

CM80 : Examen médian

Durée : 2 heures — Documents et calculatrices autorisés.

1 Vitamine C

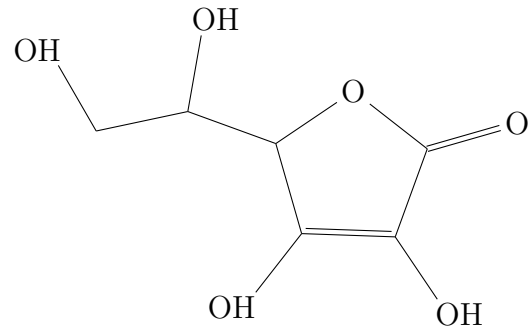
1.1 Solution de vitamine C (2pts)

La vitamine C, ou acide ascorbique, est un acide faible de formule brute $C_6H_8O_6$, qu'on notera AH. On dissout une masse $m = 0,50\text{ g}$ d'acide ascorbique dans $V = 0,20\text{ L}$ d'eau.

- Écrivez l'équation de la réaction entre l'acide ascorbique AH et l'eau.
- Le pH de la solution obtenue est de 2,9. Déterminez l'avancement final de la réaction.
- Calculez la masse molaire moléculaire de l'acide ascorbique, notée M_{AH} .
- Déterminez les concentrations molaires en acide ascorbique AH et ion ascorbate A^- .

1.2 Dosage de la vitamine C dans le cynorrhodon (6pts)

Le fruit de la rose ou de l'églantier est nommé cynorrhodon. Il est très utilisé en phytothérapie pour prévenir la fatigue et renforcer les défenses immunitaires. Il contient des tanins, les vitamines A et B et il est aussi très riche en vitamine C. On trouve en pharmacie de l'extrait de cynorrhodon sous forme de gélules. La formule développée de l'acide ascorbique (noté AH dans la suite de l'exercice) est donnée ci-contre.



On désire comparer l'apport en vitamine C d'une gélule de cynorrhodon, produit naturel, avec celui d'un comprimé de Laroscorbine 500[®], produit de synthèse. Pour cela, on détermine par titrage, la quantité d'acide ascorbique présente dans une gélule.

Protocole expérimental suivi :

On dissout dans de l'eau le contenu d'une gélule de cynorrhodon dans une fiole jaugée de 100,0 mL.

Puis, on réalise le titrage pH-métrique du contenu de la fiole à l'aide d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 0,10\text{ mol.L}^{-1}$.

- Écrivez l'équation de la réaction de support du titrage.
 - Définissez en une phrase l'équivalence acido-basique.
 - Donnez la relation entre les quantités de matière introduites à l'équivalence.
- Le suivi du titrage permet de tracer la courbe de pH (cf. Fig. 1).
- En précisant la méthode utilisée, déterminez les coordonnées du point d'équivalence de ce titrage.
 - Déterminez la quantité n_{AH} d'acide ascorbique présente dans une gélule de cynorrhodon.

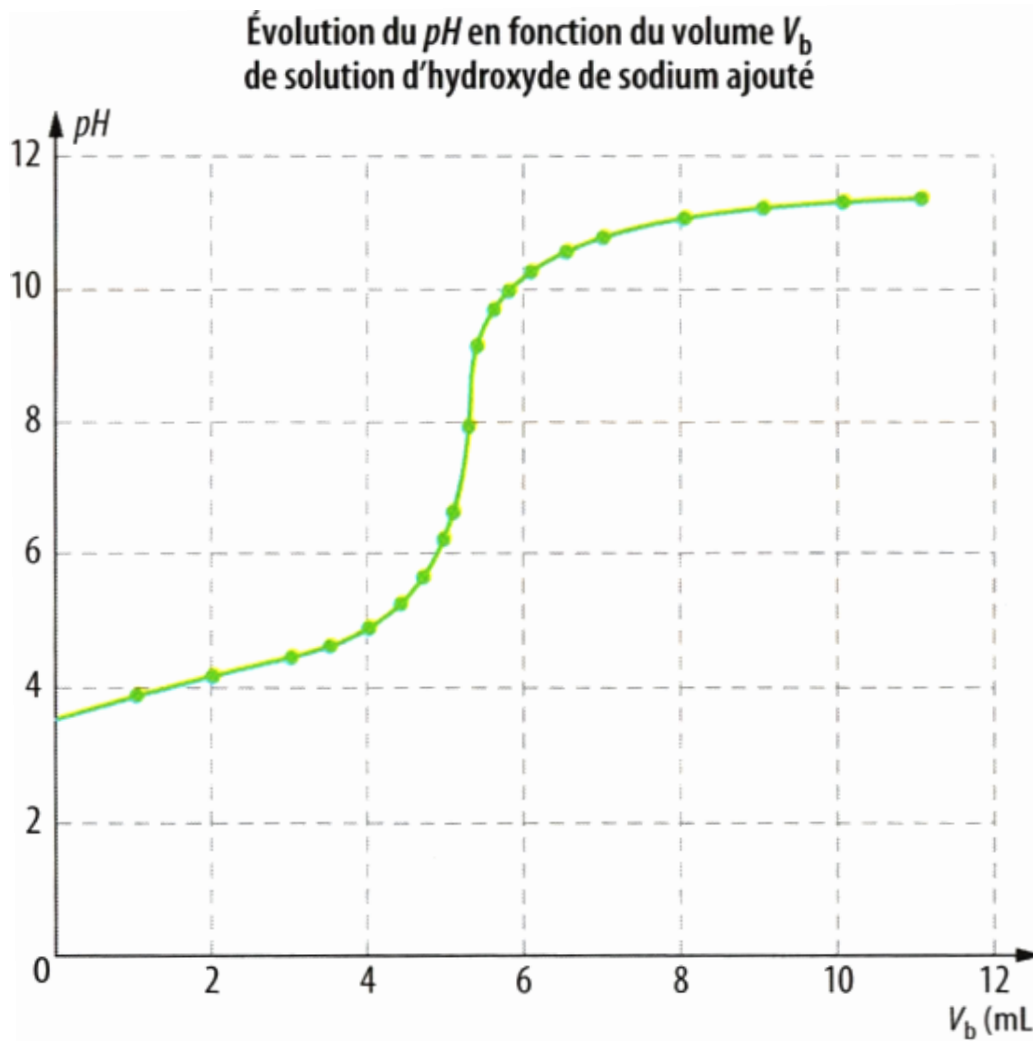


FIGURE 1 – Dosage de l'acide ascorbique de la gélule de cynorrhodon par la soude.

- f) Déterminez la masse m_{AH} d'acide ascorbique présente dans une gélule de cynorrhodon.
 g) Un comprimé de Laroscorbine 500[®] contient 500 mg d'acide ascorbique. Quel est, entre la gélule de cynorrhodon et le comprimé de Laroscorbine, le composant le plus riche en vitamine C ?

Données pour la partie 1 :

masses molaires atomiques : $M_C = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_O = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_H = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

2 Hydrogéocarbonates

2.1 Titre alcalimétrique d'une eau (2pts)

Dans un bulletin d'analyse du contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine, on peut lire :

$$pH : 7,7 \quad ; \quad TAC : 7,8^\circ F.$$

Le "TAC", ou taux alcalimétrique complet, donné en degré français (noté °F), s'exprime sous la forme :

$$TAC = 100 \times \left(\frac{[HO^-]}{2} + \frac{[HCO_3^-]}{2} + [CO_3^{2-}] \right) \times M_{CaCO_3}$$

- Tracez le diagramme de prédominance du couple ion hydrogénocarbonate/ ion carbonate.
- Justifiez le fait qu'à un pH de 7,7 on peut négliger le terme $[\text{CO}_3^{2-}]$ devant le terme $[\text{HCO}_3^-]$.
- Calculez la concentration en ion HCO_3^- dans cette eau.

2.2 Dosage d'une eau minérale (4pts)

L'étiquette d'une eau minérale indique une teneur en hydrogénocarbonate de 403 mg/L et un $\text{pH} = 7,0$.

- Donnez le diagramme de prédominance des espèces composant les deux couples auxquels appartient l'ion hydrogénocarbonate.
- Quelle est l'espèce prédominante dans l'eau minérale étudiée?
- Un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de cette eau est titré par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_2 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On note V_2 le volume d'acide ajouté. Les courbes donnant $\text{pH} = f(V_2)$ et $\frac{d\text{pH}}{dV_2} = g(V_2)$ sont données en Fig. 2. Écrivez l'équation de la réaction de dosage.
- Déterminez les coordonnées du point d'équivalence E en expliquant la méthode utilisée.
- Parmi les indicateurs colorés proposés, quel est le mieux adapté pour un dosage colorimétrique? Le titrage sera-t-il précis?
- Déterminez la concentration molaire des ions hydrogénocarbonates dans cette eau. Correspond-elle à l'indication de l'étiquette?

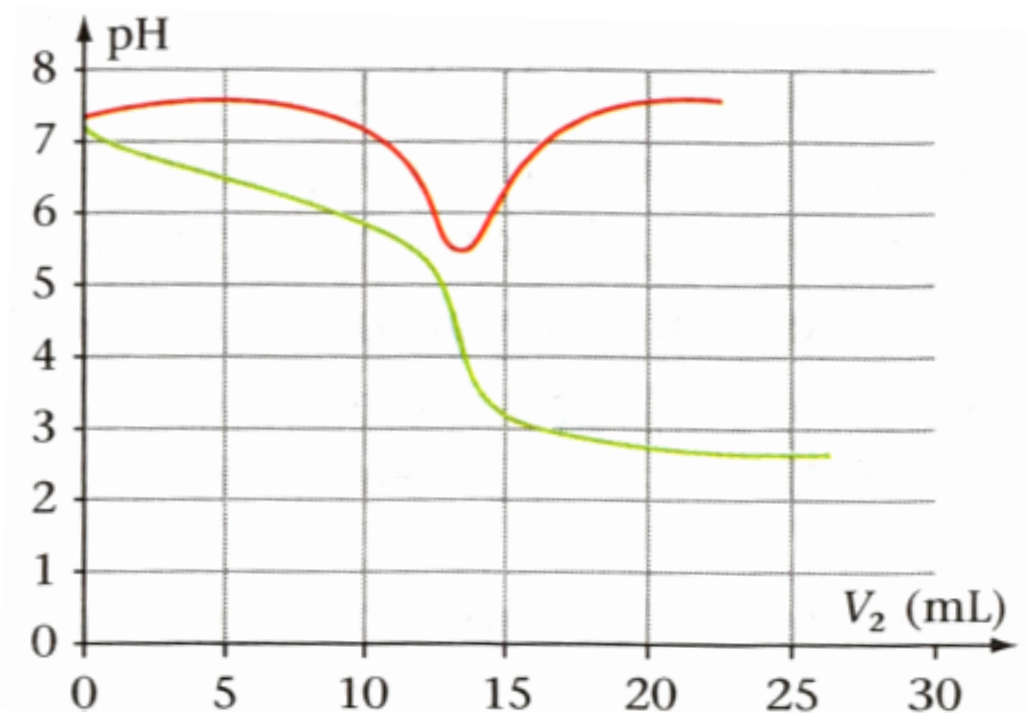


FIGURE 2 – Dosage des ions hydrogénocarbonates d'une eau minérale par l'acide chlorhydrique : courbe de pH et dérivée.

2.3 pH de l'eau distillée (6pts)

Le but de cet exercice est de comprendre pourquoi le pH d'une eau distillée laissée à l'air libre diminue.

a) Dans toute solution aqueuse se produit la réaction d'autoprotolyse de l'eau. Écrivez l'équation de cette réaction et exprimez la constante d'équilibre K_e associée. Comment appelle-t-on cette constante K_e ?

b) À 25°C, des mesures de conductivité électrique montrent que dans de l'eau pure : $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = [\text{HO}^-]_{\text{eq}} = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Rerouvez la valeur de K_e et la valeur du pH de l'eau pure à 25°C.

De l'eau fraîchement distillée et laissée quelques temps à l'air libre dans un bécher, à 25°C, voit son pH diminuer progressivement puis se stabiliser à la valeur de 5,7. La dissolution lente et progressive de dioxyde de carbone présent dans l'air permet d'expliquer cette diminution du pH. Un équilibre s'établit entre le dioxyde de carbone présent dans l'air et celui qui est dissous dans l'eau distillée (noté $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$).

c) Dans la suite de l'exercice, on négligera la réaction entre les ions hydrogénocarbonate HCO_3^- , et on traitera la réaction entre le dioxyde de carbone dissous et l'eau comme prépondérante.

Expliquez brièvement pourquoi en raisonnant sur les valeurs des K_a des deux couples $(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}) / \text{HCO}_3^-$ et $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$.

d) Déterminez la valeur de la concentration initiale du dioxyde de carbone dissous C dans de l'eau distillée de pH = 5,7.

Dans un mélange gazeux, comme l'air, chacun des gaz qui le constituent contribue à la pression totale, proportionnellement à sa quantité de matière. C'est la pression partielle du gaz considéré :

$$p_{\text{CO}_2} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{tot.gaz}}} P$$

Le pourcentage moyen de CO_2 dans l'atmosphère terrestre est actuellement de 0,038% (en quantité de matière). De plus, la concentration d'un gaz dissous dans l'eau est proportionnelle à sa pression partielle quand l'équilibre du système chimique est atteint. Dans le cas du dioxyde de carbone, on a :

$$[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}} = k p_{\text{CO}_2} \quad \text{avec } k = 3,4 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$$

e) Pour une pression atmosphérique de $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, indiquer si l'air du laboratoire où a lieu la préparation de l'eau distillée contient un pourcentage en dioxyde de carbone plus petit ou plus grand que 0,038%.

Données pour la partie 2 :

1. Masses molaires atomiques :

$$M_{\text{Ca}} = 40,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, M_{\text{C}} = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, M_{\text{O}} = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, M_{\text{H}} = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

2. $pK_{a,1}(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}) / \text{HCO}_3^- = 6,4$; $pK_{a,1} \text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-} = 10,3$.

3. Zones de virages des indicateurs colorés :

- vert de bromocrésol : 3,8 – 5,4 ;
- violet de bromocrésol : 5,2 – 6,8 ;
- bleu de bromothymol : 6,0 – 7,6.

Références : les exercices de ce sujet sont extraits des ouvrages suivants : *DéfiBAC, Physique-Chimie, Tle S* (Ed. Bordas), *ABC du BAC, Physique-Chimie spécifique et spécialité* (Ed. Nathan), *Physique-chimie, Tle S, 2012* (Ed. Nathan).