EXERCICE I - DÉTARTRANT À BASE D'ACIDE LACTIQUE (6,5 points)

Ennemi numéro un des cafetières, le tartre s'y installe au quotidien. Il peut rendre ces machines inutilisables et altérer le goût du café. Pour préserver ces appareils, il est donc indispensable de les détartrer régulièrement. Plusieurs fabricants d'électroménager recommandent d'utiliser des détartrants à base d'acide lactique ; en plus d'être efficace contre le tartre, cet acide est biodégradable et non corrosif pour les pièces métalliques se trouvant à l'intérieur des cafetières.



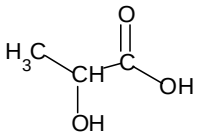
Après une étude de la réaction entre l'acide lactique et l'eau, on vérifiera par un titrage la teneur en acide lactique dans un détartrant et on s'intéressera à l'action de ce détartrant sur le tartre.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. L'acide lactique

Le détartrant à base d'acide lactique est conditionné sous forme liquide dans un petit flacon. La notice d'utilisation indique qu'il faut verser la totalité de son contenu dans le réservoir de la cafetière et qu'il faut ajouter de l'eau. On prépare ainsi un volume V = 0,60 L d'une solution aqueuse d'acide lactique de concentration molaire en soluté apporté c = 1 mol.L^{-1}. Après agitation, la valeur du pH mesuré est 1,9.

Données :

Formule de l'acide lactique	K_A à 25°C du couple acide lactique / ion lactate
	$1{,}3 \times 10^{-4}$

1.1. La molécule d'acide lactique

Recopier la formule de l'acide lactique puis entourer et nommer le groupe caractéristique responsable de l'acidité de la molécule.

1.2. Réaction de l'acide lactique avec l'eau

1.2.1. On note AH la molécule d'acide lactique. Écrire l'équation de la réaction de l'acide lactique avec l'eau.

1.2.2. Compléter en utilisant les notations de l'énoncé, le tableau descriptif de l'évolution du système, **TABLEAU A1 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**.

1.2.3. Donner l'expression de l'avancement final x_f en fonction du pH de la solution et du volume V.

1.2.4. Calculer le taux d'avancement final τ de la transformation. La transformation est-elle totale ? Justifier.

1.3. Constante d'acidité de l'acide lactique

1.3.1. Donner l'expression de la constante d'acidité K_A du couple acide lactique / ion lactate.

1.3.2. À partir de l'expression de K_A, calculer le rapport $\frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$.

1.3.3. En déduire l'espèce qui prédomine dans la solution de détartrant.

2. Titrage de l'acide lactique dans un détartrant

Sur l'étiquette de la solution commerciale de détartrant, on trouve les indications suivantes :
« contient de l'acide lactique, 45 % en masse ».

Données :

- masse molaire de l'acide lactique : $M = 90{,}0\ \text{g.mol}^{-1}$;
- masse volumique du détartrant : $\rho = 1{,}13\ \text{kg.L}^{-1}$.

Afin de déterminer la concentration molaire c en acide lactique apporté dans la solution de détartrant, on réalise un titrage acido-basique.
La solution de détartrant étant trop concentrée, on prépare par dilution une solution 10 fois moins concentrée (on note c_d la concentration de la solution diluée).

2.1. Dilution

On dispose des lots de verrerie A, B, C, D suivants :

Lot A	Lot B	Lot C	Lot D
Pipette jaugée de 5,0 mL Bécher de 50 mL Éprouvette de 50 mL	Pipette jaugée de 10,0 mL Fiole jaugée de 1,000 L	Pipette jaugée de 10,0 mL Fiole jaugée de 100,0 mL	Éprouvette graduée de 10 mL Fiole jaugée de 100,0 mL

Choisir le lot de verrerie permettant de réaliser la dilution le plus précisément. Justifier l'élimination des trois autres lots de verrerie.

2.2. Titrage acido-basique

On réalise le titrage pH-métrique d'un volume $V_A = 5{,}0$ mL de solution diluée par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+(aq) + HO^-(aq)$) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 0{,}20\ \text{mol.L}^{-1}$.
On obtient la courbe de **LA FIGURE A2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10.**

2.2.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage (on note AH la molécule d'acide lactique).
2.2.2. Déterminer graphiquement **SUR LA FIGURE A2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**, le volume V_E de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.
2.2.3. En précisant la démarche suivie, calculer la concentration c_d en acide lactique dans la solution diluée.
2.2.4. En déduire la valeur de la concentration c en acide lactique dans le détartrant.
2.2.5. Calculer la masse d'acide lactique présente dans 1,00 L de détartrant.
2.2.6. Montrer que le pourcentage massique d'acide lactique présent dans le détartrant est cohérent avec l'indication de l'étiquette.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 5
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

3. Action du détartrant sur le tartre

Dans cette partie, on cherche à évaluer le temps nécessaire à un détartrage efficace, en étudiant la cinétique d'une transformation réalisée au laboratoire.

Le tartre est essentiellement constitué d'un dépôt solide de carbonate de calcium de formule $CaCO_3$.
Lors du détartrage, l'acide lactique réagit avec le carbonate de calcium suivant la réaction d'équation :

$$CaCO_3\,(s) \;+\; 2\,AH\,(aq) \;=\; CO_2\,(g) \;+\; Ca^{2+}(aq) \;+\; 2\,A^-\,(aq) + H_2O\,(\ell)$$

Dans un ballon, on verse un volume V' = 10,0 mL de la solution diluée de détartrant précédemment dosée. On introduit rapidement une masse m = 0,20 g de carbonate de calcium. On ferme hermétiquement le ballon avec un bouchon muni d'un tube à dégagement relié à un capteur de pression. Ce capteur mesure la surpression due au dioxyde de carbone produit par la réaction qui se déroule à la température constante de 298 K. Cette surpression est équivalente à la pression du dioxyde de carbone seul dans le ballon.
Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs de la pression du dioxyde de carbone au cours du temps.

t en s	0	10	20	30	40	50	60	80	90	100	130	150	190	270	330	420	600
$P(CO_2)$ en hPa	0	60	95	113	121	129	134	142	145	146	149	150	152	154	155	155	155

À chaque instant, l'avancement x de la réaction est égal à la quantité de matière $n(CO_2)$ de dioxyde de carbone formé. Un logiciel permet de calculer ses valeurs.

LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11 représente l'évolution de l'avancement au cours du temps.

Données :

- loi des gaz parfaits : $P.V = n.R.T$;
  on rappelle que dans cette expression, la pression P est en pascals (Pa), le volume V en mètres cubes (m^3), la quantité de matière n en moles (mol) et la température T en kelvins (K) ;
- température lors de l'expérience : T = 298 K ;
- constante des gaz parfaits : R = 8,314 $J.mol^{-1}.K^{-1}$;
- volume occupé par le dioxyde de carbone à l'état final : V_g = 310 mL ;
- vitesse volumique de réaction : $v = \frac{1}{V'}.\frac{dx}{dt}$.

3.1. En considérant que le dioxyde de carbone se comporte comme un gaz parfait, donner l'expression de l'avancement x en fonction de la pression du dioxyde de carbone $P(CO_2)$ et du volume V_g.
3.2. Calculer la valeur de l'avancement à l'état final.
3.3. Vérifier que cette valeur est en accord avec **LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.
3.4. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. La méthode doit apparaître **SUR LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.
3.5. Comment évolue la vitesse volumique de réaction au cours du temps ? Justifier votre réponse à l'aide de **LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.
3.6. Lors du détartrage d'une cafetière, le mode d'emploi proposé conduit à utiliser une solution un peu plus concentrée en acide lactique et à chauffer cette solution.
Quelle est en effet la conséquence sur la durée de détartrage ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 5
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Équation chimique					
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	$x = 0$				
État final	x_f				

Tableau A1. Tableau descriptif de l'évolution du système

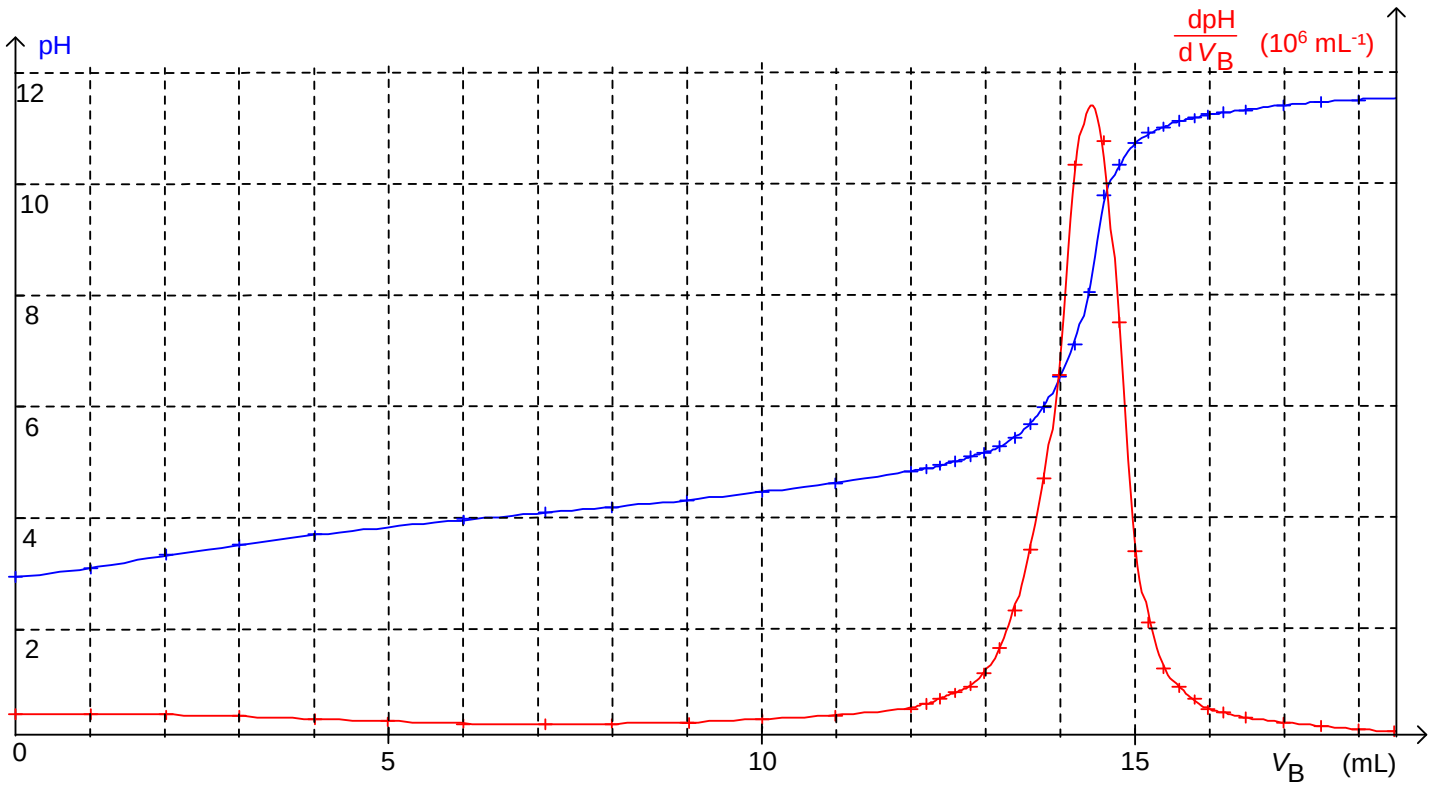


Figure A2. Courbes d'évolution de pH et de $\frac{dpH}{dV_B}$ en fonction du volume V_B de solution d'hydroxyde de sodium versé

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

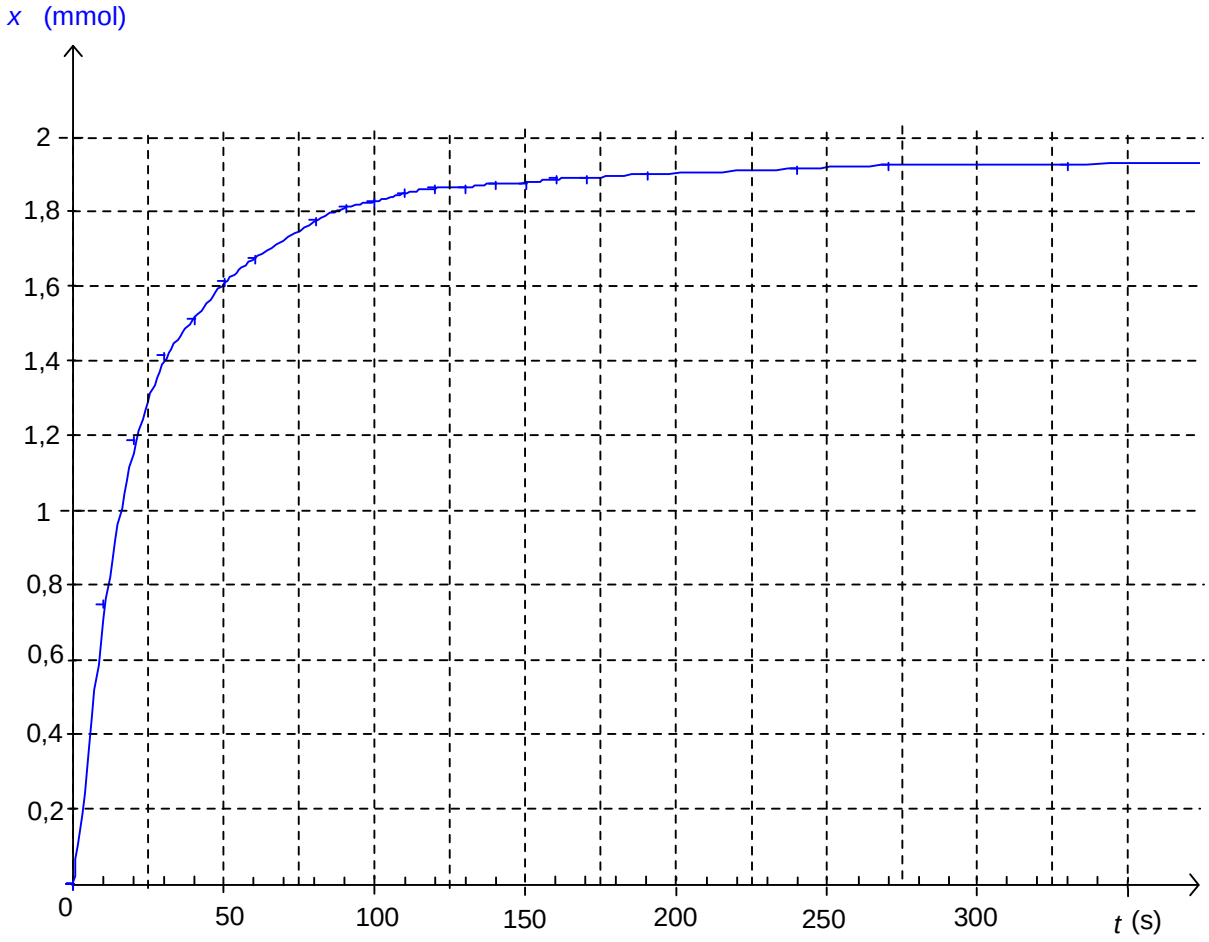


Figure A3. Courbe d'évolution de l'avancement au cours du temps