

NOM :

PRÉNOM :

CLASSE :

Le sujet est à rendre avec la copie

Le vinaigre contre le tartre

Le tartre est un solide blanc qui se dépose dans les appareils électroménagers qui sont au contact avec l'eau du robinet comme les bouilloires, cafetières, chauffe-eaux, lave-vaisselles ou encore lave-linges. Ce dépôt de tartre peut être la cause d'une panne. Plutôt que de racheter un appareil, il est parfois suffisant de détartrer l'appareil pour qu'il fonctionne à nouveau. Pour ce détartrage, il n'est pas nécessaire d'acheter des produits chers et nocifs pour la santé, du simple vinaigre blanc peut être utilisé.

L'objectif de cet exercice est de comprendre l'origine de ce dépôt de tartre puis d'étudier l'action du vinaigre blanc sur ce dernier.

Les trois parties de cet exercice sont dans une large mesure indépendantes.

PREMIÈRE PARTIE : LA DURETÉ DE L'EAU

Données :

- Tableau périodique des éléments simplifié :

1 H 1 Hydrogène						4 He 2 Hélium	
7 Li 3 Lithium	9 Be 4 Béryllium	11 B 5 Bore	12 C 6 Carbone	14 N 7 Azote	16 O 8 Oxygène	19 F 9 Fluor	20 Ne 10 Néon
23 Na 11 Sodium	24 Mg 12 Magnésium	27 Al 13 Aluminium	28 Si 14 Silicium	31 P 15 Phosphore	32 S 16 Soufre	35 Cl 17 Chlore	40 Ar 18 Argon
39 K 19 Potassium	40 Ca 20 Calcium	...					

Nombre de masse → 12
Symbole chimique → C
Numéro atomique → 6
Carbone

- Le titre hydrotimétrique d'une eau, noté TH et exprimé en degrés français de symbole °fH, est donné par la relation :

$$TH = 401 \times t_{Ca} + 243 \times t_{Mg}$$

avec t_{Ca} la concentration en masse en ion calcium exprimée en $g.L^{-1}$ et t_{Mg} est la concentration en masse en ion magnésium exprimée en $g.L^{-1}$.

- Le titre hydrotimétrique (TH) est une indication qui permet de qualifier une eau de :
 - très douce pour un TH inférieur à 8°fH ;
 - douce pour un TH compris entre 8 et 15°fH ;
 - moyennement dure pour un TH compris entre 15 et 25°fH ;
 - dure pour un TH compris entre 25 à 42°fH ;
 - très dure pour un TH supérieure à 42°fH.

Q1. (1,5 point) Cocher la ou les bonne(s) réponse(s) aux questions suivantes.

Q1.a. L'atome de magnésium :

<input type="checkbox"/> a pour configuration électronique à l'état fondamental : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	<input type="checkbox"/> a pour configuration électronique à l'état fondamental : $1s^2 2s^2 2p^2 3s^2 3p^4$
<input type="checkbox"/> possède deux électrons de valence	<input type="checkbox"/> possède six électrons de valence
<input type="checkbox"/> est chimiquement stable	<input type="checkbox"/> est chimiquement instable

Q1.b. L'ion magnésium :

<input type="checkbox"/> est l'anion Mg^{2+}	<input type="checkbox"/> a pour configuration électronique à l'état fondamental : $1s^2 2s^2 2p^2 3s^2 3p^2$
<input type="checkbox"/> est le cation Mg^{2+}	<input type="checkbox"/> a pour configuration électronique à l'état fondamental : $1s^2 2s^2 2p^6$
<input type="checkbox"/> possède deux électrons de moins que de protons	<input type="checkbox"/> possède deux électrons de plus que de protons

La dureté de l'eau évalue à la fois la quantité d'ions calcium Ca^{2+} et d'ions magnésium Mg^{2+} dans un litre d'eau du robinet ou en bouteille car ces deux espèces possèdent des propriétés chimiques voisines.

Q2. (0,5 point) À l'aide du tableau périodique simplifié, justifier l'affirmation « ces deux espèces possèdent des propriétés chimiques voisines ».

La vignette ci-contre donne la composition moyenne en sels minéraux de l'eau de Paris (d'après *eaudeparis.fr*) :

Q3. (1,5 point) Le site *eaudeparis.fr* indique également que l'eau distribuée à Paris est « moyennement dure ». Vérifier à l'aide d'un calcul que la composition ci-contre n'est pas en accord avec cette affirmation.

	LIMITES ET RÉFÉRENCES DE QUALITÉ*	L'EAU DE PARIS*
Calcium	-	90
Magnésium	-	06
Sodium	200	10
Potassium	12	02
Bicarbonates	-	220
Sulfates	250	30
Chlorures	250	20
Nitrates	50	29
Fluor	1,5	0,17

On peut assimiler le tartre à un dépôt de calcaire, solide blanc de formule CaCO_3 (s), sur les parties de l'appareil électroménager en contact avec l'eau.

Q4. (0,5 point) Expliquer pourquoi, plus une eau est dure, plus l'appareil électroménager risque de tomber rapidement en panne.

DEUXIÈME PARTIE : LE VINAIGRE BLANC

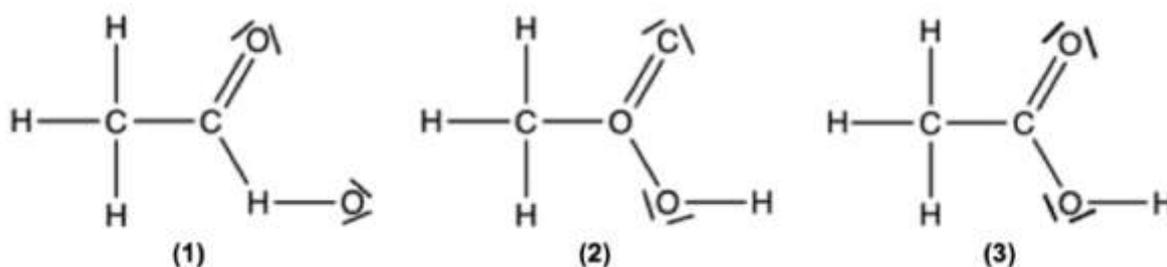
On souhaite tester l'action du vinaigre pour se débarrasser du tartre qui s'est déposé dans une bouilloire. Le vinaigre blanc est une solution aqueuse d'acide acétique. Dans le commerce, on trouve communément du vinaigre blanc à 8,0 % ; cela signifie que 100 mL de vinaigre contiennent 8,0 g d'acide acétique. On prélève 50 mL de vinaigre blanc afin de nettoyer la bouilloire.

Données :

- Masses de quelques atomes :
 - hydrogène : $m_{\text{H}} = 1,67 \times 10^{-27}$ kg ;
 - carbone : $m_{\text{C}} = 20,0 \times 10^{-27}$ kg ;
 - oxygène : $m_{\text{O}} = 26,7 \times 10^{-27}$ kg.
- Une mole d'entités contient $6,02 \times 10^{23}$ entités.

Q5. (0,5 point) Indiquer le nom d'un instrument de verrerie à utiliser pour faire le prélèvement des 100 mL de vinaigre.

Q6. L'acide acétique a pour formule brute $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$. Voici trois schémas de Lewis proposés pour l'acide acétique :



Q6.a (1 point) Justifier que les schémas (1) et (2) sont incorrects en montrant en quoi ces entités sont instables.

Q6.b (0,5 point) Déterminer la concentration en masse de l'acide acétique dans le vinaigre blanc à 8,0 %

Q6.c (1,5 point) Après avoir calculé la masse d'une molécule d'acide acétique, montrer que les 50 mL de vinaigre blanc à 8,0 % prélevés contiennent $4,0 \times 10^{22}$ molécules d'acide acétique.

Q6.d (0,5 point) Calculer la quantité de matière d'acide acétique correspondante.

TROISIÈME PARTIE : ACTION DU VINAIGRE BLANC SUR LE TARTRE

On verse 50 mL de vinaigre blanc à 8,0 %, à l'intérieur de la bouilloire, on observe alors la formation de bulles de gaz. Le gaz formé est récupéré.

On laisse le vinaigre agir pendant 30 minutes puis la bouilloire est vidée du liquide qu'elle contient et laissée à sécher.

Le liquide recueilli est soumis à deux tests :

- l'ajout d'une solution d'oxalate d'ammonium conduit à l'apparition d'un précipité blanc ;
- l'ajout d'une solution d'hydroxyde de sodium ne provoque aucune transformation.

Par ailleurs, le gaz récupéré est soumis à deux tests :

- une bûchette incandescente ne provoque pas de détonation dans ce gaz et l'incandescence cesse ;
- le test à l'eau de chaux est positif avec ce gaz.

On donne également une photo de l'intérieur de la bouilloire avant et après le détartrage. La bouilloire a été pesée avant et après le détartrage, la masse sur la balance est donnée en gramme :



Avant détartrage



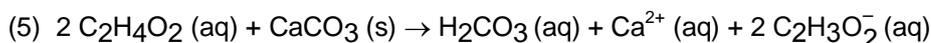
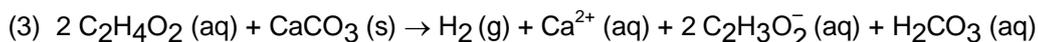
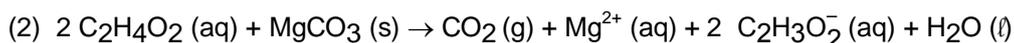
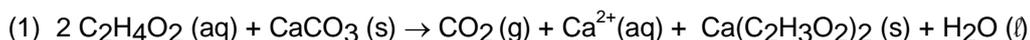
Après détartrage



Données :

- $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ et MgCO_3 sont des solides blancs ;
- Une solution d'oxalate d'ammonium réagit avec les ions calcium pour former un précipité blanc d'oxalate de calcium ;
- Une solution d'hydroxyde de sodium réagit avec les ions magnésium pour former un précipité blanc d'hydroxyde de magnésium.

On peut modéliser le détartrage de la bouilloire par l'une des équations de réactions chimiques suivantes :



Q7. (2 points) En utilisant les informations disponibles, choisir l'équation de réaction qui modélise correctement la transformation chimique ayant lieu entre le vinaigre et le tartre au cours du détartrage. Vous donnerez la ou les raisons de l'exclusion de chacune des autres équations.

Vous êtes invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie et les étapes de résolution sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées.

	Tâche	Niveau	Compétence(s)	Réponse attendue	Évaluation-Notation
Q1.	Simple	1	RCO	L'atome de magnésium a pour configuration électronique à l'état fondamental : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ L'atome de magnésium possède deux électrons de valence et est instable. L'ion magnésium a pour configuration électronique à l'état fondamental : $1s^2 2s^2 2p^6$ L'ion magnésium est le cation Mg^{2+} et il possède deux électrons de moins que de protons	/1,5
Q2.	Simple	1	RCO	Les éléments chimiques calcium et magnésium sont tous les deux dans la deuxième colonne du tableau périodique, ils possèdent donc sous la forme de cations monoatomiques stables, le même nombre d'électrons de valence et donc des propriétés chimiques voisines.	/0,5
Q3.	Simple	2	ANA / REA	Calcul du titre hydrotimétrique de l'eau de Paris : $TH = 401 \times t_{Ca} + 243 \times t_{Mg} = (401 \times 90 + 243 \times 6) \times 10^{-3} = 38 \text{ g/L} = 38^\circ\text{fH}$ L'eau de Paris peut être qualifiée de « dure » car $25 < TH < 42^\circ\text{fH}$.	/1,5
Q4.	Simple	2	ANA / COM	Plus une eau est dure plus elle contient des ions calcium, or l'ion calcium peut conduire à la formation de tartre $CaCO_3$ qui se dépose sur des parties de l'appareil électroménager et perturbe son fonctionnement.	/0,5
Q5.	Simple	1	RCO	On peut prélever les 50 mL de vinaigre à l'aide d'une éprouvette graduée.	/0,5
Q6.a	Simple	2	RCO / ANA	Dans le schéma 1 un atome d'hydrogène est lié à deux autres atomes alors que l'hydrogène ne peut établir qu'une liaison de valence et/ou l'atome d'oxygène n'est lié que par une liaison alors qu'il doit établir deux liaisons de valence pour se stabiliser. Dans le schéma 2, l'atome de carbone établit uniquement deux liaisons covalentes alors qu'il doit en établir quatre et/ou l'atome d'oxygène est lié par quatre liaisons alors qu'il ne doit en établir que deux pour se stabiliser.	/1
Q6.b	Simple	2	REA	Un vinaigre blanc à 8,0 % signifie que 100 mL de vinaigre contiennent 8,0 g d'acide acétique. On en déduit donc sa concentration en masse : $C = m/V = 8,0 \text{ g}/0,100 \text{ L} = 8,0 \text{ g/L}$	/0,5
Q6.c	Simple	3	REA	Masse d'une molécule d'acide acétique : $m_1 = 2 \times m_C + 4 \times m_H + 2 \times m_O = 2 \times 20,0 \times 10^{-27} \text{ kg} + 4 \times 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg} + 2 \times 26,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ $m_1 = 1,00 \times 10^{-25} \text{ kg}$ Or 50 mL de vinaigre blanc à 8 % contiennent 4 g d'acide acétique. On peut donc en déduire le nombre de molécules d'acide acétique : $N = 4,0 \text{ g} / 1,00 \times 10^{-25} \text{ kg} = 4,0 \text{ g} / 1,00 \times 10^{-22} \text{ g} = 4,0 \times 10^{22} \text{ molécules}$	/1,5
Q6.d	Simple	1	REA	Quantité de matière d'acide acétique correspondante : $n = 4,0 \times 10^{22} / 6,02 \times 10^{23} = 0,066 \text{ mol}$	/0,5

Q7.	Complexe	3	Évaluation des compétences <i>A : Les critères choisis apparaissent dans leur totalité.</i> <i>B : Les critères choisis apparaissent partiellement.</i> <i>C : Les critères choisis apparaissent de manière insuffisante.</i> <i>D : Les critères choisis ne sont pas présents</i>	Niveau de maîtrise			
				A	B	C	D
			S'APPROPRIER <ul style="list-style-type: none"> - Formation d'un gaz après ajout du vinaigre blanc avec un test positif à l'eau de chaux et un test négatif pour la bûchette incandescente ; - Liquide recueilli à la fin de la transformation donne un test positif à l'oxalate d'ammonium et un test négatif à l'hydroxyde de sodium ; - Les photos de la bouilloire avant et après semblent montrer la disparition d'un solide blanc. Cette disparition est confirmée par la pesée, car la masse de la bouilloire diminue après le détartrage (elle passe de 715,41 g à 712,26 g). 				
			ANALYSER <ul style="list-style-type: none"> - Le gaz formé est du $\text{CO}_2(\text{g})$ puisque le test à l'eau de chaux est positif. Cela ne peut pas être du $\text{H}_2(\text{g})$ puisqu'il n'y a pas eu de détonation avec la bûchette ni du $\text{O}_2(\text{g})$, car l'incandescence de la bûchette cesse ; - Le test à l'oxalate d'ammonium est positif donc des ions calcium $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ sont formés, le test à l'hydroxyde de sodium est négatif donc aucun ion magnésium $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ ne s'est formé ; - La disparition du solide blanc montre qu'il n'y a plus d'espèces chimiques solides ($\text{CaCO}_3(\text{s})$, $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2(\text{s})$ et $\text{MgCO}_3(\text{s})$) à la fin de la transformation. 				
			RÉALISER <ul style="list-style-type: none"> - La formation de $\text{CO}_2(\text{g})$ et la non-formation de $\text{H}_2(\text{g})$ et $\text{O}_2(\text{g})$ sont modélisées par les équations des réactions 1, 2 et 4 mais pas par les équations des réactions 3 ($\text{H}_2(\text{g})$ formé) et 5 (pas de gaz formé) ; - La formation de $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ et la non-formation de $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ sont modélisées par les équations des réactions 1, 3, 4 et 5 mais pas par l'équation de la réaction 2 (cation $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ formé et non $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$) ; - La disparition et la non-formation d'un solide, est modélisée par les équations des réactions 2, 3, 4, 5 et pas par l'équation de la réaction 1 ($\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2(\text{s})$ formé). 				
			VALIDER La seule équation de réaction qui modélise complètement toutes les observations est l'équation de la réaction 4.				
			<i>Majorité de A → 2</i>	<i>Majorité de B → 1</i>	<i>Majorité de C → 0,5</i>	Notation : <i>Majorité de D → 0</i>	<i>/2</i>