

Titrage

Corrigé des exercices - niveau 1re

Voici le corrigé détaillé des exercices sur le titrage. Compare ta démarche à chaque correction : on attend la relation à l'équivalence écrite avant tout calcul, les unités, et un nombre de chiffres significatifs cohérent avec les données.

Ce corrigé est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

La correction détaillée : corrigé titrage

Correction de l'exercice 1 : Questions de cours

1. Le dosage par **étalonnage** compare une grandeur mesurée (absorbance, conductivité...) à celle de solutions connues, sans transformation chimique utile. Le dosage par **titrage** utilise une réaction chimique et détruit l'espèce titrée.
2. La réaction support doit être **rapide, totale et unique**.
3. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les **proportions stœchiométriques** : l'espèce titrée et le titrant sont entièrement consommés.
4. La **burette graduée** verse le titrant ; la **pipette jaugée** prélève la solution titrée.

Correction de l'exercice 2 : Vrai ou faux ?

- a. **Faux** : le titrage est destructif, l'espèce titrée est consommée.
- b. **Vrai** : c'est la définition de l'équivalence.
- c. **Faux** : après l'équivalence, c'est le **titrant** qui est en excès.
- d. **Faux** : V_E est proportionnel à V_A ($C_A V_A \div a = C_T V_E \div b$).
- e. **Vrai** : sinon l'eau restante diluerait le titrant et fausserait sa concentration.
- f. **Faux** : l'eau ajoutée ne change pas la quantité de matière de l'espèce titrée, donc ni V_E ni le résultat ; elle peut même faciliter l'agitation.

Correction de l'exercice 3 : Lire une burette

1. Le bas du ménisque est à mi-chemin entre 12,4 et 12,5 : **$V = 12,45 \text{ mL} \pm 0,05 \text{ mL}$** .
2. On lit le bas du ménisque, avec l'œil à la hauteur de la surface, pour éviter l'**erreur de parallaxe** (lecture trop haute ou trop basse selon l'angle de vue).
3. $0,1 \text{ mL} \div 0,05 \text{ mL} = \mathbf{2 \text{ gouttes}}$.

Correction de l'exercice 4 : Titrage des ions fer (II)

1. $n(\text{MnO}_4^-) = C_T \times V_E = 1,00 \times 10^{-2} \times 15,2 \times 10^{-3} = \mathbf{1,52 \times 10^{-4} \text{ mol}}$.
2. $n(\text{Fe}^{2+}) = 5 \times n(\text{MnO}_4^-) = 5 \times 1,52 \times 10^{-4} = \mathbf{7,60 \times 10^{-4} \text{ mol}}$.
3. $C_A = 7,60 \times 10^{-4} \div 10,0 \times 10^{-3} = \mathbf{7,60 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}$. Concentration en masse : $7,60 \times 10^{-2} \times 55,8 \approx \mathbf{4,24 \text{ g/L}}$.

Correction de l'exercice 5 : Titrage du diiode

1. Avant l'équivalence, il reste du diiode qui donne avec l'amidon une couleur bleu-noir. À l'équivalence, tout le diiode a été consommé par les ions thiosulfate : plus de diiode, plus de coloration, la solution est **incolore**.
2. À l'équivalence : $n(\text{I}_2) \div 1 = n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \div 2$, soit $\mathbf{n(\text{I}_2) = n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \div 2}$.
3. $n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,100 \times 8,4 \times 10^{-3} = 8,4 \times 10^{-4} \text{ mol}$; $n(\text{I}_2) = 4,2 \times 10^{-4} \text{ mol}$; $C(\text{I}_2) = 4,2 \times 10^{-4} \div 20,0 \times 10^{-3} = \mathbf{2,1 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}$.

Correction de l'exercice 6 : Équation d'un titrage

1. $\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^- = \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$ et $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$.
2. On écrit $\text{Fe}^{2+} = \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ et on la multiplie par 5 pour échanger 5 électrons : $\mathbf{\text{MnO}_4^- + 5 \text{Fe}^{2+} + 8 \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 5 \text{Fe}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}}$.
3. L'oxydant est $\mathbf{\text{MnO}_4^-}$ (il capte des électrons), le réducteur est $\mathbf{\text{Fe}^{2+}}$; l'espèce titrée est Fe^{2+} .
4. Les ions permanganate sont violets alors que Mn^{2+} est presque incolore : la première goutte en excès colore la solution en rose. Le titrant sert d'**indicateur** (auto-indication).

Correction de l'exercice 7 : Quelle réaction choisir ?

1. Il faut choisir **R3**. R1 est trop lente (on ne sait pas quand l'équivalence est atteinte), R2 n'est pas totale, R4 n'est pas unique : une partie de A est consommée par une autre réaction, ce qui fausse le bilan.
2. Avec une réaction limitée, les réactifs coexistent avant et après le « point d'équivalence » : il n'y a pas de changement brusque de réactif limitant, donc pas de changement de couleur net.

Correction de l'exercice 8 : Titrage d'une eau oxygénée

1. $n(\text{MnO}_4^-) = 2,00 \times 10^{-2} \times 14,8 \times 10^{-3} = \mathbf{2,96 \times 10^{-4} \text{ mol}}$. À l'équivalence, $n(\text{MnO}_4^-) \div 2 = n(\text{H}_2\text{O}_2) \div 5$, donc $n(\text{H}_2\text{O}_2) = 5 \div 2 \times 2,96 \times 10^{-4} = \mathbf{7,40 \times 10^{-4} \text{ mol}}$.
2. $C_{\text{dil}} = 7,40 \times 10^{-4} \div 10,0 \times 10^{-3} = \mathbf{7,40 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}$; $C = 10 \times C_{\text{dil}} = \mathbf{0,740 \text{ mol/L}}$.
3. $C_m = 0,740 \times 34,0 \approx \mathbf{25,2 \text{ g/L}}$.
4. Sans dilution, V_E serait 10 fois plus grand : 148 mL, bien plus que la capacité d'une burette de 25 mL. On dilue pour obtenir un volume équivalent raisonnable (10 à 20 mL).

Correction de l'exercice 9 : Courbes de quantités de matière

1. **Courbe A = Fe^{2+}** (réactif consommé, sa quantité décroît) ; **courbe B = Fe^{3+}** (produit formé, sa quantité croît).
2. Les quantités sont constantes à partir de $V = 10,0 \text{ mL}$: **$V_E = 10,0 \text{ mL}$** . À ce volume, $n(\text{Fe}^{2+}) = 0$.
3. $n(\text{Fe}^{2+}) = 1,00 \text{ mmol}$ dans $10,0 \text{ mL}$: $C_A = 1,00 \times 10^{-3} \div 10,0 \times 10^{-3} = \mathbf{0,100 \text{ mol/L}}$.
4. $n(\text{MnO}_4^-) = n(\text{Fe}^{2+}) \div 5 = 0,200 \text{ mmol}$, donc $C_T = 0,200 \times 10^{-3} \div 10,0 \times 10^{-3} = \mathbf{2,00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}$.
5. Après V_E : plus de Fe^{2+} à oxyder, donc $n(\text{Fe}^{2+}) = 0$ et $n(\text{Fe}^{3+})$ reste constante à $1,00 \text{ mmol}$; le permanganate versé s'accumule.

Correction de l'exercice 10 : Répétabilité du titrage

1. Valeurs : **12,3 ; 12,4 ; 12,4 ; 12,5 ; 12,6 mL**. Écart maximal : $0,3 \text{ mL}$. Selon le critère « au plus $0,2 \text{ mL}$ », la valeur $12,6$ est un peu éloignée ; on conserve cependant les cinq valeurs, le critère étant proche d'être satisfait (écart de $0,2 \text{ mL}$ entre $12,4$ et $12,6$).
2. $\bar{V}_E = (12,3 + 12,4 + 12,4 + 12,5 + 12,6) \div 5 = 62,2 \div 5 = \mathbf{12,44 \text{ mL}}$.
3. $u(V_E) = 0,11 \div \sqrt{5} = 0,11 \div 2,236 \approx \mathbf{0,05 \text{ mL}}$.
4. $C_A = 5 \times C_T \times \bar{V}_E \div V_A = 5 \times 2,00 \times 10^{-2} \times 12,44 \div 20,0 = \mathbf{6,22 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}$.
5. $u(C_A) \div C_A = 0,05 \div 12,44 \approx 0,4 \%$; $u(C_A) \approx 0,004 \times 6,22 \times 10^{-2} = 2,5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$.
On écrit **$C_A = (6,22 \pm 0,03) \times 10^{-2} \text{ mol/L}$** .

Correction de l'exercice 11 : La vitamine C d'un comprimé

1. Tant qu'il reste de la vitamine C, le diode versé est consommé et disparaît. Dès qu'il n'y en a plus, le diode en excès forme avec l'amidon un complexe bleu-noir : c'est l'équivalence.
2. À l'équivalence, $n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = n(\text{I}_2) = 5,00 \times 10^{-2} \times 5,52 \times 10^{-3} = \mathbf{2,76 \times 10^{-4} \text{ mol}}$.
3. Dans la fiole de $100,0 \text{ mL}$ (10 fois plus de volume) : $n = 2,76 \times 10^{-3} \text{ mol}$; $m = n \times M = 2,76 \times 10^{-3} \times 176,0 \approx 0,486 \text{ g}$, soit **486 mg**.
4. Écart relatif = $|486 - 500| \div 500 = 14 \div 500 = \mathbf{2,8 \%}$.

Correction de l'exercice 12 : Tableau d'avancement à l'équivalence

1. Quantités en mmol : état initial ($x = 0$) : Fe^{2+} $1,00$; MnO_4^- $0,200$; Fe^{3+} 0 ; Mn^{2+} 0 . État en cours (x) : Fe^{2+} $1,00 - 5x$; MnO_4^- $0,200 - x$; Fe^{3+} $5x$; Mn^{2+} x . H^+ et H_2O sont en excès.
2. $1,00 - 5x_{\text{max}} = 0$ donne $x = 0,200 \text{ mmol}$; $0,200 - x_{\text{max}} = 0$ donne $x = 0,200 \text{ mmol}$. Les deux valeurs sont égales : **$x_{\text{max}} = 0,200 \text{ mmol}$** , les deux réactifs sont limitants (proportions stœchiométriques).
3. À l'équivalence : $n(\text{Fe}^{2+}) = 0$; $n(\text{MnO}_4^-) = 0$; **$n(\text{Fe}^{3+}) = 1,00 \text{ mmol}$; $n(\text{Mn}^{2+}) =$**

0,200 mmol.

4. Plus aucun Fe^{2+} ne peut réagir : les 0,050 mmol ajoutés restent : **$n(\text{MnO}_4^-) = 0,050$ mmol.**

Correction de l'exercice 13 : Contrôle d'un sérum physiologique

1. Tant qu'il reste des ions chlorure, les ions argent précipitent sous forme de AgCl . Quand les Cl^- sont épuisés, les Ag^+ en excès réagissent avec le chromate : le précipité rouge brique signale que **l'équivalence est franchie**.
2. À l'équivalence, $n(\text{Cl}^-) = n(\text{Ag}^+) = 0,100 \times 15,4 \times 10^{-3} = 1,54 \times 10^{-3} \text{ mol}$; $C = 1,54 \times 10^{-3} \div 10,0 \times 10^{-3} = \mathbf{0,154 \text{ mol/L}}$.
3. $C_m = 0,154 \times 58,5 \approx \mathbf{9,01 \text{ g/L}}$. L'écart relatif avec 9,0 g/L est d'environ 0,1 % : le résultat est **conforme** à l'étiquette.

Correction de l'exercice 14 : Sources d'erreur

- a. La bulle occupe un volume qui est compté comme du titrant versé alors que ce n'est pas du liquide : V_E lu est trop grand, **C_A trop grande**.
- b. L'eau résiduelle dilue le titrant : sa concentration réelle est plus faible que C_T , il en faut plus pour atteindre l'équivalence. V_E trop grand, **C_A trop grande**.
- c. V_E mesuré est trop grand : **C_A trop grande**.
- d. L'eau résiduelle dilue le prélèvement : il contient moins d'espèce titrée que prévu, V_E est trop petit, **C_A trop petite**.
- e. L'eau n'apporte aucune quantité de matière de l'espèce titrée : **inchangée**.

Correction de l'exercice 15 : Quatre groupes, une référence

1. Valeurs : 0,81 ; 0,84 ; 0,78 ; 0,86 mol/L. Moyenne = $3,29 \div 4 \approx \mathbf{0,82 \text{ mol/L}}$.
2. $z = |C - 0,83| \div 0,02$: groupe 1 : $0,02 \div 0,02 = \mathbf{1,0}$; groupe 2 : $0,01 \div 0,02 = \mathbf{0,5}$; groupe 3 : $0,05 \div 0,02 = \mathbf{2,5}$; groupe 4 : $0,03 \div 0,02 = \mathbf{1,5}$.
3. Les groupes **1, 2 et 4** sont compatibles ($z < 2$) ; le groupe 3 ne l'est pas ($z = 2,5$).
4. Par exemple un titrage arrêté trop tôt, une pipette mal rincée à l'eau (prélèvement dilué) ou une erreur de lecture : toutes ces erreurs donnent un volume équivalent trop petit.

Correction de l'exercice 16 : Quel volume prélever ?

1. À l'équivalence, $C_A V_A \div 5 = C_T V_E \div 1$, donc **$V_E = C_A \times V_A \div (5 \times C_T)$** .
2. Avec $C_A \div (5 C_T) = 0,050 \div 0,100 = 0,50$: $V_A = 5,0 \text{ mL}$ donne $V_E = 2,5 \text{ mL}$; $10,0 \text{ mL}$ donne $5,0 \text{ mL}$; $20,0 \text{ mL}$ donne $10,0 \text{ mL}$; $25,0 \text{ mL}$ donne **$12,5 \text{ mL}$** .
3. L'incertitude de lecture de 0,05 mL pèse moins lorsque V_E est grand : $0,05 \div 2,5 = 2 \%$ contre $0,05 \div 12,5 = 0,4 \%$. Le volume V_E doit aussi rester inférieur à 25 mL. On choisit la **pipette de 25,0 mL** ($V_E = 12,5 \text{ mL}$) ; celle de 20,0 mL convient aussi (0,5 %).

Correction de l'exercice 17 : Titrage rapide puis titrage précis

1. Il donne rapidement un **encadrement** de V_E pour savoir où ralentir lors du titrage précis, et évite d'utiliser trop de réactifs.
2. Encadrement : **9 mL < V_E < 10 mL**. La valeur 9,30 mL est cohérente.
3. $C_A = C_T \times V_E \div V_A = 0,100 \times 9,30 \div 20,0 = \mathbf{4,65 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}$.
4. Une goutte de trop représente 0,05 mL : $0,05 \div 9,30 \approx \mathbf{0,5 \%}$.

Correction de l'exercice 18 : Protocole pour un jus d'orange

Protocole possible. Matériel : jus d'orange filtré, solution de diiode (burette de 25 mL), pipette jaugée de 10,0 mL, bécher, agitateur magnétique, empois d'amidon, lunettes et gants. Étapes : (1) filtrer le jus pour éliminer la pulpe ; (2) rincer la burette au diiode, la remplir et ajuster le zéro ; (3) prélever $V_A = 10,0$ mL de jus filtré avec la pipette jaugée ; (4) ajouter 10 mL d'eau distillée et quelques gouttes d'empois d'amidon ; (5) verser le diiode jusqu'à l'apparition d'une teinte bleu-noir persistante ; (6) répéter pour obtenir des volumes concordants. Réaction support : $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 + \text{I}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{I}^-$, donc $n(\text{vitamine C}) = C_T \times V_E$.

Difficultés. La couleur orangée du jus masque le virage : on dilue fortement et on compare à un témoin non titré. La pulpe gêne et peut consommer du diiode : on filtre. On peut aussi travailler rapidement car la vitamine C s'oxyde à l'air.

Correction de l'exercice 19 : Un détartrant à l'acide citrique

1. À l'équivalence, $n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) \div 1 = n(\text{HO}^-) \div 3$, soit **$n(\text{acide}) = n(\text{HO}^-) \div 3$** .
2. $n(\text{HO}^-) = 0,100 \times 14,0 \times 10^{-3} = 1,40 \times 10^{-3} \text{ mol}$; $n(\text{acide})$ dans 10,0 mL = $1,40 \times 10^{-3} \div 3 \approx \mathbf{4,67 \times 10^{-4} \text{ mol}}$; dans la fiole de 100,0 mL : **$4,67 \times 10^{-3} \text{ mol}$** .
3. $m = 4,67 \times 10^{-3} \times 192 \approx \mathbf{0,896 \text{ g}}$; pourcentage = $0,896 \div 1,00 \approx \mathbf{90 \%}$ de la poudre.

Correction de l'exercice 20 : Corriger un compte rendu

1. Erreurs : (a) une **éprouvette graduée** n'est pas assez précise, il faut une pipette jaugée ; (b) la relation est fausse : **$n(\text{Fe}^{2+}) = 5 \times n(\text{MnO}_4^-)$** ; (c) trop de chiffres significatifs : 0,008400 en affiche 4 alors que V_E n'en a que 2 ou 3 ; (d) pas d'incertitude ni de répétition des mesures ; V_E n'est donné qu'avec 2 chiffres significatifs.
2. $C_A = 5 \times 0,0200 \times 8,4 \div 20,0 = \mathbf{4,2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}$ (2 chiffres significatifs, comme $V_E = 8,4$ mL).
3. « La concentration en ions Fe^{2+} de la solution est $C_A = 4,2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$, déterminée par titrage avec les ions permanganate. »

Comment progresser après ce corrigé

Quand une question de titrage te résiste, reviens toujours à trois gestes : écrire l'équation de la réaction support, écrire la relation à l'équivalence avec les coefficients, puis calculer en vérifiant les unités. Refais ensuite les exercices 4, 8 et 11 sans regarder la correction, puis entraîne-toi à rédiger un protocole complet comme dans l'exercice 18.

[Retour aux énoncés des exercices](#)