BURHAN

Transformations associées aux réactions acido-basiques en solution aqueuse : exercices, niveau examen

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/transformations-acido-basiques/exercices/examen

Chapitre	Palier	Exercices
Transformations associées aux réactions acido-basiques en solution aqueuse	Niveau examen	5

Exercice 1 6,75 pts

Détartrant à l'acide lactique : force de l'acide et titrage

Un détartrant pour cafetière contient de l'acide lactique, noté AH, du couple AH/A^-. La partie 1 étudie la force de cet acide sur une solution de concentration connue ; la partie 2 dose le détartrant par un titrage suivi au pH-mètre. Les deux parties sont indépendantes ; toutes les mesures sont faites à $25\,^\circ\mathrm{C}$.

1. 0,5 pts

Partie 1 : force de l'acide lactique

Une solution S_1 d'acide lactique a une concentration apportée $C_1 = 1{,}0 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$; son pH mesuré vaut $2{,}96$.

Données :

- $\mathrm{p}K_A(\mathrm{AH}/\mathrm{A}^-) = 3{,}86$;
- $10^{-3{,}86} \approx 1{,}38 \times 10^{-4}$;
- $10^{-2{,}96} \approx 1{,}10 \times 10^{-3}$;
- $10^{-0{,}90} \approx 0{,}126$.

Écrire l'équation de la réaction de l'acide lactique avec l'eau et l'expression de la constante d'acidité K_A du couple.

INDICE

L'acide cède un proton à une molécule d'eau ; le solvant n'apparaît pas dans la constante.

2. 0,5 pts

Calculer K_A.

INDICE

Comment passe-t-on du $\mathrm{p}K_A$ à K_A ? Combien de chiffres significatifs garder ?

3. 0,5 pts

Quelle forme du couple prédomine dans S_1 ? Justifier.

INDICE

Situer le pH de S_1 par rapport au $\mathrm{p}K_A$ du couple.

4. 1 pts

Calculer le rapport $\dfrac{[\mathrm{A}^-]}{[\mathrm{AH}]}$ dans S_1, puis en déduire, sans tableau d'avancement, le taux d'avancement final τ de la réaction de l'acide lactique avec l'eau. Vérifier ce résultat à l'aide de $[\mathrm{H_3O^+}]$ et conclure sur la force de l'acide.

INDICE

Les deux formes du couple se partagent la concentration apportée C_1. Quelle forme renseigne sur la quantité d'acide qui a réagi ?

5. 0,5 pts

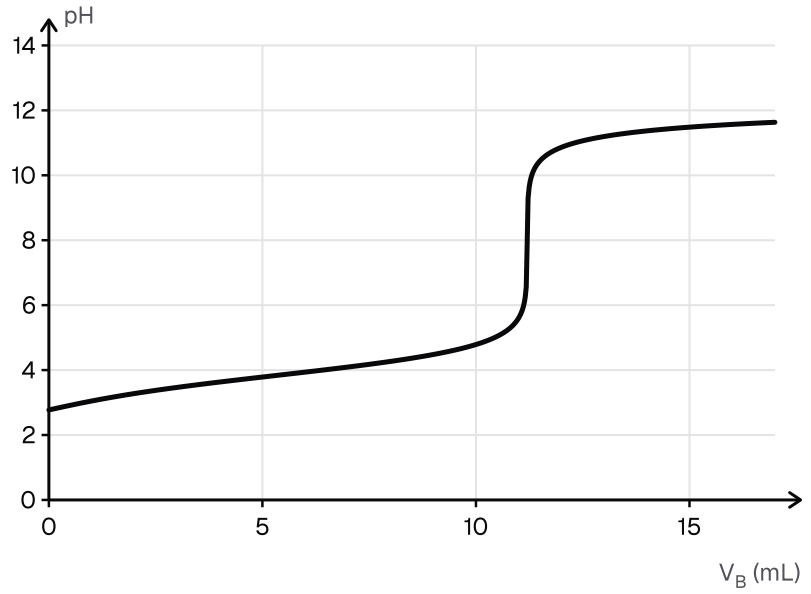
Partie 2 : titrage du détartrant

Le détartrant est dilué 100 fois. On titre $V_A = 10{,}0\,\text{mL}$ de la solution diluée S par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 2{,}00 \times 10^{-2}\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; un pH-mètre suit le pH (document).

Données :

- $M(\text{AH}) = 90{,}0\,\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- étiquette du détartrant : $200\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ d'acide lactique, à $5\,\%$ près ;
- zones de virage : hélianthine de $3{,}1$ à $4{,}4$, rouge de crésol de $7{,}2$ à $8{,}8$, thymolphtaléine de $9{,}3$ à $10{,}5$.

Écrire l'équation de la réaction de titrage.



Titrage de 10,0 mL de détartrant dilué par l'hydroxyde de sodium à 2,00×10⁻² mol/L : pH en fonction du volume versé.

INDICE

Quelle espèce de la solution titrante réagit avec l'acide ? La réaction de titrage est-elle totale ?

6. 1,25 pts

Déterminer V_E par la méthode des tangentes parallèles, puis calculer la concentration C_A de S à l'aide d'un tableau d'avancement écrit pour l'équivalence.

INDICE

Une fois l'équivalence repérée sur la courbe, se demander quelles quantités sont épuisées.

7. 1,5 pts

Le détartrant est-il conforme à son étiquette ? Justifier par un calcul.

INDICE

Remonter de la solution titrée au détartrant, puis passer de la concentration molaire à la concentration massique.

8. 0,5 pts

Quel indicateur coloré permettrait de repérer l'équivalence sans pH-mètre ? Justifier à l'aide de la courbe.

INDICE

Lire sur la courbe le pH au point d'équivalence.

9. 0,5 pts

Expliquer pourquoi le pH à l'équivalence est supérieur à 7.

INDICE

Quelle espèce acido-basique la solution contient-elle à l'équivalence ?

Exercice 2 6 pts

Comprimé de vitamine C : formes de l'acide et titrage

L'acide ascorbique $\mathrm{C_6H_8O_6}$, ou vitamine C, est l'acide du couple $\mathrm{C_6H_8O_6/C_6H_7O_6^-}$, de $\mathrm{p}K_A = 4{,}10$ à $25\,^\circ\mathrm{C}$; on le traite ici comme un monoacide. Un comprimé porte la mention « vitamine C 500 mg ». La partie 1 étudie les formes de l'acide selon le pH du milieu ; la partie 2 dose un comprimé. Les deux parties sont indépendantes.

1. 0,5 pts

Partie 1 : formes de l'acide ascorbique

Dans l'estomac, $\mathrm{pH} \approx 2$; dans l'intestin, $\mathrm{pH} \approx 7$.

Tracer le diagramme de prédominance du couple, puis indiquer la forme qui prédomine dans chacun de ces deux milieux.

INDICE

Le $\mathrm{p}K_A$ sépare l'axe des pH en deux domaines : lequel est celui de la forme acide ?

2. 0,5 pts

Calculer le rapport $\dfrac{[\mathrm{C_6H_7O_6^-}]}{[\mathrm{C_6H_8O_6}]}$ dans un milieu de pH $7{,}1$.

INDICE

Quelle relation relie le pH, le $\mathrm{p}K_A$ et le rapport des concentrations des deux formes ?

3. 0,5 pts

Calculer le pourcentage de la forme acide dans une solution de pH $4{,}60$. On donne $10^{0{,}50} \approx 3{,}16$.

INDICE

Le pourcentage de la forme acide s'obtient à partir de celui de la forme basique, ou directement par une relation analogue.

4. 0,75 pts

Dans un jus de fruit, $80\,\%$ de la vitamine C est sous forme acide. Déterminer le pH de ce jus. On donne $\log 4 \approx 0{,}60$.

INDICE

Traduire les deux pourcentages en un rapport des concentrations des deux formes.

5. 0,5 pts

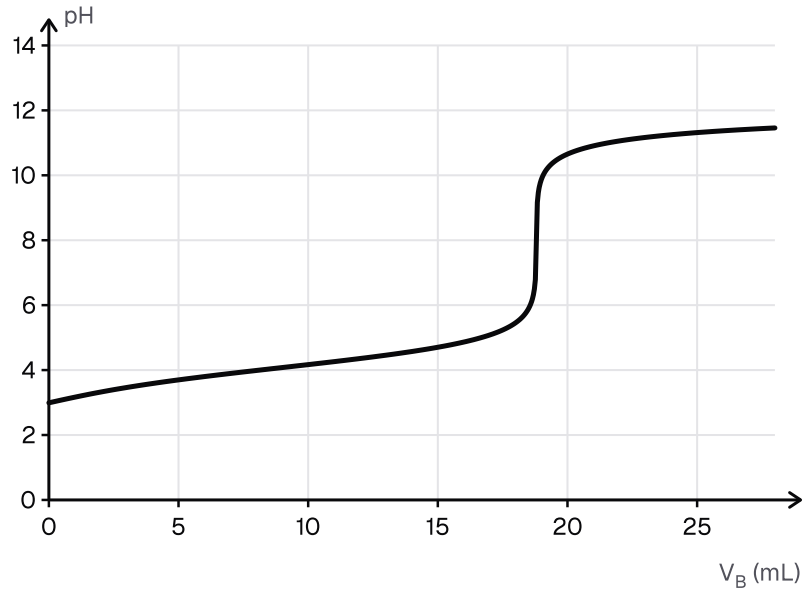
Partie 2 : vitamine C d'un comprimé

On broie un comprimé et on dissout la poudre dans une fiole jaugée de $200{,}0\,\mathrm{mL}$ complétée à l'eau distillée. On titre $V_A = 20{,}0\,\mathrm{mL}$ de cette solution par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 1{,}50 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; le document donne la courbe obtenue au pH-mètre.

Données :

- $M(\mathrm{C_6H_8O_6}) = 176{,}0\,\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$;
- l'indication de l'étiquette est respectée si la masse d'acide ascorbique s'écarte de $500\,\mathrm{mg}$ de $5\,\%$ au plus.

Écrire l'équation de la réaction de titrage.



Titrage de 20,0 mL de la solution du comprimé par l'hydroxyde de sodium à 1,50×10⁻² mol/L : pH en fonction du volume versé.

INDICE

La réaction de titrage est totale : combien de flèches dans son équation ?

6. 0,5 pts

Préciser la verrerie utilisée pour préparer la solution du comprimé et pour prélever le volume titré.

INDICE

Un volume de solution précis se prépare et se prélève avec une verrerie jaugée.

7. 1,25 pts

Déterminer V_E sur la courbe du document, puis, à l'aide d'un tableau d'avancement écrit pour l'équivalence, la quantité n_A d'acide ascorbique dans le volume titré.

INDICE

Repérer l'équivalence par une construction, puis chercher quelles quantités sont nulles dans l'état d'équivalence du tableau.

8. 1,5 pts

Calculer la masse d'acide ascorbique contenue dans le comprimé. L'indication de l'étiquette est-elle respectée ?

INDICE

Comparer le volume de la fiole au volume titré, puis passer de la quantité de matière à la masse.

Exercice 3 6,25 pts

Déboucheur à l'hydroxyde de sodium : dilution et titrage

Un déboucheur liquide S_0 est une solution concentrée d'hydroxyde de sodium, très corrosive. On la dilue 200 fois pour obtenir la solution S_1. La partie 1 exploite une mesure du pH de S_1 ; la partie 2, indépendante de la première, exploite le titrage pH-métrique de S_1. Données à $25\,^\circ\mathrm{C}$: $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$; $10^{-12{,}30} \approx 5{,}01 \times 10^{-13}$; l'hydroxyde de sodium est entièrement dissocié dans l'eau.

1. 0,5 pts

Partie 1 : pH et dilution

Le pH de S_1 vaut $12{,}30$ à $25\,^\circ\mathrm{C}$.

Écrire l'équation de l'autoprotolyse de l'eau et donner l'expression du produit ionique K_e.

INDICE

Deux molécules d'eau échangent un proton : quels ions se forment ?

2. 0,75 pts

Calculer $[\mathrm{H_3O^+}]$ puis $[\mathrm{HO^-}]$ dans S_1, et en déduire la concentration apportée C_1 de S_1.

INDICE

Passer du pH à $[\mathrm{H_3O^+}]$, puis utiliser le produit ionique de l'eau.

3. 0,5 pts

En déduire la concentration C_0 du déboucheur.

INDICE

Combien de fois S_0 est-elle plus concentrée que S_1 ?

4. 0,5 pts

Proposer un protocole pour préparer $1{,}000\,\mathrm{L}$ de S_1 à partir de S_0, avec les précautions de sécurité.

INDICE

Calculer d'abord le volume de déboucheur à prélever, puis choisir la verrerie.

5. 0,5 pts

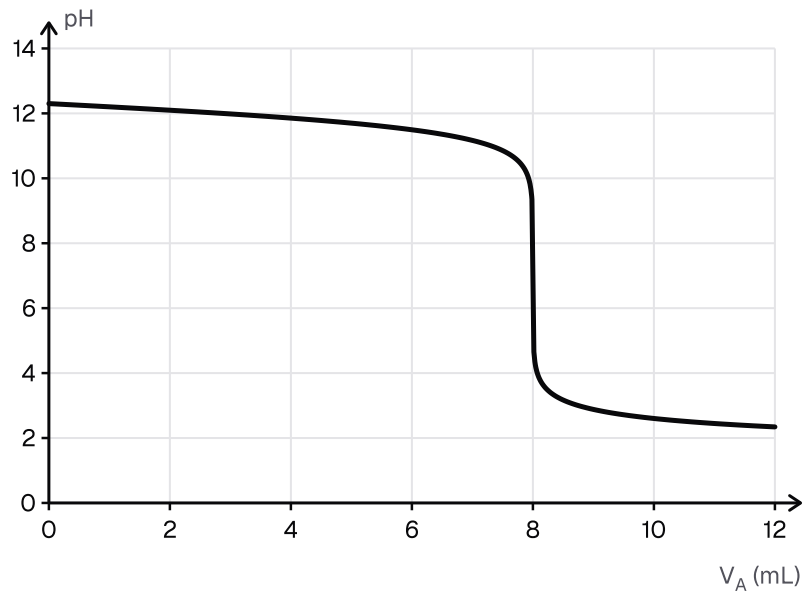
Partie 2 : titrage de la solution diluée

On titre $V_B = 10{,}0\,\text{mL}$ de S_1 par de l'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 2{,}50 \times 10^{-2}\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; le pH-mètre donne la courbe du document.

Données :

- $M(\text{NaOH}) = 40{,}0\,\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- étiquette du déboucheur : pourcentage massique en hydroxyde de sodium $12{,}5\,\%$, masse volumique $1{,}28\,\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$;
- zones de virage et teintes (acide / basique) : hélianthine de $3{,}1$ à $4{,}4$ (rouge / jaune), bleu de bromothymol de $6{,}0$ à $7{,}6$ (jaune / bleu), phénolphtaléine de $8{,}2$ à $10{,}0$ (incolore / rose).

Écrire l'équation de la réaction de titrage.



Titrage de 10,0 mL de la solution S1 par l'acide chlorhydrique à 2,50×10⁻² mol/L : pH en fonction du volume versé.

INDICE

Quelle espèce l'acide chlorhydrique apporte-t-il, et quelle espèce contient la solution titrée ?

6. 1,25 pts

Déterminer V_E avec la méthode des tangentes, puis calculer C_1 à l'aide du tableau d'avancement de la réaction à l'équivalence.

INDICE

Repérer l'équivalence sur la courbe, puis écrire ce que deviennent les deux réactifs dans l'état d'équivalence.

7. 1,25 pts

Le déboucheur est-il conforme aux indications de son étiquette ? Justifier par un calcul.

INDICE

Comparer deux concentrations massiques : celle que donne le titrage et celle que l'on tire de l'étiquette.

8. 0,5 pts

Justifier, sans lire la courbe, la valeur du pH à l'équivalence.

INDICE

Quels ions restent en solution à l'équivalence ? Ont-ils une propriété acido-basique ?

9. 0,5 pts

Choisir l'indicateur coloré adapté et décrire son changement de teinte.

INDICE

Chercher la zone de virage qui contient le pH à l'équivalence ; le pH monte-t-il ou descend-il ?

Exercice 4 5,25 pts

Conservateur à l'acide sorbique : réaction et prédominance

L'acide sorbique $\mathrm{C_5H_7COOH}$ et l'ion sorbate $\mathrm{C_5H_7COO^-}$ servent de conservateurs dans des boissons ; seule la forme acide protège contre les moisissures. Les deux parties sont indépendantes. Données à $25\,^\circ\mathrm{C}$: $\mathrm{p}K_A(\mathrm{C_5H_7COOH/C_5H_7COO^-}) = 4{,}76$; $\mathrm{p}K_A(\mathrm{CO_2,H_2O/HCO_3^-}) = 6{,}40$.

1. 0,5 pts

Partie 1 : réaction avec l'ion hydrogénocarbonate

On introduit $n_1 = 1{,}0 \times 10^{-3}\,\mathrm{mol}$ d'acide sorbique et $n_2 = 1{,}0 \times 10^{-3}\,\mathrm{mol}$ d'hydrogénocarbonate de sodium dans de l'eau. On donne $10^{1{,}64} \approx 43{,}7$ et $10^{0{,}82} \approx 6{,}61$.

Écrire l'équation de la réaction entre l'acide sorbique et l'ion hydrogénocarbonate $\mathrm{HCO_3^-}$.

INDICE

L'ion hydrogénocarbonate est la base de quel couple ?

2. 0,75 pts

Calculer la constante d'équilibre K de cette réaction. Est-elle pratiquement totale ?

INDICE

Repérer le couple de l'acide qui réagit, puis comparer K au seuil d'une réaction pratiquement totale.

3. 1,25 pts

Dresser le tableau d'avancement, puis calculer l'avancement final x_f et le taux d'avancement final τ. On admet que le dioxyde de carbone reste dissous.

INDICE

Écrire chaque concentration avec le même volume V de solution : que devient V dans le quotient ?

4. 0,5 pts

Partie 2 : forme active du conservateur

Le tableau donne le pH mesuré, à $25\,^\circ\mathrm{C}$, de trois boissons qui contiennent ce conservateur.

Boisson	A	B	C
pH	2,9	4,0	5,1

Données :

- $\log 9 \approx 0{,}95$;
- $10^{-0{,}76} \approx 0{,}174$.

Indiquer la forme prédominante du couple de l'acide sorbique dans chaque boisson.

INDICE

Comparer chaque pH au $\mathrm{p}K_A$ de l'acide sorbique.

5. 0,5 pts

La boisson B est gazeuse. Décrire comment mesurer son pH avec précision au laboratoire.

INDICE

Penser au réglage de l'appareil avant la mesure, et aux bulles de gaz au contact de la sonde.

6. 0,5 pts

Calculer le pourcentage de la forme acide du conservateur dans la boisson B.

INDICE

Écrire le pourcentage de la forme acide en fonction du pH et du pKA du couple.

7. 1,25 pts

On juge le conservateur efficace si sa forme acide représente au moins $90\,\%$ du couple. Déterminer le pH maximal qui satisfait cette condition et dire dans quelles boissons il est efficace.

INDICE

Traduire 90 % de forme acide par un rapport des concentrations, puis utiliser la relation entre le pH et le pKA.

Exercice 5

6,25 pts

Acide propanoïque : exploitation des mesures d'un titrage

Un élève titre $V_A = 20{,}0\,\text{mL}$ d'une solution d'acide propanoïque $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$, de concentration C_A inconnue, par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 2{,}00 \times 10^{-2}\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, à $25\,^\circ\text{C}$. Il note au pH-mètre le pH après chaque ajout de volume V (tableau de mesures). Les deux parties sont indépendantes.

V (mL)	pH
0	3,44
2,0	4,28
4,0	4,70
5,0	4,87
6,0	5,05
8,0	5,47
9,0	5,83
9,5	6,15
10,0	8,35
10,5	10,52
11,0	10,81
12,0	11,10
14,0	11,37
16,0	11,52

1. 0,5 pts

Partie 1 : exploitation des mesures

Écrire l'équation de la réaction de titrage.

INDICE

Quelle espèce de la solution titrante réagit avec l'acide, et la réaction est-elle totale ?

2. 0,5 pts

Définir l'équivalence d'un titrage.

INDICE

Penser aux quantités des deux réactifs et aux coefficients de l'équation.

3. 0,5 pts

Repérer dans le tableau le volume V_E versé à l'équivalence.

INDICE

Où le pH varie-t-il le plus pour un même ajout ?

4. 0,75 pts

Dresser le tableau d'avancement du titrage à l'équivalence et déterminer C_A.

INDICE

Quelles quantités sont épuisées à l'équivalence ?

5. 0,5 pts

Déterminer le $\mathrm{p}K_A$ du couple $\mathrm{C_2H_5COOH/C_2H_5COO^-}$ à l'aide du tableau.

INDICE

Pour quel volume versé le pH d'un acide faible titré par une base forte donne-t-il le $\mathrm{p}K_A$?

6. 0,5 pts

Montrer, à l'aide du pH initial, que l'acide propanoïque est un acide faible.

INDICE

Quel pH aurait une solution d'acide fort de même concentration ?

7. 0,5 pts

Partie 2 : mélange avant l'équivalence

On admet les valeurs suivantes, à $25\,^\circ\mathrm{C}$.

Données :

- $\mathrm{p}K_A(\mathrm{C_2H_5COOH/C_2H_5COO^-}) = 4{,}87$;
- $\mathrm{p}K_A(\mathrm{H_2O/HO^-}) = \mathrm{p}K_e = 14{,}0$;
- l'équivalence est atteinte pour $V_E = 10{,}0\,\mathrm{mL}$;
- $10^{9{,}13} \approx 1{,}35 \times 10^{9}$;
- $\log 4 \approx 0{,}60$.

Calculer la constante d'équilibre K de la réaction de titrage et conclure.

INDICE

Identifier les deux couples mis en jeu et celui de l'acide qui réagit.

8. 1,5 pts

Question de synthèse. Pour un volume V versé avant l'équivalence ($0 < V < V_E$), établir à l'aide d'un tableau d'avancement la relation $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_A + \log \dfrac{V}{V_E - V}$. Calculer le pH pour $V = 8{,}0\,\mathrm{mL}$ et le comparer à la valeur mesurée.

INDICE

Quel réactif limite la réaction avant l'équivalence ? Exprimer ensuite les quantités des deux formes du couple à l'aide de C_B, V et V_E.

9. 1 pts

À l'aide de la relation précédente, déterminer le volume V pour lequel $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_A + 1$, puis situer ce volume dans le tableau de mesures.

INDICE

Que doit valoir le rapport $\dfrac{V}{V_E - V}$?