

T spé PC	Devoir surveillé N°2	mercredi 25/11/2020
----------	----------------------	---------------------

Nom et Prénom :

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 molécule d'acide lactique, on vérifiera par un titrage le titre massique 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 (4,25 points)

Le détartrant est une solution aqueuse d'acide lactique, conditionné sous forme liquide dans un petit flacon. Comme l'indique la notice d'utilisation, on verse la totalité de son contenu dans le réservoir de la cafetière et on ajoute de l'eau. Après agitation, la valeur du pH de la solution ainsi obtenue est $pH = 1,9$.

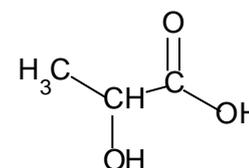
Données

- Numéro atomique de quelques atomes

	H	C	O
Numéro atomique	1	6	8

- Concentration molaire standard : $c^0 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$

La formule semi-développée de l'acide lactique est représentée ci-contre :



- 1.1. Représenter le schéma de Lewis de l'acide lactique. Aucune justification n'est demandée.
- 1.2. Donner la définition d'une espèce acide selon le modèle de Brønsted.
- 1.3. Nommer le groupe caractéristique de la famille des acides carboxyliques et l'entourer sur la molécule d'acide lactique représentée ci-dessus.
- 1.4. Représenter le schéma de Lewis de l'ion lactate, base conjuguée de l'acide lactique.
- 1.5. Exprimer puis calculer la concentration en quantité d'ions oxonium présents dans la solution aqueuse de détartrant obtenue après agitation.

1
1
0,5
0,75
1

2. Titration de l'acide lactique dans un détartrant (7 points)

Sur l'étiquette de la solution commerciale de détartrant, on trouve les indications suivantes :

« contient de l'acide lactique, de titre massique 45 % ».

Pour simplifier l'écriture, on notera AH la formule de l'acide lactique et A⁻ la formule de l'ion lactate.

Données :

- masse molaire de l'acide lactique : $M(AH) = 90,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- masse volumique du détartrant : $\rho(\text{solution}) = 1,13 \times 10^3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

On souhaite déterminer la concentration en quantité d'acide lactique apportée, notée $c_1(AH)$, de la solution de détartrant.

La solution de détartrant est trop concentrée pour réaliser un titrage dont la réaction support de titrage est une réaction acide base. On prépare par dilution une solution, notée S_2 , 10 fois moins concentrée. On note $c_2(AH)$ la concentration en quantité d'acide lactique apporté de cette solution diluée qui sera titrée.

2.1. Dilution

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

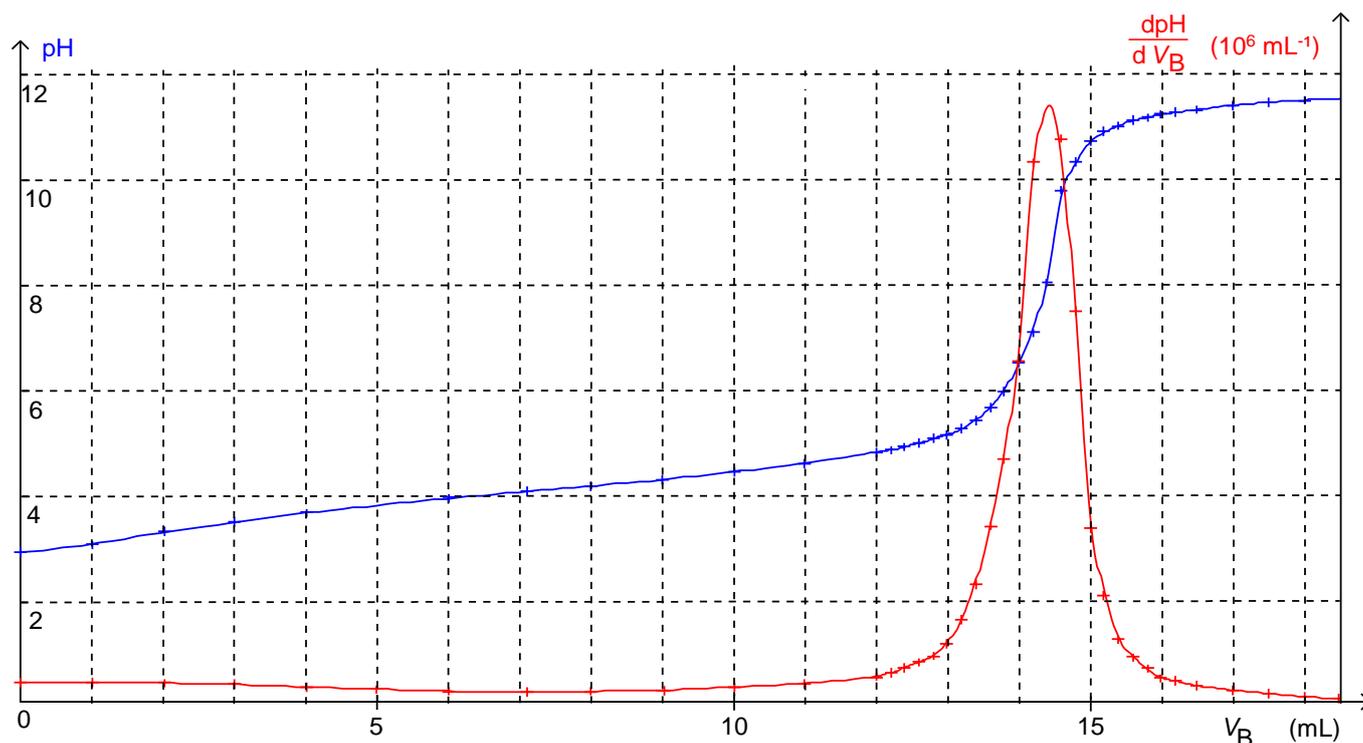
Lot A	Lot B	Lot C	Lot D
Pipette jaugée de 5,0 mL Éprouvette graduée de 50 mL	Pipette jaugée de 10,0 mL Fiole jaugée de 1,000 L	Pipette jaugée de 10,0 mL Fiole jaugée de 100,0 mL	Éprouvette graduée de 10 mL Fiole jaugée de 100,0 mL

2.1.1. Choisir le lot de verrerie permettant de réaliser la dilution le plus précisément. Justifier votre choix.

1

2.2. Dosage par titrage avec suivi pH-métrique

On réalise le dosage par titrage avec suivi pH-métrique d'un volume $V = 5,0 \text{ mL}$ de solution diluée S_2 par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration molaire en soluté apporté $c(\text{NaOH}) = [\text{HO}^-] = 0,20 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. On obtient la courbe suivante :



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

- 2.2.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage dont l'acide lactique AH(aq) est le réactif titré. 0,75
- 2.2.2. Déterminer graphiquement le volume V_E de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. La méthode doit apparaître sur la courbe. 0,75
- 2.2.3. En précisant la démarche suivie, calculer la concentration $c_2(\text{AH})$ en acide lactique dans la solution diluée. 1,5
- 2.2.4. En déduire la valeur de la concentration $c_1(\text{AH})$ en acide lactique dans le détartrant. 0,5
- 2.2.5. Montrer que le titre massique d'acide lactique présent dans le détartrant est cohérent avec l'indication de l'étiquette. 1

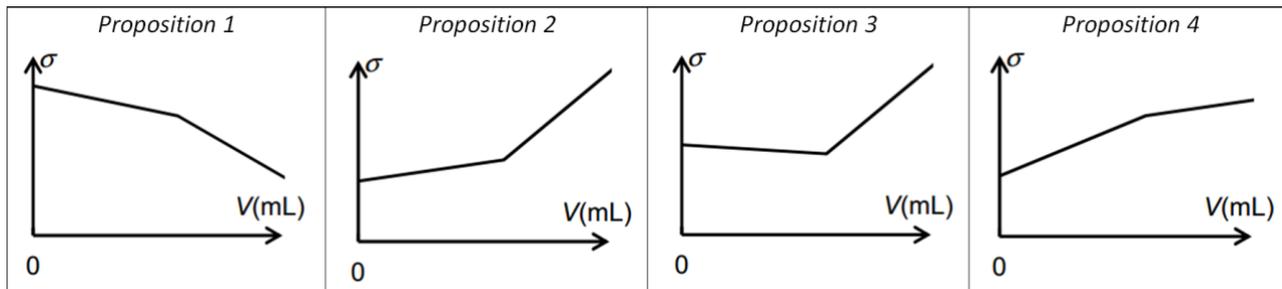
2.3. Dosage par titrage avec suivi conductimétrique

Il est possible de réaliser le titrage précédent avec suivi conductimétrique. L'équation de la réaction support du titrage reste donc la même.

Données :

	ion sodium Na^+	ion hydroxyde HO^-	ion lactate A^-
λ ($\text{mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$)	5,0	19,8	3,9

- 2.3.1 Parmi les représentations graphiques suivantes, quelle est celle qui représente l'allure de l'évolution de la conductivité σ du mélange en fonction du volume de solution d'hydroxyde de sodium versé ? Justifier. 1,5

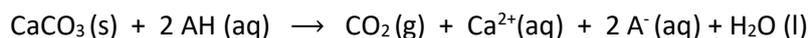


3. Action du détartrant sur le tartre (8,75 points)

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 $\text{CaCO}_3(\text{s})$.

Lors du détartrage, l'acide lactique réagit avec le carbonate de calcium. Cette transformation chimique est totale et est modélisée par la réaction d'équation :



Dans un ballon, on introduit un volume $V' = 10,0 \text{ mL}$ de la solution diluée S_2 de détartrant précédemment dosée, soit une quantité de matière $n_{\text{AH}}(0) = 5,76 \times 10^{-3} \text{ mol}$. On introduit rapidement une masse $m_{\text{CaCO}_3}(0) = 0,30 \text{ g}$ 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 dans un volume constant. 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

Données :

- Masse molaire : $M(\text{CaCO}_3) = 100,1 \text{ g.mol}^{-1}$
- loi des gaz parfaits : $P \times V = n \times R \times T$
on rappelle que dans cette expression, la pression P du gaz est en pascals (Pa), le volume V du gaz en mètres cubes (m^3), la quantité de matière du gaz n en moles (mol) et la température T en kelvins (K) ;
- température lors de l'expérience : $T = 298 \text{ K}$;
- constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$;
- On considère que la quantité de matière des produits est nulle au début de la transformation chimique

3.1. Compléter le tableau d'avancement ci-dessous.

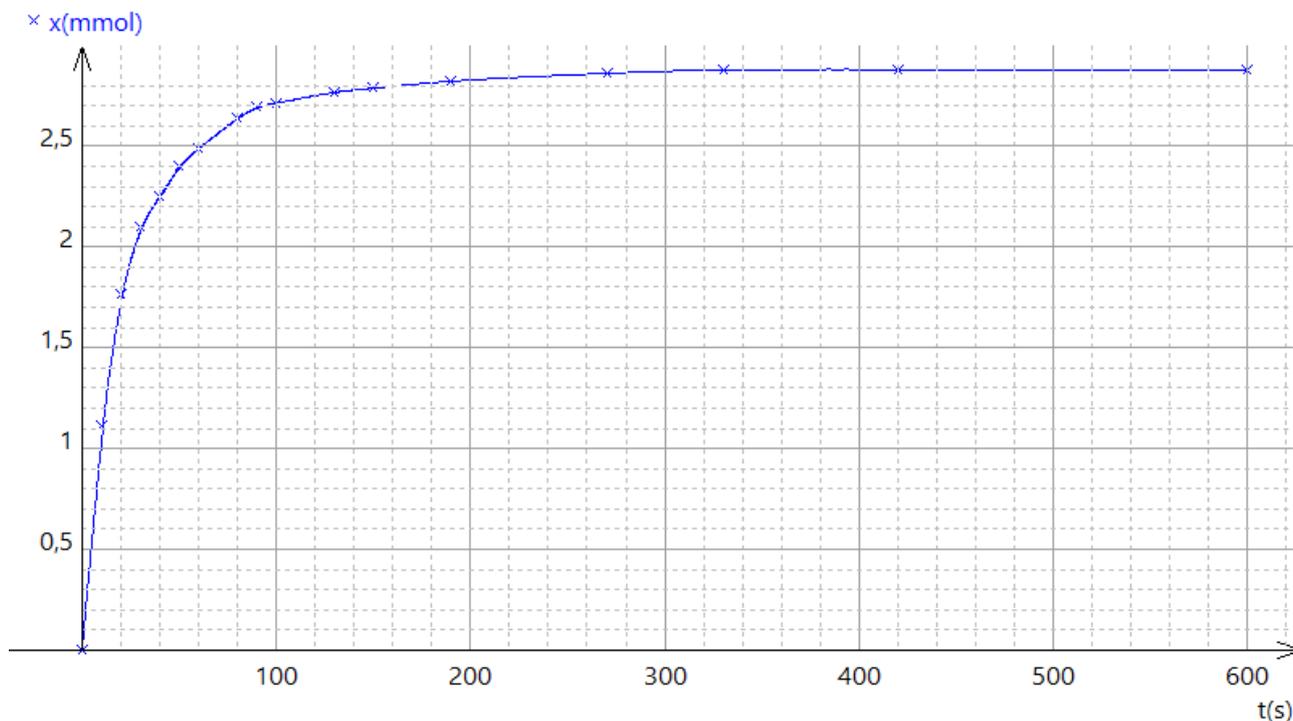
Équation chimique	$\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{ AH}(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{ A}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$					
Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)					
$x(0) = 0$						solvant
$x(t)$						solvant

1,25

3.2. En considérant que le dioxyde de carbone se comporte comme un gaz parfait, donner l'expression de l'avancement $x(t)$ en fonction de la pression du dioxyde de carbone $P_{\text{CO}_2}(t)$, du volume de dioxyde de carbone V_{CO_2} de la constante R et de la température T .

0,75

A l'aide des valeurs expérimentales, on obtient la courbe d'évolution de l'avancement en fonction du temps ci-dessous :



Courbe d'évolution de l'avancement en fonction du temps

3.3. Montrer que l'acide lactique est le réactif limitant et en déduire la valeur de l'avancement à l'état final.

1,5

3.4. Justifier que cette valeur est en accord avec la courbe.

0,25

3.5. Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

0,5

3.6. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. La méthode doit apparaître sur la courbe.

0,75

Lors du détartrage d'une cafetière, le mode d'emploi proposé conduit à utiliser une solution un peu plus concentrée en acide lactique ou à chauffer cette solution.

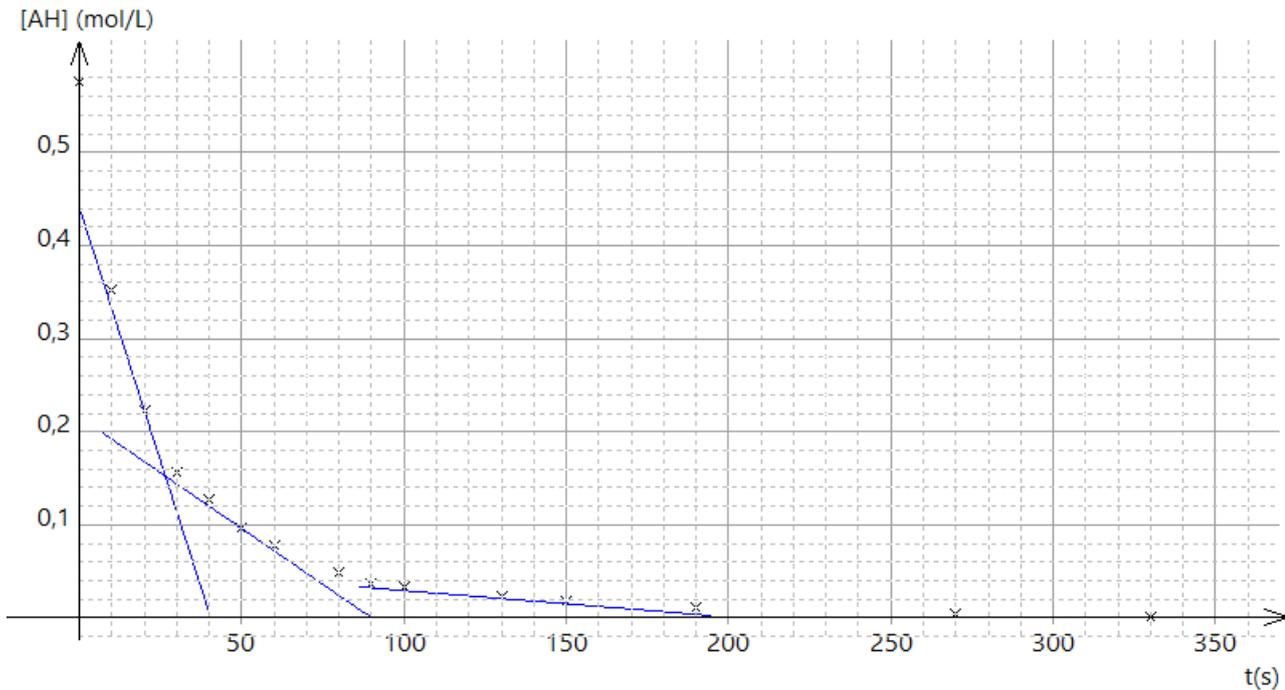
3.7. Quelle serait la conséquence sur la durée de détartrage ? Justifier.

1

3.8. À l'aide du tableau d'avancement, exprimer la concentration en quantité de l'acide lactique $[AH](t)$ en fonction de l'avancement $x(t)$.

0,5

Cette expression permet d'obtenir le nuage de points $[AH](t)$ en fonction du temps. Les tangentes à la courbe aux dates $t = 20$ s, $t = 50$ s et $t = 130$ s sont tracées.



3.9. Définir la vitesse de consommation de l'acide lactique $v_{c,AH}(t)$.

0,5

3.10. Déterminer la vitesse de consommation d'acide lactique à $t = 50$ s.

0,75

t (s)	0	20	50	130
$[AH](t)$	$5,76 \times 10^{-1}$	$2,23 \times 10^{-1}$	$9,66 \times 10^{-2}$	$2,23 \times 10^{-2}$
$v_{c,AH}(t)$	$3,17 \times 10^{-2}$	$1,10 \times 10^{-2}$	à trouver	$2,90 \times 10^{-4}$

3.11. La vitesse de consommation d'acide lactique vérifie-t-elle une loi de vitesse d'ordre 1 ? Justifier votre démarche.

1