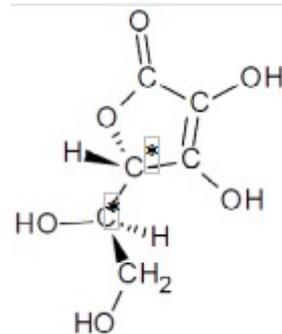


EXERCICE I

1. Étude de la molécule d'acide ascorbique

1.1. Groupe (a) : famille des esters ; groupe (b) famille des alcools.

1.2.1. Un atome de carbone asymétrique est lié à quatre substituants différents. Ainsi, la molécule de vitamine C possède deux atomes de carbone asymétriques repérés par un astérisque ci-contre.



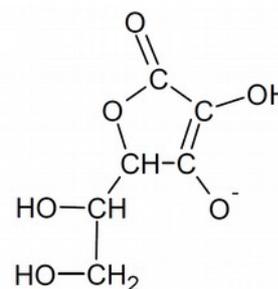
1.2.2. Les **représentations 1 et 2** sont images l'une de l'autre dans un miroir plan et sont non superposables : elles forment un couple d'**énantiomères**.

Seule la configuration d'un carbone asymétrique change entre les représentations 2 et 3 : ce sont des diastéréoisomères (stéréoisomères qui ne sont pas énantiomères : même enchaînement d'atomes, représentations spatiales différentes mais ne sont pas images l'une de l'autre dans un miroir).

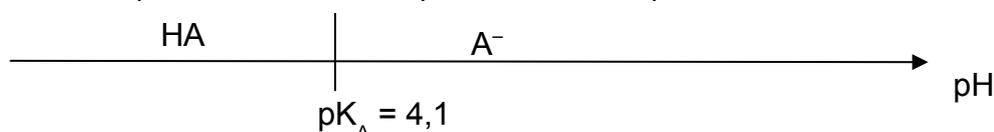
De même, les représentations 1 et 3 sont des diastéréoisomères

(c'est la configuration de l'autre C* qui change).

1.3. Pour déterminer la formule de l'ion ascorbate, base conjuguée de l'acide ascorbique, il faut enlever le proton H⁺ responsable de l'acidité (voir énoncé) :



1.4. Diagramme de prédominance du couple acide ascorbique HA / ion ascorbate A⁻ :



Ainsi, sur la langue (5,5 < pH < 6,1), c'est l'ion ascorbate qui prédomine.
 Dans l'estomac (pH ≈ 1,5), c'est l'acide ascorbique qui prédomine.

2. Vérification de la masse d'acide ascorbique dans un comprimé

2.1. Il s'agit du protocole d'une dissolution :

- Dans un mortier, broyer un comprimé de vitamine C.
- À l'aide d'un entonnoir, verser la poudre dans une fiole jaugée de 200,0 mL.
- Rincer le mortier et l'entonnoir à l'eau distillée et récupérer les eaux de rinçage pour n'avoir aucune perte.
- Verser de l'eau distillée jusqu'aux 2/3 du trait de jauge, boucher et agiter jusqu'à dissolution complète.
- Compléter la fiole jaugée jusqu'au trait de jauge.
- Boucher et agiter.

2.2. Le réactif titré est l'acide ascorbique HA (acide), le réactif titrant est HO⁻ (base présente dans la solution d'hydroxyde de sodium).

L'équation de la réaction acido-basique support de titrage est : HA_(aq) + HO⁻_(aq) → A⁻_(aq) + H₂O_(l)

2.3. À l'équivalence, le réactif titré HA et le réactif titrant HO⁻ ont totalement disparu car ils ont été

introduits dans les proportions stoechiométriques de l'équation de titrage, soit : $\frac{n(\text{HA})_{\text{titré}}}{1} = \frac{n(\text{HO}^-)_{\text{versé}}}{1}$

Le volume V = 200 mL de solution A contient un comprimé entier d'acide ascorbique HA soit une masse

$m(\text{HA})_{\text{dissous}}$, donc le volume V_A = 20,0 mL = $\frac{V}{10}$ de solution titrée contient $\frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{10}$.

$$\frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{10.M(\text{HA})} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}} \text{ Ainsi } n(\text{HA})_{\text{titré}} = \frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{M(\text{HA})} = \frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{10.M(\text{HA})}$$

$$\frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{10.M(\text{HA})} = n(\text{HA})_{\text{titré}} = \frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{M(\text{HA})} = \frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{10.M(\text{HA})}$$

Finalelement : $V_E = \frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{10.M(\text{HA}).C_B} = C_B \cdot V_E$

L'emballage indique la masse d'acide ascorbique $m(\text{HA}) = 250 \text{ mg}$.

$$V_E = \frac{250 \times 10^{-3}}{10 \times 176,1 \times 0,100} = 1,42 \times 10^{-3} \text{ L} = 1,42 \text{ mL}, \text{ ce volume versé à l'équivalence est trop faible. La}$$

solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ ne convient pas.

Pour augmenter V_E , il faut diminuer C_B (avec m et M constantes). La solution disponible au laboratoire est trop concentrée.

Pour obtenir un volume équivalent de l'ordre de $V_E \approx 10 \text{ mL}$, il faut diluer la solution titrante environ d'un facteur 10. Alors V_E sera égal à 14,2 mL.

(On peut remarquer ensuite qu'à la question 2.5., $C_B = 1,50 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ elle a été divisée par environ 7).

2.4. Avant l'équivalence : À chaque fois qu'une molécule AH est consommée par un ion HO^- , un ion spectateur Na^+ est ajouté au milieu réactionnel et un ion A^- se forme.

La solution devient de plus en plus concentrée en ions, sa conductivité augmente.

On obtient une droite de pente positive.

Au-delà de l'équivalence : Il n'y a plus de molécules HA. La concentration en ion HO^- et Na^+ augmente après chaque ajout (et celle de A^- ne varie pas) donc la conductivité augmente.

On obtient une droite de pente positive.

Cependant, avant l'équivalence, l'augmentation de conductivité est due à Na^+ et A^- tandis qu'après l'équivalence, l'augmentation de conductivité est due à Na^+ et HO^- .

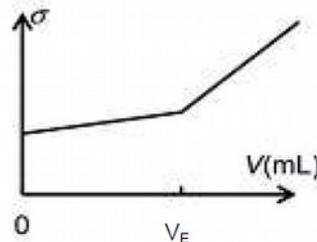
Comme les ions OH^- conduisent mieux le courant que les ions A^- ($\lambda(\text{HO}^-) > \lambda(\text{A}^-)$)

), la pente de la droite est encore plus élevée.

La courbe 2 correspond à ce titrage.

$$2.5.1. \frac{U(m_{\text{exp}})}{m_{\text{exp}}} = \sqrt{\left(\frac{U(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U(C_B)}{C_B}\right)^2}$$

$$\frac{U(m_{\text{exp}})}{m_{\text{exp}}} = \sqrt{\left(\frac{0,2}{9,1}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{1,50}\right)^2} = 0,0257 \approx 2,6 \%$$



2.5.2. L'incertitude vaut $U(m_{\text{exp}}) = 0,0257 \times m_{\text{exp}} = 0,0257 \times 245 = 6,298 \text{ mg} \approx 7 \text{ mg}$

(En général pour l'incertitude on ne conserve qu'un seul chiffre significatif et on arrondit par excès) donc $m_{\text{exp}} = 245 \pm 7 \text{ mg}$

Ce résultat est bien conforme à l'indication du fabricant (250 mg) car celle-ci est comprise dans l'intervalle de confiance [238 ; 252]

L'écart peut s'expliquer par plusieurs sources d'erreurs possibles :

- Perte de solide lors du broyage dans le mortier et du transvasement dans la fiole jaugée,
- Trait de jauge de la fiole jaugée mal repéré,
- Erreur sur la concentration C_B de la solution titrante,
- Erreur lors du prélèvement V_A (2 traits de jauge)
- Imprécision lors de la détermination du volume équivalent V_E .

3. Vérification de la masse d'ion ascorbate dans un comprimé

3.1. L'ion ascorbate étant une base, on peut réaliser un titrage avec un acide fort : seul l'acide

chlorhydrique peut être utilisé comme réactif titrant ici.

$$3.2. \text{ La quantité d'ion ascorbate est } n(A^-) = \frac{m(A^-)}{M(A^-)} = \frac{m(\text{NaA})}{M(\text{NaA})}$$

$$n(A^-) = \frac{285 \times 10^{-3}}{198,1} = 1,44 \times 10^{-3} \text{ mol d'ions ascorbate}$$

Dans l'estomac, l'ion ascorbate se transforme en acide ascorbique donc une mole d'ions ascorbate conduit à la formation d'une mole d'acide ascorbique : $n(A^-) = n(\text{HA})$

Soit une masse d'acide ascorbique $m(\text{HA}) = n(A^-) \cdot M(\text{HA})$

$$m(\text{HA}) = \frac{285 \times 10^{-3}}{198,1} \times 176,1 = 0,253 \text{ g} = 253 \text{ mg}$$

En rajoutant cette masse à celle de l'acide ascorbique déjà présente dans un comprimé, on arrive bien à (environ) 500 mg d'acide ascorbique.

3.3. Cette formulation de la vitamine C présente l'avantage d'être moins acide donc moins agressive pour l'organisme qu'un comprimé contenant directement 500 mg d'acide ascorbique.

Rq : cette formulation est dite « tamponnée » car elle présente les propriétés d'une solution tampon : faible variation du pH lors d'ajout modéré d'acide ou de base ou par dilution.

On peut d'ailleurs estimer que comme $[\text{HA}] \approx [\text{A}^-]$, le pH de la solution A est proche du $\text{p}K_A$ du couple soit 4,1.

EXERCICE II

1. Isolant thermique : faire le bon choix

1.1. Le transfert thermique s'effectue de la maison de température $\theta_2 = 20^\circ\text{C}$ (source chaude) vers le grenier de température $\theta_1 < \theta_2$ (source froide).

1.2. La valeur du flux thermique est égale à : $\Phi = \frac{\theta_2 - \theta_1}{R}$

$$\Phi = \frac{20 - 5,0}{7,5 \times 10^{-3}} = 2,0 \times 10^3 \text{ W} = \mathbf{2,0 \text{ kW}}$$

1.3. Pour isoler correctement, Frédéric doit choisir le matériau conduisant le moins facilement la chaleur, donc le matériau dont la conductivité thermique λ est la plus faible : **le polystyrène extrudé**.

1.4. D'après l'énoncé, si on colle une paroi sur le sol du grenier, la résistance totale sera la somme de la résistance du sol et de celle de la paroi : $R_{\text{tot}} = R_{\text{sol}} + R_{\text{paroi}}$.

$$\text{Calculons } R_{\text{paroi}} : R_{\text{paroi}} = R_{\text{tot}} - R_{\text{sol}} = 6,3 \times 10^{-2} - 7,5 \times 10^{-3} = 6,3 \times 10^{-2} - 0,75 \times 10^{-2} = \mathbf{5,6 \times 10^{-2} \text{ K.W}^{-1}}$$

1.5.1. La relation entre résistance thermique et conductivité thermique est : $R = \frac{e}{\lambda \cdot S}$

Vérifions la par analyse dimensionnelle :

e est une longueur : $\dim(e) = L$

S est une surface : $\dim(S) = L^2$

λ est une conductivité thermique exprimée en $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$: d'après les unités, $\dim(\lambda) = \text{P.L}^{-1}.\theta^{-1}$.

R est une résistance thermique exprimée en K.W^{-1} : d'après les unités, $\dim(R) = \theta.\text{P}^{-1}$

$$\text{Vérifions la dimension de } \frac{e}{\lambda \cdot S} : \dim\left(\frac{e}{\lambda \cdot S}\right) = \frac{L}{\text{P.L}^{-1}.\theta^{-1}.L^2} = \frac{L}{\text{P.L}.\theta^{-1}} = \theta.\text{P}^{-1}$$

$$\text{On vérifie bien que } \dim\left(\frac{e}{\lambda \cdot S}\right) = \dim(R)$$

1.5.2. Epaisseur minimale du panneau du matériau :

$$R_{\text{paroi}} \geq 5,6 \times 10^{-2} \text{ K.W}^{-1}$$

$$\frac{e}{\lambda \cdot S} \geq 5,6 \times 10^{-2} \quad e \geq 5,6 \times 10^{-2} \times \lambda \times S \quad e \geq 5,6 \times 10^{-2} \times 0,033 \times 80 \quad e \geq 0,15 \text{ m}$$

L'épaisseur minimale du panneau doit être de 0,15 m soit **15 cm**.

2. Principe d'un chauffe-eau solaire

2.1. Les trois modes de transfert thermique sont :

- **conduction** : elle nécessite un milieu matériel. L'énergie est transportée de proche en proche, généralement dans un solide, sans déplacement de matière.
- **convection** : elle nécessite un milieu matériel. L'énergie est transportée par des mouvements de matière, au sein d'un gaz ou d'un liquide.
- **rayonnement** : elle ne nécessite pas de milieu matériel. L'énergie est transportée par des ondes électromagnétiques.

2.2. Mode de transfert thermique qui intervient :

- au niveau du capteur solaire (1), c'est le **rayonnement** car le capteur reçoit le rayonnement électromagnétique provenant du Soleil,
- au niveau de l'échangeur thermique (3), c'est la **conduction** car l'énergie traverse la paroi solide de l'échangeur thermique,
- à l'intérieur du ballon de stockage (5), c'est la **convection** : l'énergie est transportée par le mouvement de l'eau sanitaire.

2.3. L'énergie interne est liée à l'agitation thermique des molécules d'eau. Plus la température est élevée, plus l'agitation thermique est importante : l'énergie interne augmente donc avec la température.

3. Bilan thermique

3.1. Les micro-ondes sont des ondes électromagnétiques dont la fréquence f est égale à $2,45 \times 10^9$ Hz.

3.2. La longueur d'onde des micro-ondes du four est : $\lambda = \frac{c}{f}$

$$\lambda = \frac{3,00 \times 10^8}{2,45 \times 10^9} = \mathbf{0,122 \text{ m}}$$

3.3. $V = 250 \text{ mL} = 0,250 \text{ L}$ et $\Delta\theta = 90 - 10 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$.
La variation d'énergie interne de l'eau est égale à : $\Delta U = m \cdot C_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta$

Or $m = \rho_{\text{eau}} \cdot V$ ainsi $\Delta U = \rho_{\text{eau}} \cdot V \cdot C_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta$

$\Delta U = 1,00 \times 0,250 \times 4180 \times 80 = 8,36 \times 10^4 = \mathbf{8,4 \times 10^4 \text{ J}}$ avec 2 chiffres significatifs.

3.4. En admettant que toute la puissance du four serve à chauffer l'eau, la durée de chauffage sera :

$$E = P \cdot \Delta t \quad \Delta t = \frac{E}{P} = \frac{\Delta U}{P} \quad \Delta t = \frac{8,4 \times 10^4}{900} = \mathbf{93 \text{ s}}, \text{ soit un peu plus d'une minute et demie.}$$

EXERCICE II

1. La mesure du temps par Galilée

1.1.

- À l'aide d'une analyse dimensionnelle, retrouvons la bonne expression de la période propre parmi celles proposées dans le document 2.

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad \dim(T_0) = \dim\left(\sqrt{\frac{\ell}{g}}\right) \quad \dim(T_0) = \dim(\ell^{1/2} \cdot g^{-1/2}) \quad \dim(T_0) = 1 \cdot L^{1/2} \cdot \dim(g^{-1/2})$$

g est l'accélération de la pesanteur, exprimée en $m \cdot s^{-2}$; g est homogène à une accélération.

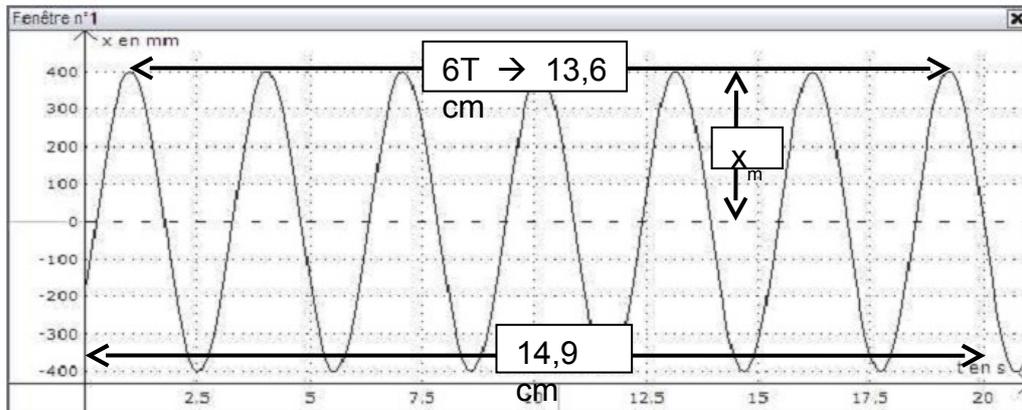
$$\dim(T_0) = L^{1/2} \cdot (L \cdot T^{-2})^{-1/2} = L^{1/2} \cdot L^{-1/2} \cdot T^1 = L^0 \cdot T \quad \dim(T_0) = T$$

L'expression $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ est homogène à une durée.

- Calcul de la période du pendule de Galilée : $m = 50 \text{ g}$, $\ell = 4 \text{ coudées} = 4 \times 0,573 = 2,292 \text{ m}$

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{2,292}{9,81}} = \mathbf{3,04 \text{ s}}$$

- Détermination expérimentale de la période du pendule :



Pour plus de précision, on mesure plusieurs périodes T .

$$14,9 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ s}$$

$$13,6 \text{ cm} \rightarrow 6T \quad \text{Donc } T = \frac{20 \times 13,6}{6 \times 14,9} = \mathbf{3,04 \text{ s}}$$

- Conclusion : Le pendule réalisé aurait pu être celui de Galilée puisqu'il possède exactement la même période que celui-ci.

1.2.1. On détermine sur le document 3, l'amplitude $x_m = 400 \text{ mm}$.

$$\sin \alpha_m = \frac{x_m}{\ell} \quad \alpha_m = \arcsin\left(\frac{x_m}{\ell}\right) \quad \alpha_m = \arcsin\left(\frac{400 \times 10^{-3}}{4 \times 0,573}\right) = \mathbf{10,1^\circ}$$

$$1.2.2. E_{Cmax} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{max}^2 \quad v_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{Cmax}}{m}}$$

La fenêtre n°2 du document 3, montre que l'énergie cinétique maximale vaut

$$E_{Cmax} = 17,2 \text{ mJ}$$

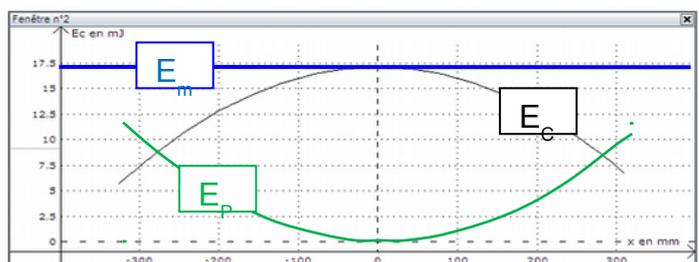
$$\text{(Raisonnement : } 5,0 \text{ cm} \rightarrow 17,5 \text{ mJ} \\ 4,9 \text{ cm} \rightarrow E_{Cmax} \text{ mJ)}$$

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 17,2 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}}} = \mathbf{0,83 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

1.2.3.

$$E_m = E_C + E_P$$

En l'absence de frottements, l'énergie mécanique se conserve.



$$E_m = Cte = E_{Cmax}$$

2. La molécule d'ammoniac.

$$2.1. f = 24 \times 10^9 \text{ Hz} = 24 \text{ GHz}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

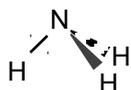
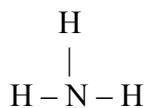
$$T = \frac{1}{24 \times 10^9} = 4,2 \times 10^{-11} \text{ s} \quad \text{La molécule se retourne toutes les 42 picosecondes.}$$

2.2. Atome d'azote N (Z = 7) Formule électronique (K)²(L)⁵.

Schéma de Lewis de l'atome $\cdot\ddot{\text{N}}\cdot$
N possède un doublet non-liant et trois électrons célibataires

Atome d'hydrogène H (Z = 1) Formule électronique (K)¹
Schéma de Lewis de l'atome H \cdot H possède un seul électron célibataire

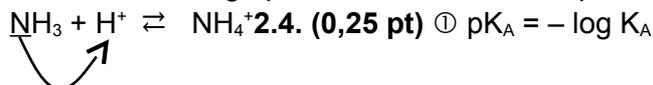
Formule de Lewis de la molécule d'ammoniac
Représentation de Cram



on la retrouve par analogie avec le parapluie



2.3. Mécanisme de formation de l'ion ammonium : L'atome d'azote est un site donneur de doublet d'électrons. Le proton H⁺ avec sa charge positive est un site accepteur de doublet d'électrons.



$$pK_A = -\log (5,6 \times 10^{-10}) = 9,3$$

La proposition pK_A = 10,2 est donc **fausse**.



Au regard de l'équation donnée en 2.3., on déduit le couple acide-base NH₄⁺ / NH₃.

L'acide NH₄⁺ cède un proton H⁺ à la base H₂O qui appartient au couple H₃O⁺/H₂O.

Cette proposition est **juste**.

③ Plus le pK_A est petit et plus l'acide est fort (plus il se dissocie dans l'eau facilement). Avec un pK_A élevé de 9,3, l'acide NH₄⁺ se dissocie peu dans l'eau.

Autre justification : Si la proposition 2 est juste, alors la double flèche de l'équation permet d'affirmer que la réaction de dissociation de NH₄⁺ est limitée, elle n'est pas totale.

La proposition est **fausse**.

④ Le couple NH₄⁺ / NH₃ possède un pK_A = 9,3.

Si pH < pK_A alors l'acide conjugué NH₄⁺ prédomine.

La proposition est donc **fausse**.