

Exercice 01

Lutter contre le tartre

D'après Baccalauréat

Dans les lave-linge, les dépôts de tartre sont nombreux. Ils sont constitués essentiellement de carbonate de calcium, de formule $\text{CaCO}_3(\text{s})$. Ils se dissolvent à l'aide de détartrants contenant des ions oxonium. L'équation de la réaction est : $2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\ell)$

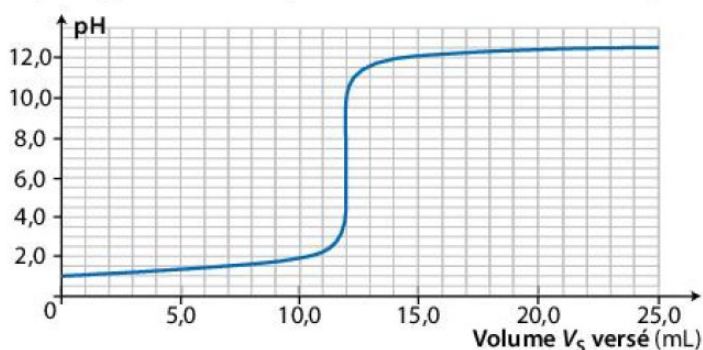
A Tambour à détartrer

La surface extérieure d'un tambour de lave-linge est recouverte de tartre sur une épaisseur e de 10 mm. On considère que le volume V de la couche de tartre est égal au produit de l'aire de la surface extérieure S du tambour par l'épaisseur e de la couche.



B Caractéristique d'un détartrant commercial

Le titrage suivi par pH-métrie d'un volume $V_S = 10,0$ mL d'une solution S, obtenue par dilution au $1/20^{\text{e}}$ du détartrant par une solution de concentration $C_B = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ en hydroxyde de sodium permet d'obtenir la courbe ci-après.



1. Déterminer la concentration en ions $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ de la solution diluée S.
2. Un flacon, contenant 750 mL de détartrant, suffit-il pour détartrer totalement le tambour du lave-linge ?

Données

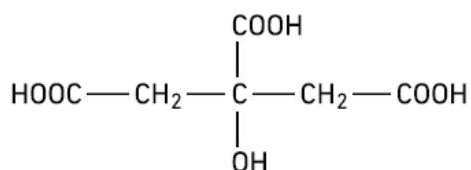
- Masse volumique : $\rho(\text{CaCO}_3) = 2,65 \times 10^6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$.
- Masse molaire : $M(\text{CaCO}_3) = 100,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- Aire de la surface extérieure totale d'un cylindre fermé de rayon R et de hauteur h : $2\pi R^2 + 2\pi R \times h$.
- Couples acide-base : $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\ell)$; $\text{H}_2\text{O}(\ell) / \text{HO}^-(\text{aq})$.

Exercice 02

Titrage de l'acide citrique d'une limonade

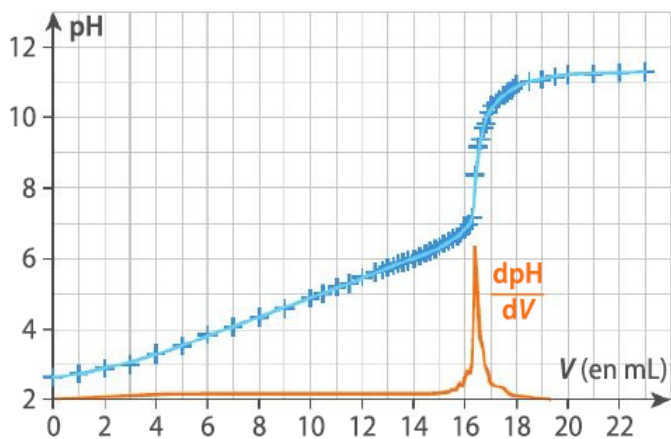
Justifier un protocole • Exploiter un graphique

Une limonade est une boisson gazeuse qui contient, entre autres, de l'acide citrique commercialisé sous le code E303. Sa formule met en évidence trois groupes carboxyle :



Protocole de titrage

- Chauffer la limonade à reflux pendant environ 20 minutes afin de la dégazer.
- Remplir la burette d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c_b = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
- Prélever $V = 10,0 \text{ mL}$ de limonade dégazée, les verser dans un bécher et ajouter 50 mL d'eau distillée.
- Réaliser le titrage avec un suivi pH-métrique de la solution obtenue par la solution de soude. On obtient la courbe de titrage ci-dessous.



Donnée Masse molaire de l'acide citrique : $M = 192 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

- a. Sachant que le gaz dissous est du dioxyde de carbone, pourquoi est-il nécessaire de dégazer la limonade avant le titrage ?
 - b. Identifier le réactif titré et le réactif titrant.
 - c. Recopier la formule semi-développée de l'acide citrique et entourer les fonctions acides carboxyliques. Pourquoi est-il qualifié de triacide ?
- a. Faire le schéma légendé du montage de titrage.
 - b. En notant l'acide citrique AH_3 , écrire la réaction support du titrage sachant qu'il se forme l'ion A^{3-} correspondant.
 - c. Déterminer le volume équivalent V_E du titrage en expliquant la méthode employée.
 - d. En déduire la concentration en quantité de matière et la concentration en masse en acide citrique de la limonade.

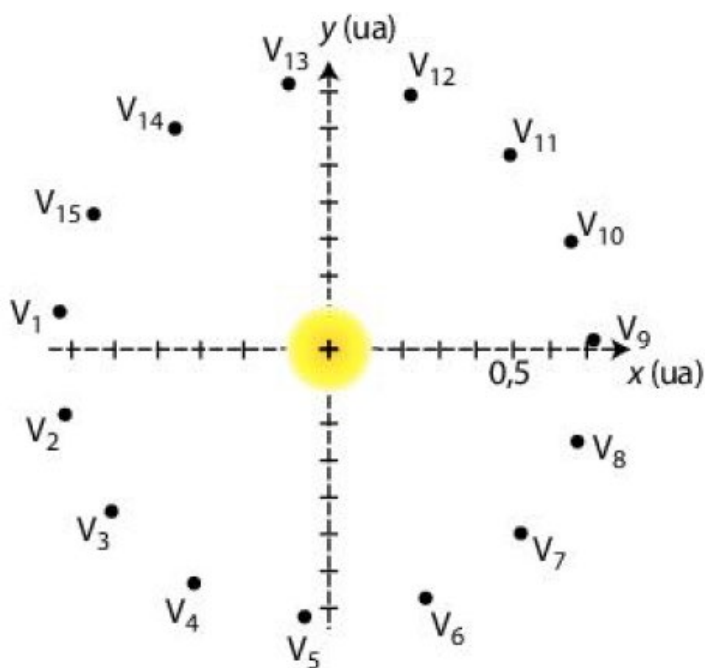
Exercice 03

Le mouvement de Vénus

Vénus, deuxième des huit planètes du Système solaire en partant du Soleil, est la sixième par masse ou par taille décroissante. La distance Vénus-Soleil est voisine de 0,72 ua. Sa trajectoire autour du Soleil est quasiment circulaire.



Le site de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides permet d'obtenir, pour une durée au choix, la trajectoire de Vénus dans un référentiel donné. Ci-dessous sont représentées les positions de Vénus tous les 15 jours entre le 1^{er} septembre 2019 (V_1) et le 29 mars 2020 (V_{15}).



1. a. Dans quel référentiel le mouvement de Vénus est-il étudié ?

b. Utiliser le schéma fourni pour vérifier la cohérence entre les informations extraites du pointage et celles du texte.

2. On suppose que la vitesse de Vénus autour du Soleil a une valeur constante $v = 34 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$.

a. Construire en V_2 et en V_3 les vecteurs vitesse \vec{v}_2 et \vec{v}_3 en précisant l'échelle utilisée.

b. Construire en V_3 le vecteur accélération \vec{a}_3 de Vénus en précisant l'échelle utilisée.

c. Indiquer les caractéristiques (direction, sens et valeur) de ce vecteur.

3. a. Exprimer la force gravitationnelle \vec{F} exercée par le Soleil sur Vénus.

b. Par application de la deuxième loi de Newton, exprimer le vecteur accélération \vec{a} et calculer sa valeur.

c. Vérifier alors le caractère galiléen du référentiel.

Données

- $1 \text{ ua} = 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$.
- Masse de Vénus : $m_V = 4,9 \times 10^{24} \text{ kg}$.
- Masse du Soleil : $m_S = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$.
- Constante universelle de gravitation :
 $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

Exercice 01

Lutter contre le tartre

1. Par la méthode des dérivés, on détermine le volume versé à l'équivalence ; V_E est égal à 12,0 mL.

À l'équivalence : $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{HO}^-)$, soit :

$$C_S(\text{H}_3\text{O}^+) \times V_S = C_B \times V_E \text{ et } C_S(\text{H}_3\text{O}^+) = C_B \times \frac{V_E}{V_S} = 1,2 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

La concentration C_a en ions H_3O^+ du détartrant est donc :

$$C_a = 20 \times C_S(\text{H}_3\text{O}^+) = 2,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

2. • Évaluation du volume de tartre :

$$V_{\text{tartre}} = e_{\text{tartre}} \times S_{\text{tartre}} \text{ avec } S_{\text{tartre}} = 2\pi R^2 + 2\pi R h$$

$$\text{soit } V_{\text{tartre}} = 2,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3.$$

• Détermination de la quantité de carbonate de sodium $n(\text{CaCO}_3)$:

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{\rho V_{\text{tartre}}}{M(\text{CaCO}_3)} = 0,53 \text{ mol}.$$

• Détermination de la quantité d'ions hydronium H_3O^+ nécessaire :

$$\text{À l'équivalence : } \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)}{2} = n(\text{CaCO}_3)$$

$$\text{soit } n(\text{H}_3\text{O}^+) = 2 \times n(\text{CaCO}_3) = 1,1 \text{ mol}.$$

• Détermination du volume V_0 de détartrant à utiliser :

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = C_a \times V_0 \text{ soit } V_0 = \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)}{C_a} = 441 \text{ mL} ;$$

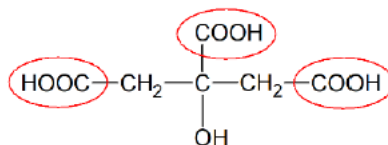
donc $V_0 < 750 \text{ mL}$, le flacon est suffisant pour détartrer totalement tout le tambour.

Exercice 02

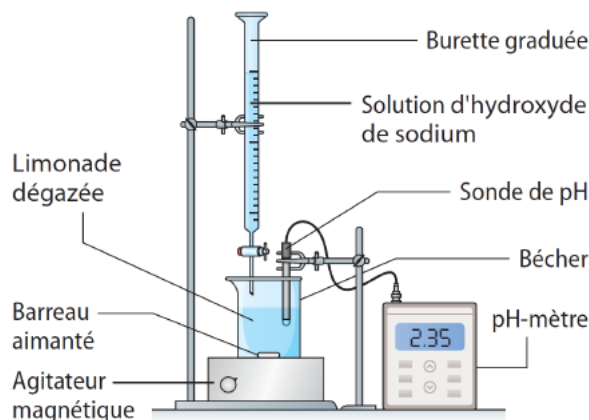
1. a. Le dioxyde de carbone dissous dans l'eau a des propriétés acides, il peut réagir avec la solution titrante qui est une base. Il est donc nécessaire de dégazer la limonade avant le titrage.

b. Le réactif titré est l'acide citrique de la limonade et le réactif titrant, l'ion HO^- d'hydroxyde de sodium.

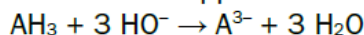
c. L'acide citrique présente trois fonctions acides carboxyliques, il se comporte comme trois acides distincts.



2. a. Schéma du montage du titrage pH-métrique :



b. Réaction support du titrage :



c. On peut trouver le volume équivalent à l'aide de la méthode de la dérivée : $V_E = 16,5 \text{ mL}$.

d. Soit c la concentration de l'acide citrique et c_m sa concentration en masse.

La quantité de matière d'ions hydroxyde apportée à l'équivalence est $c_B V_E$ et est égale à trois fois celle d'acide citrique initialement présent dans le prélèvement de solution titrée (cV), d'après la stœchiométrie de la réaction support du titrage.

D'où $c_B V_E = 3cV$

$$\text{soit } c = \frac{c_B V_E}{3V} = \frac{0,030 \times 16,5}{3 \times 10,0} = 1,6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{et } c_m = cM = 1,6 \times 10^{-2} \times 192 = 3,1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Exercice 03

Le mouvement de Vénus

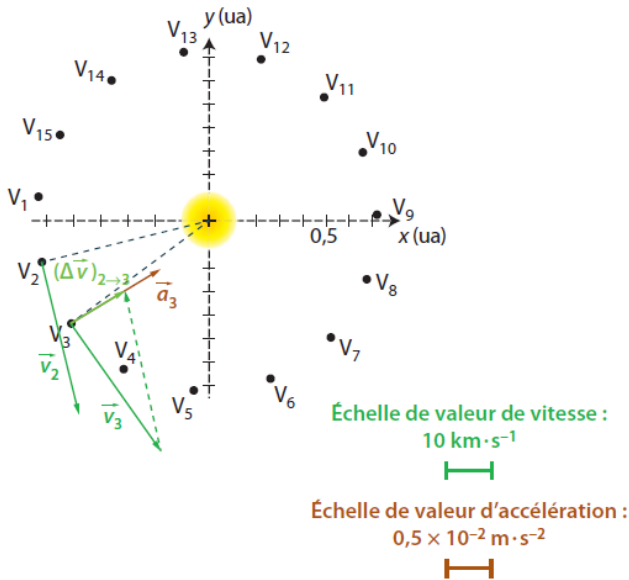
1. a. Le mouvement de Vénus est étudié dans le référentiel héliocentrique, supposé galiléen.

b. L'orbite est quasi circulaire comme on peut le constater en traçant un cercle depuis le centre attracteur (Soleil), origine du repère.

Graphiquement, on vérifie bien que $R \approx 0,72$ ua.

2. a. Les vecteurs vitesse \vec{v}_2 et \vec{v}_3 sont tangents à la trajectoire, dirigés dans le sens du mouvement et de valeur $v_2 = v_3 = 34 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$. On les représente par des segments fléchés 3,4 fois plus longs que le segment d'échelle des valeurs de vitesse.

b. On construit en V_3 le vecteur variation de vitesse $(\Delta\vec{v})_{2 \rightarrow 3}$:
 - on reporte le vecteur $-\vec{v}_2$ à l'extrémité de \vec{v}_3 ;
 - on construit le vecteur qui a pour origine V_3 et pour extrémité $-\vec{v}_2$.



Sur la construction et en tenant compte de l'échelle, on mesure $(\Delta v)_{2 \rightarrow 3} = 14 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$.

La valeur de \vec{a}_3 est donnée par $a_3 = \frac{(\Delta v)_{2 \rightarrow 3}}{\Delta t}$.

$$a_3 = \frac{14 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{15 \times 24 \times 3600 \text{ s}} \text{ soit } a_3 = 1,1 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

On représente ce vecteur par un segment fléché 2,2 fois plus long que le segment d'échelle des valeurs d'accélération.

c. Le vecteur accélération \vec{a}_3 a même direction et même sens que le vecteur variation de vitesse $(\Delta\vec{v})_{2 \rightarrow 3}$ et pour valeur :

$$a_3 = 1,1 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

Remarques

- Le vecteur accélération est pratiquement orienté vers le centre de la trajectoire. L'écart provient de l'approximation dans le calcul de l'accélération en V_3 qui est en fait une accélération moyenne entre V_2 et V_3 .

- Le mouvement de Vénus autour du Soleil étant presque circulaire uniforme, le vecteur accélération de Vénus n'a qu'une composante normale dans un repère de Frenet défini en chaque position. Sa valeur en V_3 est donc donnée par la relation $a_3 = \frac{v_3^2}{R}$. On retrouve

$a_3 = 1,1 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Il y a accord avec la détermination graphique.

3. a. La force gravitationnelle exercée par le Soleil sur Vénus a pour expression : $\vec{F} = G \times \frac{m_S \times m_V}{R^2} \vec{u}_{V \rightarrow S}$ où $\vec{u}_{V \rightarrow S}$ est un vecteur unitaire dirigé suivant la droite (VS) et orienté vers le centre du Soleil.

b. D'après la deuxième loi de Newton appliquée à Vénus dans le référentiel héliocentrique supposé galiléen $\sum \vec{F} = m_V \vec{a}$.

En admettant que la force gravitationnelle exercée par le Soleil est la seule force qui s'exerce sur Vénus, il vient :

$$G \times \frac{m_S \times m_V}{R^2} \vec{u}_{V \rightarrow S} = m_V \vec{a}, \text{ soit } \vec{a} = G \times \frac{m_S}{R^2} \vec{u}_{V \rightarrow S}.$$

La valeur de l'accélération est $a = G \times \frac{m_S}{R^2}$.

$$a = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \frac{2,0 \times 10^{30} \text{ kg}}{(0,72 \times 1,5 \times 10^{11} \text{ m})^2}$$

$$a = 1,1 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

c. La valeur obtenue par construction est en accord avec celle déterminée à partir de la deuxième loi de Newton. Ainsi, la deuxième loi de Newton est vérifiée, le référentiel d'étude peut donc être considéré comme galiléen.