ est sa concentration massique en chlorure de sodium. $1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ correspond à la masse volumique de l'eau purifiée.

33. Apprendre à rédiger

> COMPÉTENCES : S'approprier, restituer, réaliser.

a. Le volume de solution dans le flacon est :

$$V = 25 \text{ mL} = 0,025 \text{ L.}$$

La masse m de paclitaxel dans le flacon est donc :

$$m = c_m \times V, \text{ avec } c_m = 6,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

$$\text{A.N. : } m = 6,0 \times 0,025 = 0,15 \text{ g.}$$

b. La concentration massique de la solution souhaitée est $c'_m = 0,30 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1} = 0,30 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} = 0,30 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. L'infirmière pourra en préparer le plus grand volume possible V' en utilisant toute la masse de paclitaxel m contenue dans le flacon.

$$\text{On en déduit } V' = \frac{m}{c'_m}.$$

$$\text{A.N. : } V' = \frac{0,15}{0,30} = 0,50 \text{ L.}$$

34. ⚡ Suspension buvable à l'ibuprofène

> COMPÉTENCES : S'approprier, réaliser, analyser.

$$\text{a. } c_m = 20 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1} = 20 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} = 20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

b. Elle correspond à la masse (en mg) qui peut être absorbée par jour et par kg de masse corporelle.

c. En une prise, on peut absorber $\frac{30}{4} = 7,5 \text{ mg}$ d'ibuprofène par kg de masse corporelle.

$$\text{Donc } m = 7,5 \text{ mg} = 7,5 \times 10^{-3} \text{ g.}$$

$$\text{d. } V = \frac{m}{c_m} = \frac{(7,5 \times 10^{-3})}{20} = 3,8 \times 10^{-4} \text{ L} = 0,38 \text{ mL.}$$

35. In English Please

> COMPÉTENCES : Restituer, analyser, réaliser.

a. Un volume de 100 mL de la solution contient une masse de 850 mg de chlorure de sodium. Or 1,0 mL de cette solution pèse 1,0 g. On en déduit qu'une masse de 100 g de la solution contient une masse de 850 mg = 0,850 g de chlorure de sodium.

Pour trouver le pourcentage massique en chlorure de sodium, on divise la masse de chlorure de sodium par la masse de solution : $\frac{0,850}{100} = 0,00850$, soit 0,850 %.

b. Le pourcentage massique en peroxyde d'hydrogène est de 3,0 % : 100 g de solution (soit 100 mL de solution) contiennent 3,0 g de peroxyde d'hydrogène. La concentration massique en peroxyde d'hydrogène est donc :

$$c_m = \frac{3,0}{100} = 30 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

36. ⚡ Perfusion intraveineuse

> COMPÉTENCES : Restituer, réaliser, analyser.

Chaque solution a une masse volumique $\rho = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$; une masse de 100 g de chacune occupe donc un volume $V = 100 \text{ mL} = 0,100 \text{ L}$.

La concentration massique de la solution à 5,0 % est donc $c_m = \frac{5,0}{100} = 50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

La concentration massique de la solution à 10,0 % est donc $c'_m = \frac{10,0}{100} = 100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

37. ⚡ Vitamine D

> COMPÉTENCES : Restituer, réaliser, analyser.

$$\text{a. } c_m = 1500 \times 0,025 \times 10^{-6} = 3,8 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} = 3,8 \times 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

b. Le volume de la dose n° 1 est $V = 0,67 \times 10^{-3} \text{ L}$.

$$m = c_m \times V.$$

$$\text{A.N. : } m = 3,8 \times 10^{-2} \times 0,67 \times 10^{-3} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ g} = 25 \text{ } \mu\text{g}.$$

38. ⚡ Traitement de l'asthme

> COMPÉTENCES : Restituer, analyser, réaliser.

$$\text{a. } c_m = \frac{0,050}{0,100} = 0,50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

$$\text{b. Le volume d'une goutte est } V = \frac{30 \times 10^{-3}}{1200} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ L;}$$

on en déduit la masse de substance active dans une goutte : $m = c_m \times V = 0,50 \times 2,5 \times 10^{-5} = 1,3 \times 10^{-5} \text{ g}$.

c. La masse de bétaméthasone délivrée à chaque prise est $40 \times m = 40 \times c_m \times V = 5,0 \times 10^{-4} \text{ g}$.

39. COMMENTAIRE ARGUMENTÉ

Eaux de différentes régions de la Terre

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, communiquer.

Pour répondre à la question, il faut comparer les valeurs de concentrations en différents ions de l'eau du lac Victoria (doc. 1) aux seuils des normes européennes pour la potabilité d'une eau (doc. 2).

Mais l'unité utilisée pour les concentrations massiques dans le document 1 ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) n'est pas la même que celle utilisée dans le document 2 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) pour les cinq ions étudiés. On convertit donc dans un premier temps les valeurs du document 1 en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$:

$$\text{Na}^+ : 10 ; \text{Mg}^{2+} : 6 ; \text{Ca}^{2+} : 10 ; \text{Cl}^- : 20 ; \text{SO}_4^{2-} : 2.$$

Chacune de ces valeurs est inférieure à la valeur maximale autorisée par les normes.

Si on s'intéresse uniquement à la teneur en ces cinq espèces (ou si on se limite aux ions chlorure Cl^- , sulfate SO_4^{2-} et calcium Ca^{2+}), on peut considérer que le scientifique peut boire cette eau.

Cependant les données du document 1 ne permettent pas de conclure, elles sont incomplètes. On ne connaît pas la concentration massique des autres ions, et si la teneur de l'eau en un ion dépasse le seuil correspondant, l'eau est non potable. Il faudrait aussi connaître le pH de l'eau du lac Victoria et sa teneur en pesticides pour conclure sur le caractère potable de l'eau d'un point de vue des espèces chimiques. Mais l'analyse des espèces chimiques ne suffirait pas, les paramètres biologiques sont évidemment à prendre en compte (présence de bactéries...).

40. ANALYSE ET SYNTHÈSE DE DOCUMENTS

⚡ Analyses sanguines d'un sportif

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser, communiquer, valider.

D'après le document 2, l'hématocrite est le rapport du volume des globules rouges sur celui du sang contenant ces globules rouges.

Or la feuille d'analyses donne le nombre de globules rouges par mL de sang ($5,29 \times \frac{10^6 \text{ globules rouges}}{\text{mm}^3} = 5,29 \times \frac{10^9 \text{ globules rouges}}{\text{cm}^3} = 5,29 \times \frac{10^9 \text{ globules rouges}}{\text{mL}}$),

ainsi que le volume moyen d'un globule rouge ($106 \text{ fL} = 106 \times 10^{-15} \text{ L} = 106 \times 10^{-12} \text{ mL}$). On en déduit le volume des globules rouges dans 1 mL de sang : $5,29 \times 10^9 \times 106 \times 10^{-12} \text{ L} = 0,561 \text{ mL}$.

$$\text{On en déduit l'hématocrite : } \frac{0,561}{1} = 0,561 \text{ soit } 56,1 \text{ \%}.$$

Dans 1 mm³ de sang, il y a 5,29 millions de globules rouges.

100 mL = 100 cm³ = 100 × 10³ mm³ = 10⁵ mm³.

Dans 100 mL de sang, il y a donc 5,29 × 10⁶ × 10⁵ = 5,29 × 10¹¹ globules rouges.

D'après la feuille d'analyses, il y a 14,9 g d'hémoglobine dans 1 dL, soit 100 mL de sang.

La T.C.M.H. (masse moyenne d'hémoglobine dans un globule rouge) est donc $\frac{14,9}{(5,29 \times 10^{11})} = 2,82 \times 10^{-11} \text{ g} = 28,2 \text{ pg}$.

Plusieurs déterminations sont légèrement au-dessus des normes, mais c'est l'hématocrite qui s'en écarte le plus. Ce cycliste subira donc certainement des analyses plus poussées, pour confirmer ou infirmer son éventuel dopage. C'est l'hématocrite (ou taux d'hématocrite) qui a été choisie comme indicateur d'un éventuel dopage à l'EPO. Sa détermination expérimentale est relativement simple : après centrifugation d'un échantillon sanguin, les globules rouges se déposent au fond du tube, et la mesure de leur volume est ainsi réalisable. En divisant par la valeur du volume total de l'échantillon, on obtient la valeur du taux d'hématocrite. La simplicité de cette détermination est un avantage, permettant d'avoir rapidement une suspicion de dopage à l'EPO.

Mais le dopage à l'EPO n'est pas la seule cause d'une augmentation du taux d'hématocrite : d'après le document 3, l'entraînement des sportifs en altitude permet aussi une augmentation significative de l'hématocrite. Un taux d'hématocrite supérieur à 52 % n'est pas forcément la conséquence d'un dopage, mais peut être dû à des conditions d'entraînement particulières. Un taux d'hématocrite un peu supérieur à 52 % n'est donc pas un indicateur fiable pour convaincre un sportif de dopage.

41. ÉVALUATION DES COMPÉTENCES EXPÉRIMENTALES

★ Utilisation d'une échelle de teintes

> COMPÉTENCES : Analyser, réaliser, valider.

a. Chacune des solutions de l'échelle de teintes du document 3 a été préparée par dilution d'un volume V_0 de la solution mère de concentration $c_{m0} = 11,6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ dans une fiole jaugée de volume $V = 100 \text{ mL}$. Le volume de solution mère prélevé est indiqué dans le tableau ci-dessous. La concentration massique c_m de la solution obtenue est $c_m = \frac{(c_{m0} \times V_0)}{V}$.

Le volume V_0 de solution mère est prélevé à l'aide d'une pipette graduée de 10 mL (pour les volumes inférieurs à 10 mL) ou à l'aide de deux pipettes (une jaugée de 10 mL et une graduée de 10 mL) pour les volumes supérieurs à 10 mL. On introduit le volume prélevé dans

une fiole jaugée de 100 mL et on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

La solution d'Alodont est versée dans un tube à essais de même diamètre que ceux de l'échelle de teintes. On compare alors la teinte de l'Alodont aux teintes de l'échelle de teintes.

b. La couleur de l'Alodont est comprise entre celles des tubes 3 et 4 ; la concentration massique en bleu patenté V de l'Alodont est donc comprise entre $1,2 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ et $1,4 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

c. Avantages de la méthode : cette méthode est rapide et ne nécessite pas de matériel sophistiqué.

Inconvénients : on obtient seulement un encadrement de la concentration cherchée, la détermination est donc peu précise. De plus, la comparaison visuelle peut être délicate.

REMARQUE : Les élèves pourraient aussi proposer de verser quelques mL d'Alodont dans les solutions de l'échelle de teintes pour voir si cela éclaircit, fonce ou laisse inchangée la solution. Cette idée est à rejeter car d'une part elle est destructive de l'échantillon, et une telle modification éventuelle de couleur est aussi difficile à percevoir à l'œil nu.

42. ANALYSE ET SYNTHÈSE DE DOCUMENTS

★ Solutions de réhydratation

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, communiquer.

1. Il est préconisé de donner le même volume de l'une ou l'autre solution de réhydratation : 200 mL par kg et par 24 h (même posologie). Pour comparer les deux solutions, il suffit donc de calculer la concentration massique des différentes espèces qu'elles contiennent et de les comparer.

La solution fabriquée en urgence à domicile est une solution aqueuse contenant du chlorure de sodium et du saccharose.

La solution aqueuse vendue en pharmacie contient deux types de sucres (glucose et saccharose) et trois types d'ions : chlorure et sodium (présents aussi dans l'autre solution) et potassium.

2. Le document 3 donne le pourcentage en eau dans un organisme humain en fonction de l'âge de l'individu. On remarque que la proportion d'eau dans le corps d'un nouveau-né (75 %) ou d'un nourrisson (70 % à 3 mois) est beaucoup plus importante que dans le cas d'un adulte (50 % en moyenne) : la déshydratation (par exemple suite à des diarrhées importantes) aura donc des conséquences plus importantes au niveau du fonctionnement de l'organisme (appareil cardio-vasculaire ou rénal par exemple).

Tube n°	1	2	3	4	5	6
Concentration massique c_m de la solution fille (en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	$7,0 \times 10^{-4}$	$9,3 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-3}$	$1,6 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-3}$
Volume V_0 de solution mère prélevé (en mL)	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0

3. Calculons les concentrations massiques des différentes espèces pour chacune des solutions.

Solution fabriquée en urgence

Concentrations massiques en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

$$\text{Saccharose} : \frac{(4 \times 6,0)}{1,00} = 24$$

$$\text{Chlorure de sodium} : \frac{(2 \times 0,40)}{1,0} = 0,80$$

Solution pharmaceutique

Concentrations massiques en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

$$\text{Glucose} : \frac{2,65}{0,200} = 13,2$$

$$\text{Saccharose} : \frac{2,49}{0,200} = 12,5$$

$$\text{Sodium} : \frac{0,27}{0,200} = 1,4$$

$$\text{Potassium} : \frac{0,16}{0,200} = 0,80$$

$$\text{Chlorure} : \frac{0,21}{0,200} = 1,1$$

On remarque que la somme des concentrations massiques de glucose et de saccharose de la solution pharmaceutique ($13,2 + 12,5 = 25,5$) est du même ordre de grandeur que la concentration massique en saccharose de la solution fabriquée en urgence ($24 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$).

Par contre, la concentration en chlorure de sodium de la solution fabriquée en urgence est nettement inférieure à la somme des concentrations massiques en chlorure et sodium de la solution pharmaceutique.

On peut donc supposer que l'apport en sucre de la solution d'urgence est suffisant, mais que l'apport en ions est insuffisant.

REMARQUES : le document 2 donne seulement un extrait de la notice d'Adiaril, d'autres ions sont présents dans cette solution pharmaceutique.

Pour conclure il serait plus pertinent de raisonner en concentrations molaires et non en concentrations massiques, car l'effet biologique est dû à la quantité d'une espèce introduite par litre de solution (nombre de molécules ou d'ions par litre).