

Les titrages

De l'étiquette à l'équivalence, suivi pH-métrique et suivi conductimétrique : **les capacités exigibles du programme**, capacité numérique comprise.



1 Quatre parties, une vraie progression

Cours essentiel, méthodes pas à pas, QCM de tête, exercices corrigés. On démarre par de l'application directe, on termine sur des sujets complets.

2 « Les erreurs qui coûtent des points »

Dans chaque partie, les erreurs classiques du chapitre, en X / ✓, avec le réflexe qui les évite. Et le barème d'une question type, décrypté sur un exemple.

3 Rien que le programme officiel

Les capacités exigibles et les activités expérimentales du chapitre - y compris la capacité numérique, avec un vrai script Python - et deux liens signalés avec le chapitre sur la force des acides (indicateur coloré, demi-équivalence). **Chaque partie s'ouvre sur la liste de ce que tu dois savoir refaire.**

4 L'essentiel pour réviser

Le formulaire des cartes sur une page, et la page qui donne le plan de réponse de chaque type de question. À photographier, à relire dans le bus.

4

parties
progressives

15

exercices corrigés
pas à pas

16

cartes
formules

10

méthodes
pas à pas

Conforme au programme de **physique-chimie de terminale, enseignement de spécialité** - B.O. spécial n° 8 du 25 juillet 2019. Thème « Constitution et transformations de la matière », rubrique « **C) Analyser un système par des méthodes chimiques** », les trois activités expérimentales et la capacité numérique comprises. Un test de positionnement en page 3 t'indique par où commencer.

« Une burette, une goutte de trop ou de moins...
et toute la précision d'une mesure de chimiste. »

Génies des Sciences

Méthodes & entraînement · Lycée
www.geniesdessciences.com



3 Par quelle partie commencer ?

CORRIGÉ FERMÉ

Seize questions qui balaient les quatre parties. Réponds **sur une feuille**, sans regarder les réponses. Ce test ne te note pas : il te dit seulement **par où commencer si tu ne peux pas tout reprendre**.

01 La densité $d = 1,19$ d'une solution signifie :

- a** un litre a une masse de 1 190 g **b** un litre contient 1,19 mol
c un litre contient 1,19 g de soluté

02 Un titre massique de 37 % signifie :

- a** 37 g de soluté pour 100 mL de solution
b 37 g de soluté pour 100 g de solution
c 37 g de soluté pour 100 g d'eau

03 Pour diluer 50 fois, on prélève 10,0 mL et on complète dans une fiole de :

- a** 100,0 mL **b** 500,0 mL **c** 250,0 mL

04 La réaction support d'un titrage doit être :

- a** rapide et totale **b** lente et totale **c** rapide et limitée

05 La solution titrante se place :

- a** dans le bécher **b** dans la fiole jaugée **c** dans la burette

06 À l'équivalence, les réactifs ont été introduits :

- a** en quantités égales **b** en proportions stœchiométriques
c avec un excès de titrant

07 Avant l'équivalence, le réactif titrant est le réactif limitant.

VRAI **FAUX**

08 Après l'équivalence, la quantité de produit continue d'augmenter.

VRAI **FAUX**

09 Réaction support 1:1 : pour un volume versé $V_E/2$, la quantité de réactif titré restant vaut :

- a** zéro **b** le quart de la quantité initiale
c la moitié de la quantité initiale

10 La capacité numérique du chapitre demande de représenter les quantités de matière en fonction du volume versé.

VRAI **FAUX**

11 Sur une courbe pH-métrique, V_E se repère :

- a** au début du saut de pH **b** au milieu du saut de pH
c quand $\text{pH} = 7$

12 La courbe dérivée dpH/dV présente un extremum à l'équivalence.

VRAI **FAUX**

13 Lors du titrage d'une base par un acide, le pH :

- a** descend **b** monte **c** reste constant

14 Sur une courbe conductimétrique, V_E se lit :

- a** au point le plus haut de la courbe
b à l'intersection des deux droites **c** au premier point de mesure

15 Avant V_E (acide chlorhydrique titré par la soude), σ diminue car :

- a** il y a de moins en moins d'ions
b H_3O^+ est remplacé par Na^+ , moins conducteur
c les ions Cl^- sont consommés

16 Les portions d'une courbe conductimétrique sont rectilignes si :

- a** le volume versé reste petit devant celui du bécher
b le titrant est plus dilué que le titré
c le conductimètre est étalonné

QUESTIONS PARTIE SI TU RATES L'UNE D'ELLES...

1 à 3	1	l'étiquette (densité, titre massique) et la dilution
4 à 10	2	l'équivalence, et la composition du bécher à chaque volume versé
11 à 13	3	le saut de pH, la dérivée et le sens de la courbe
14 à 16	4	les droites, les pentes et les conductivités ioniques molaires

★ Comment lire ton résultat

Les réponses sont en tête des corrigés, page 30 : ne les consulte qu'une fois tes seize réponses écrites.

14 à 16 : enchaîne les quatre parties dans l'ordre.

9 à 13 : commence par les parties où tu as raté une question, puis reprends les autres dans l'ordre.

8 ou moins : fais les quatre parties dans l'ordre, sans en sauter une seule : le pack est construit pour ce parcours complet.



$$C = \frac{d \rho_{\text{eau}} w}{M} \quad \text{soit} \quad C = \frac{1000 d w}{M} \quad \text{avec } M \text{ en g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$: la première écriture est homogène, la seconde en est la forme numérique. **1000 d** masse d'un litre (en g) · **1000 d w** masse de soluté dans ce litre (en g) · division par **M** (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) : la quantité de soluté dans un litre, c'est-à-dire la concentration C en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Elle se **retrouve** à partir de F1 et de $n = m/M$, par le raisonnement du litre : un énoncé peut demander de la démontrer.

3 Diluer pour titrer

COURS

Une solution commerciale à $12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ est bien trop concentrée pour un titrage : il faudrait des litres de solution titrante. On la **dilue** donc - souvent en deux temps - avant toute mesure. Diluer, c'est ajouter de l'eau : la quantité de soluté prélevée ne change pas, seule la concentration baisse.

F3 LA DILUTION

PAR CŒUR

$$C_{\text{mère}} V_{\text{prélevé}} = C_{\text{fille}} V_{\text{fiole}} \quad \text{soit un facteur} \quad F = \frac{C_{\text{mère}}}{C_{\text{fille}}} = \frac{V_{\text{fiole}}}{V_{\text{prélevé}}}$$

Au laboratoire : on prélève $V_{\text{prélevé}}$ à la **pipette jaugée**, on le verse dans la **fiole jaugée** de volume V_{fiole} , on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, on homogénéise. La verrerie jaugée garantit la précision : ni éprouvette, ni bécher gradué pour ces deux volumes. La relation traduit la conservation de la quantité de soluté prélevée.

! Au laboratoire : diluer une solution commerciale concentrée

Blouse, lunettes et gants : une solution commerciale d'acide ou de soude est corrosive. Le prélèvement se fait à la pipette jaugée munie d'une poire (propipette), jamais à la bouche. On verse le prélèvement dans une fiole jaugée **déjà remplie d'eau distillée** à moitié, puis on complète jusqu'au trait de jauge : la dilution d'un acide concentré ou de la soude concentrée dégage de la chaleur, et c'est la grande quantité d'eau qui l'absorbe sans projection. Quand le facteur de dilution est grand (100 ou plus), on dilue en deux temps : une pipette de 1 mL est moins précise, en valeur relative, qu'une pipette de 10 mL.

4 Les méthodes, pas à pas

MÉTHODE

1 Calculer la concentration d'une solution commerciale

1 Je calcule la masse d'un litre.

$m = 1000 d$, en grammes : la densité devient une masse.

2 J'en prends la fraction soluté.

$m_{\text{soluté}} = 1000 d w$, encore en grammes.

3 Je convertis en quantité de matière, puis en concentration.

$n = m_{\text{soluté}}/M$, puis $C = n/V$ avec $V = 1,00 \text{ L}$.

L'EXEMPLE RÉDIGÉ

Acide chlorhydrique commercial : $d = 1,19$, $w = 37 \%$,
 $M = 36,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Masse d'un litre : $1000 \times 1,19 = 1\,190 \text{ g}$; masse de HCl : $1\,190 \text{ g} \times 0,37 = 440 \text{ g}$.

$$n = \frac{440 \text{ g}}{36,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 12,1 \text{ mol dans } 1,00 \text{ L}$$

$$C = \frac{12,1 \text{ mol}}{1,00 \text{ L}} = 12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ arrondi à deux chiffres significatifs comme le titre massique (37 \%).}$$



Exercice 1 La soude du placard



Une solution ménagère d'hydroxyde de sodium (soude) porte l'étiquette : densité $d = 1,20$; hydroxyde de sodium 20,0 % en masse. Donnée : $M(\text{NaOH}) = 40,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1. Calculer la masse d'un litre de cette solution.
2. En déduire la masse d'hydroxyde de sodium contenue dans un litre.
3. Montrer que la concentration en soluté apporté vaut $C = 6,00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
4. On souhaite préparer 500,0 mL de solution diluée à $0,120 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Calculer le volume à prélever, choisir la verrerie et rédiger le protocole.

Exercice 2 Le degré du vinaigre



Le degré d'acidité d'un vinaigre est la masse d'acide éthanóïque, en grammes, contenue dans 100 g de vinaigre. Une bouteille annonce : 8,0°, densité $d = 1,01$. Donnée : $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1. Traduire l'indication « 8,0° » en titre massique.
2. Calculer la masse d'acide éthanóïque contenue dans un litre de ce vinaigre.
3. En déduire la concentration C en acide éthanóïque apporté.
4. Avant titrage, on prépare 100,0 mL de vinaigre dilué dix fois. Donner la concentration de la solution diluée, choisir la verrerie, puis expliquer l'intérêt de cette dilution pour un titrage par une solution d'hydroxyde de sodium à $0,100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ réalisé avec une burette de 25 mL sur une prise d'essai de 10,0 mL.

Exercice 3 La solution titrante du laboratoire



Pour titrer une solution de soude, un laboratoire prépare une solution d'acide chlorhydrique de concentration voisine de $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, mais connue avec précision, à partir d'une bouteille commerciale : « acide chlorhydrique 35,0 % en masse ; densité 1,17 ». Donnée : $M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Verrerie disponible : pipettes jaugées de 1,00 mL ($\pm 0,01 \text{ mL}$) et de 10,00 mL ($\pm 0,02 \text{ mL}$) ; fioles jaugées de 50,0 mL, 100,0 mL et 250,0 mL ; éprouvettes graduées de 10 mL et 100 mL.

1. Calculer la concentration C_0 en soluté apporté de la solution commerciale.
2. Calculer le facteur de dilution nécessaire. Montrer qu'une dilution en une seule étape imposerait la pipette de 1,00 mL, et comparer sa précision relative à celle de la pipette de 10,00 mL.
3. Proposer un protocole de dilution au centième en deux étapes, verrerie et précautions comprises.
4. Calculer la concentration C_2 de la solution titrante obtenue.
5. Cette solution sert à titrer une prise d'essai de 10,0 mL de soude de concentration voisine de $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, avec une burette de 25 mL. Estimer le volume équivalent attendu et conclure.
6. Un élève prélève l'acide commercial à l'éprouvette graduée, le verse dans une fiole vide, puis ajoute l'eau distillée. Relever ses deux erreurs et expliquer pourquoi chacune est une erreur.



✓ Les corrigés détaillés

La rédaction modèle est à gauche, les remarques du correcteur à droite. Compare **ta rédaction**, pas seulement tes résultats : c'est la rédaction que le correcteur suit, pas seulement le résultat.

✓ Les réponses du test de positionnement (page 3)

1. a - 2. b - 3. b - 4. a - 5. c - 6. b - 7. Vrai - 8. Faux - 9. c - 10. Vrai - 11. b - 12. Vrai - 13. a - 14. b - 15. b - 16. a

Comment lire un corrigé

Chaque réponse est écrite comme sur une copie : la donnée utilisée, la relation ou la définition, puis l'application numérique avec l'unité après chaque valeur, puis une phrase qui répond à la question posée. **Ce n'est pas du remplissage** : le correcteur note ce qu'il peut suivre, et un résultat posé seul ne se suit pas.

Quand ta réponse diffère de la mienne, cherche d'abord **où** les deux chemins se séparent. C'est ce point précis qu'il faut retravailler, pas l'exercice entier. Avant de comparer, relis ta copie avec la check-list de la page 42.



Les valeurs intermédiaires sont imprimées avec un chiffre significatif de plus que le résultat final : refaire chaque calcul avec les seuls nombres imprimés redonne le même résultat. Seul le résultat final est arrondi.

Exercice 1 La soude du placard



1. La densité compare la solution à l'eau, dont un litre a une masse de 1 000 g (F1) :

$$m = 1000 d = 1000 \text{ g} \times 1,20 = \boxed{1\,200 \text{ g}} \text{ pour un litre de solution.}$$

2. Le titre massique donne la fraction de cette masse qui est de l'hydroxyde de sodium :

$$m(\text{NaOH}) = w m = 0,200 \times 1\,200 \text{ g} = \boxed{240 \text{ g}} \text{ par litre.}$$

3. $n = \frac{m}{M} = \frac{240 \text{ g}}{40,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 6,00 \text{ mol}$ dans 1,00 L, donc $C = \frac{6,00 \text{ mol}}{1,00 \text{ L}} = \boxed{6,00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$ (F2).

4. $F = \frac{C_{\text{mère}}}{C_{\text{fille}}} = \frac{6,00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0,120 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 50,0$, d'où $V_{\text{prélevé}} = \frac{500,0 \text{ mL}}{50,0} = \boxed{10,0 \text{ mL}}$ (F3).

Protocole : avec blouse, gants et lunettes, prélever 10,0 mL à la **pipette jaugée** munie d'une poire, les verser dans une **fiolle jaugée** de 500,0 mL à moitié remplie d'eau distillée, compléter jusqu'au trait de jauge, boucher et homogénéiser.

Le raisonnement du litre

Masse d'un litre, masse de soluté, quantité de matière : trois lignes, dans cet ordre. La formule $C = 1000 d w / M$ n'en est que le résumé ; l'énoncé demande de « montrer », donc le chemin doit apparaître.

Un facteur de 50 se contrôle

$0,120 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ est bien plus petit que $6,00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$: la fille est moins concentrée que la mère, et le volume prélevé est plus petit que celui de la fiole.

