BURHAN

Transformations chimiques qui ont lieu dans les deux sens : exercices, niveau examen

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/transformations-chimiques-dans-les-deux-sens/exercices/examen

Chapitre	Palier	Exercices
Transformations chimiques qui ont lieu dans les deux sens	Niveau examen	5

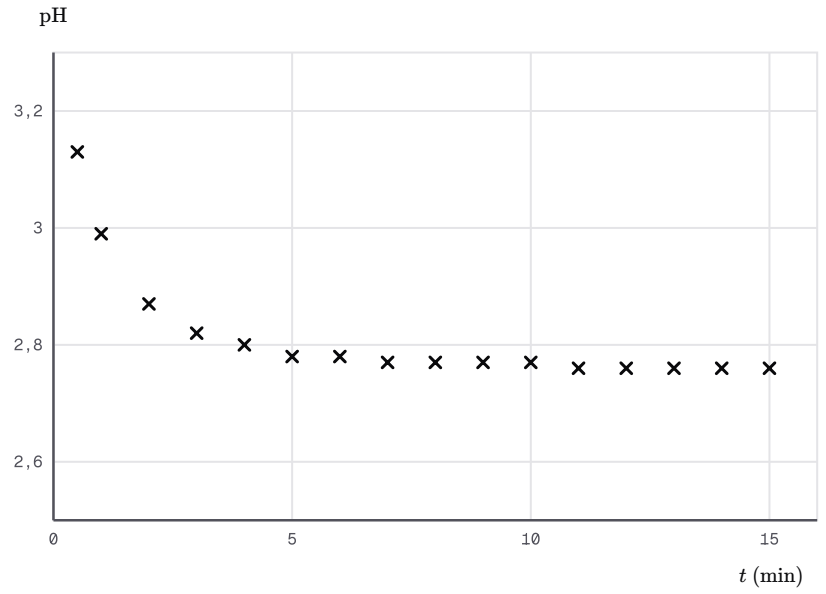
Exercice 1 6 pts

Dissolution d'un comprimé d'aspirine suivie au pH-mètre

L'aspirine est le nom courant de l'acide acétylsalicylique, de formule $\mathrm{C_9H_8O_4}$. On place un comprimé contenant $m = 0{,}300\ \mathrm{g}$ d'acide acétylsalicylique dans $V = 150{,}0\ \mathrm{mL}$ d'eau distillée, sous agitation. Une sonde de pH-mètre étalonné plonge dans la solution dès l'instant initial.

On donne $M(\mathrm{C_9H_8O_4}) = 180{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$ et le couple $\mathrm{C_9H_8O_4/C_9H_7O_4^-}$. Le volume reste égal à V ; les excipients n'ont aucune propriété acide.

Document. pH mesuré au cours de la dissolution.



× Points de mesure

pH mesuré pendant la dissolution du comprimé

A.1. 1 pts

Partie A : du suivi du pH au taux d'avancement final.

Décrire l'évolution du pH, puis lire sur le document le pH de l'état final. Pourquoi le pH diminue-t-il au début ?

INDICE

Outil : l'état final est atteint quand le pH ne varie plus ; lis la valeur du palier.

A.2. 0,5 pts

Calculer la quantité de matière n d'acide acétylsalicylique apportée, puis sa concentration apportée c.

INDICE

Outil : $n = \dfrac{m}{M}$ et $c = \dfrac{n}{V}$, avec V en litres.

A.3. 1 pts

Écrire l'équation de la réaction de l'acide acétylsalicylique avec l'eau. Dresser le tableau d'avancement et en déduire l'avancement maximal.

INDICE

Outil : l'eau est le solvant ; nomme le réactif limitant.

A.4. 1 pts

Montrer que l'avancement final vaut environ $2{,}6 \times 10^{-4}\,\mathrm{mol}$.

INDICE

Début : dans le tableau, la quantité finale d'ions oxonium est x_f. **Ensuite :** passe par $[\mathrm{H_3O^+}]_f$.

A.5. 0,75 pts

Calculer le taux d'avancement final. La transformation est-elle totale ?

INDICE

Outil : $\tau = \dfrac{x_f}{x_{\max}}$, à comparer à 1.

B.1. 0,75 pts

Partie B : couples et état final. On note HA l'acide acétylsalicylique et $\mathrm{A^-}$ sa base conjuguée.

Écrire l'équation de la réaction de HA avec l'eau, puis nommer les deux couples qui interviennent et le rôle de l'eau.

INDICE

Outil : l'eau capte le proton cédé par l'acide.

B.2. 0,5 pts

Après la dissolution, le pH reste constant pendant une heure. Décrire l'état du système à l'échelle macroscopique.

INDICE

Outil : relie la constance du pH à celle des quantités de matière.

B.3. 0,5 pts

Un élève écrit sur son compte rendu : « À l'état final, la réaction est arrêtée. » Discuter cette phrase à l'échelle microscopique.

INDICE

Outil : le modèle des chocs efficaces s'applique aux réactifs et aux produits.

Exercice 2 6 pts

Vinaigre dilué : protocole de mesure et taux d'avancement final

Un vinaigre d'alcool contient de l'acide éthanoïque $\mathrm{CH_3COOH}$ à la concentration $c_0 = 0{,}90\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$. Trop concentré pour être étudié tel quel, il est d'abord dilué 20 fois : on obtient une solution S.

Document. Verrerie jaugée et solutions étalons disponibles.

Matériel	Capacités ou valeurs
pipettes jaugées	$2{,}0\,\mathrm{mL}$; $10{,}0\,\mathrm{mL}$
fioles jaugées	$200{,}0\,\mathrm{mL}$; $1{,}000\,\mathrm{L}$
solutions étalons	pH $4{,}01$; pH $6{,}86$
autre verrerie	béchers, pipeteur, pissette d'eau distillée
mesure du pH	pH-mètre avec sa sonde, agitateur magnétique

A.1. 0,5 pts

Partie A : préparer la solution et mesurer son pH.

Calculer la concentration apportée c en acide éthanoïque de la solution S.

INDICE

Outil : diluer k fois divise la concentration par k.

A.2. 1 pts

Choisir la pipette et la fiole du document qui réalisent cette dilution, puis proposer le protocole de préparation de S.

INDICE

Outil : le facteur de dilution est le quotient du volume de la fiole par celui de la pipette.

A.3. 0,75 pts

Décrire le montage et les étapes de la mesure du pH de S.

INDICE

Début : avant de mesurer, l'appareil doit être réglé. **Point délicat :** la sonde passe d'une solution à l'autre.

A.4. 0,5 pts

Le pH-mètre affiche $3{,}06$. Calculer la concentration finale en ions oxonium de S.

INDICE

Outil : $[\mathrm{H_3O^+}]_f = 10^{-\mathrm{pH}}$, deux chiffres significatifs.

B.1. 0,5 pts

Partie B : établir l'expression du taux d'avancement final. Un volume V de solution d'acide éthanoïque, de concentration apportée c, a un pH mesuré à l'état final. On admet que les ions oxonium proviennent seulement de la réaction de l'acide avec l'eau.

Écrire l'équation de cette réaction.

INDICE

Outil : l'acide éthanoïque cède un proton à l'eau ; couples $\mathrm{CH_3COOH/CH_3COO^-}$ et $\mathrm{H_3O^+/H_2O}$.

B.2. 0,75 pts

Dresser le tableau d'avancement et exprimer l'avancement maximal en fonction de c et V.

INDICE

Outil : l'eau, solvant, ne peut pas être limitante.

B.3. 1 pts

Montrer que le taux d'avancement final s'écrit

$$\tau = \frac{10^{-\mathrm{pH}}}{c}$$

INDICE

Début : exprime x_f à l'aide de la quantité finale d'ions oxonium. **Ensuite :** utilise la définition du pH, puis celle de τ.

B.4. 0,5 pts

Calculer τ pour une solution d'acide éthanoïque de concentration apportée $c = 4{,}5 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$ et de pH $3{,}06$.

INDICE

Outil : applique la relation de la question B.3.

B.5. 0,5 pts

Interpréter ce résultat : quelle part des molécules d'acide a réagi ? Quel symbole faut-il utiliser dans l'équation ?

INDICE

Outil : traduis τ en nombre de molécules pour cent molécules apportées.

Exercice 3 6 pts

Acide lactique du lait : couples, réactions et taux d'avancement

Quand le lait vieillit, des bactéries transforment une partie du lactose en acide lactique $\mathrm{C_3H_6O_3}$, de couple $\mathrm{C_3H_6O_3/C_3H_5O_3^-}$. Le lait contient aussi des ions hydrogénophosphate $\mathrm{HPO_4^{2-}}$, base du couple $\mathrm{H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}}$.

Document. Trois binômes mesurent, avec trois pH-mètres étalonnés, le pH d'une même solution aqueuse d'acide lactique pur, de concentration apportée $c = 1{,}5 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$ et de volume $V = 50{,}0\,\mathrm{mL}$.

Binôme	pH mesuré
1	2,85
2	2,87
3	2,86

A.1. 0,5 pts

Partie A : l'acide lactique selon Brønsted.

Rappeler la définition d'un acide selon Brønsted. Quel proton l'acide lactique peut-il céder ?

INDICE

Outil : compare les formules de l'acide lactique et de l'ion lactate.

A.2. 0,5 pts

Écrire la demi-équation acido-basique du couple de l'acide lactique.

INDICE

Outil : le proton s'écrit du côté de la base.

A.3. 0,75 pts

Quand l'acide lactique se dissout dans l'eau, il réagit avec elle. Donner l'équation de cette réaction et nommer ses deux couples.

INDICE

Outil : additionne la demi-équation de l'acide lactique et celle de l'eau, qui capte le proton.

A.4. 1 pts

L'acide lactique réagit aussi avec les ions hydrogénophosphate du lait. Écrire l'équation de cette réaction, à partir des deux demi-équations, et vérifier la conservation des charges.

INDICE

Début : l'acide lactique cède un proton, l'ion hydrogénophosphate le capte. **Ensuite :** additionne puis compte les charges.

B.1. 0,5 pts

Partie B : taux d'avancement final dans la solution du document.

Quelle valeur du pH retenir pour la suite ? Justifier.

INDICE

Outil : trois mesures d'une même grandeur se résument par leur moyenne.

B.2. 0,75 pts

Dresser le tableau d'avancement de la réaction de l'acide lactique avec l'eau et calculer $x_{\max}$.

INDICE

Outil : $n_0 = c\,V$, avec V en litres ; l'eau est en excès.

B.3. 0,75 pts

Calculer l'avancement final x_f.

INDICE

Outil : $x_f = [\mathrm{H_3O^+}]_f \cdot V$ et $[\mathrm{H_3O^+}]_f = 10^{-\mathrm{pH}}$.

B.4. 0,75 pts

Montrer que le taux d'avancement final vaut environ $9\,\%$.

INDICE

Outil : $\tau = \dfrac{x_f}{x_{\max}}$, puis multiplie par 100.

B.5. 0,5 pts

La transformation est-elle totale ? Que reste-t-il majoritairement dans la solution à l'état final ?

INDICE

Outil : compare τ à 1, puis x_f à $x_{\max}$ dans le tableau.

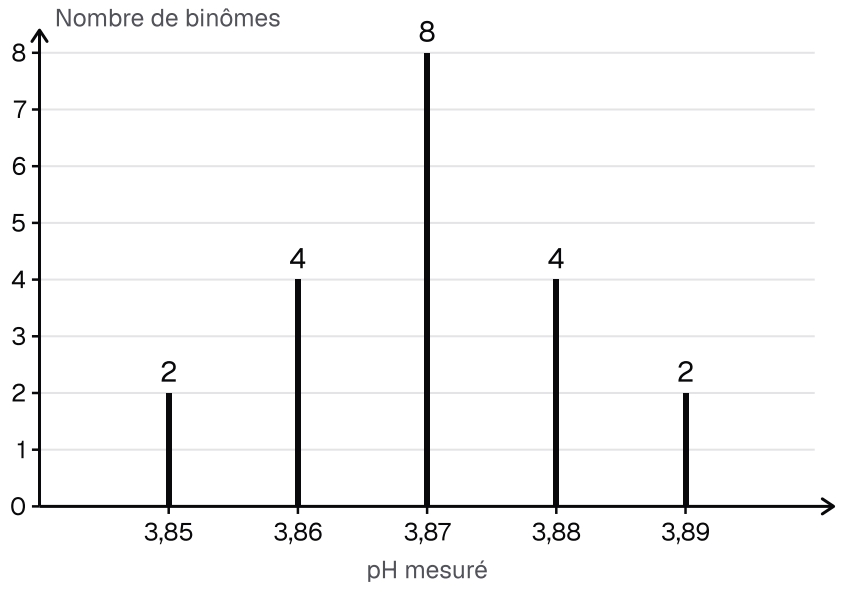
Exercice 4 6 pts

Eau gazeuse : taux d'avancement du dioxyde de carbone dissous et équilibre

On gazéifie de l'eau distillée avec du dioxyde de carbone, puis on la conditionne dans des canettes fermées de volume $V = 330\,\text{mL}$. Le dioxyde de carbone dissous, noté CO_2, H_2O, est l'acide du couple $CO_2, H_2O/HCO_3^-$.

Sa concentration en masse vaut $1{,}76\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; $M(CO_2) = 44{,}0\,\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Document. Vingt binômes mesurent le pH de canettes identiques fraîchement ouvertes, avec des pH-mètres étalonnés ; le diagramme donne le nombre de binômes pour chaque valeur lue.



pH lus par vingt binômes sur des canettes identiques

A.1. 1 pts

Partie A : taux d'avancement final du dioxyde de carbone dissous.

Calculer la moyenne des pH mesurés par les vingt binômes, arrondie au centième. Commenter la dispersion des mesures.

INDICE

Outil : moyenne pondérée : chaque valeur compte autant de fois que de binômes l'ont lue.

A.2. 0,75 pts

Calculer la concentration apportée c en dioxyde de carbone dissous.

INDICE

Outil : $c = \dfrac{c_m}{M}$, concentration en masse divisée par la masse molaire.

A.3. 1 pts

Écrire l'équation de la réaction du dioxyde de carbone dissous avec l'eau, dresser le tableau d'avancement pour une canette et calculer $x_{\max}$.

INDICE

Outil : l'eau est le solvant ; le réactif limitant est le dioxyde de carbone dissous.

A.4. 0,75 pts

Calculer l'avancement final x_f à partir du pH retenu.

INDICE

Outil : $x_f = 10^{-\mathrm{pH}} \cdot V$, d'après le tableau.

A.5. 0,75 pts

Calculer le taux d'avancement final et l'exprimer en pourcentage. Conclure.

INDICE

Outil : $\tau = \dfrac{x_f}{x_{\max}}$.

B.1. 0,5 pts

Partie B : équilibre dans la canette fermée. Dans une canette fermée, le pH garde la même valeur pendant des semaines.

Décrire l'état du système à l'échelle macroscopique.

INDICE

Outil : que dit un pH constant des quantités de matière ?

B.2. 0,75 pts

Montrer, avec le modèle des chocs efficaces, que la réaction continue pourtant de se produire dans la canette.

INDICE

Début : décris les chocs efficaces entre réactifs, puis entre produits. **Ensuite :** compare leurs nombres par unité de temps.

B.3. 0,5 pts

Un camarade affirme : « Si le taux d'avancement final est aussi petit, c'est que le dioxyde de carbone ne réagit presque jamais avec l'eau. » Discuter cette affirmation.

INDICE

Point délicat : un taux d'avancement décrit l'état final, pas le nombre de réactions par seconde.

Exercice 5 6 pts

Acide butanoïque : réaction avec l'eau, puis avec la méthylamine

L'acide butanoïque $\mathrm{C_3H_7COOH}$, responsable de l'odeur du beurre rance, est l'acide du couple $\mathrm{C_3H_7COOH/C_3H_7COO^-}$. La méthylamine $\mathrm{CH_3NH_2}$ est la base du couple $\mathrm{CH_3NH_3^+/CH_3NH_2}$.

Document. Mesures réalisées sur deux systèmes.

Sys-tème	Composition	Mesure
1	solution d'acide butanoïque, $c = 1{,}2 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$, $V = 80{,}0\,\mathrm{mL}$	pH $= 3{,}38$
2	mélange de $25{,}0\,\mathrm{mL}$ de solution d'acide butanoïque à $8{,}0 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$ et d'une solution contenant $1{,}5 \times 10^{-3}\,\mathrm{mol}$ de méthylamine	avancement final mesuré : $x_f = 1{,}5 \times 10^{-3}\,\mathrm{mol}$

A.1. 0,5 pts

Partie A : réaction de l'acide butanoïque avec l'eau (système 1).

Écrire l'équation de la réaction de l'acide butanoïque avec l'eau.

INDICE

Outil : l'eau capte le proton cédé par l'acide.

A.2. 0,75 pts

Dresser le tableau d'avancement du système 1 et calculer $x_{\max}$.

INDICE

Outil : $n_0 = cV$; l'eau, solvant, est en excès.

A.3. 0,75 pts

Calculer l'avancement final x_f du système 1.

INDICE

Outil : $x_f = [\mathrm{H_3O^+}]_f \cdot V$, avec $[\mathrm{H_3O^+}]_f = 10^{-\mathrm{pH}}$.

A.4. 0,75 pts

Montrer que la transformation du système 1 est limitée, en calculant son taux d'avancement final.

INDICE

Outil : $\tau = \dfrac{x_f}{x_{\max}}$, comparé à 1.

B.1. 0,75 pts

Partie B : réaction avec la méthylamine (système 2). On étudie le système 2 du document.

Quel rôle joue chaque réactif ? Nommer les deux couples.

INDICE

Outil : l'acide cède un proton ; la base le capte.

B.2. 0,75 pts

Écrire les deux demi-équations, puis l'équation de la réaction.

INDICE

Outil : additionne les demi-équations ; le proton disparaît.

B.3. 1 pts

Dresser le tableau d'avancement du système 2, déterminer le réactif limitant et l'avancement maximal.

INDICE

Début : calcule d'abord la quantité d'acide apportée. **Ensuite :** cherche quel réactif s'épuise le premier.

B.4. 0,75 pts

D'après le document, l'avancement final mesuré est $x_f = 1{,}5 \times 10^{-3}\,\text{mol}$. Quelle flèche convient pour cette réaction ? Donner la composition du système 2 à l'état final.

INDICE

Outil : compare x_f à $x_{\max}$, puis complète la ligne finale du tableau.