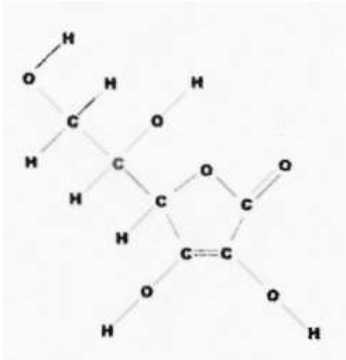
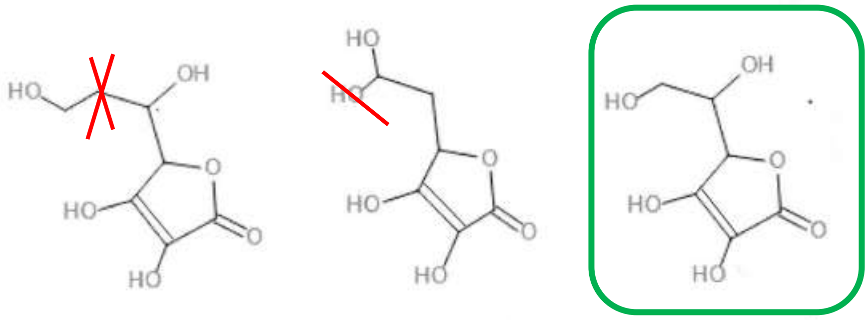
Bac Asie 2023 Jour 2 EXERCICE 1 – L'IMPORTANCE DE LA VITAMINE C (9 points)
Correction © https://labolycee.org



Partie A – Dégradation de la vitamine C dans un comprimé

L'acide ascorbique et ses couples acide-base

1. Parmi les trois propositions ci-dessous, indiquer celle qui correspond à la formule topologique de la vitamine C.



a) b) c)

La proposition c) convient.

Préparation de la solution titrante

2. On procède à une dilution.

Solution mère :
V_0 = ?
C_0 = 0,200 mol.L^{-1}

Solution fille :
V_B = 200,0 mL
C_B = 1,00×10^{-2} mol.L^{-1}

Au cours d'une dilution, il y a conservation de la quantité de soluté ainsi $n_0 = n_B$

$C_0.V_0 = C_B.V_B$

$$V_0 = \frac{C_B.V_B}{C_0}$$

$$V_0 = \frac{1{,}00\times10^{-2}\ \text{mol.L}^{-1}\times 200\ \text{mL}}{0{,}200\ \text{mol.L}^{-1}} = 10{,}0\ \text{mL}$$

3. Pour mesurer le volume à prélever V_0 on utilise une pipette jaugée de 10,0 mL.
Pour mesurer le volume de la solution fille V_B, on utilise une fiole jaugée de 200,0 mL.

Titrage de la solution S_A

4.Écrire l'équation de la réaction de support du titrage avec les notations simplifiées AH_2, AH^- et justifier qu'il s'agit d'une transformation acide-base au sens de Brønsted.

L'acide du couple AH_2/AH^- cède un proton H^+ à la base du couple H_2O/HO^-.

$AH_2 + HO^- \rightarrow AH^- + H_2O$

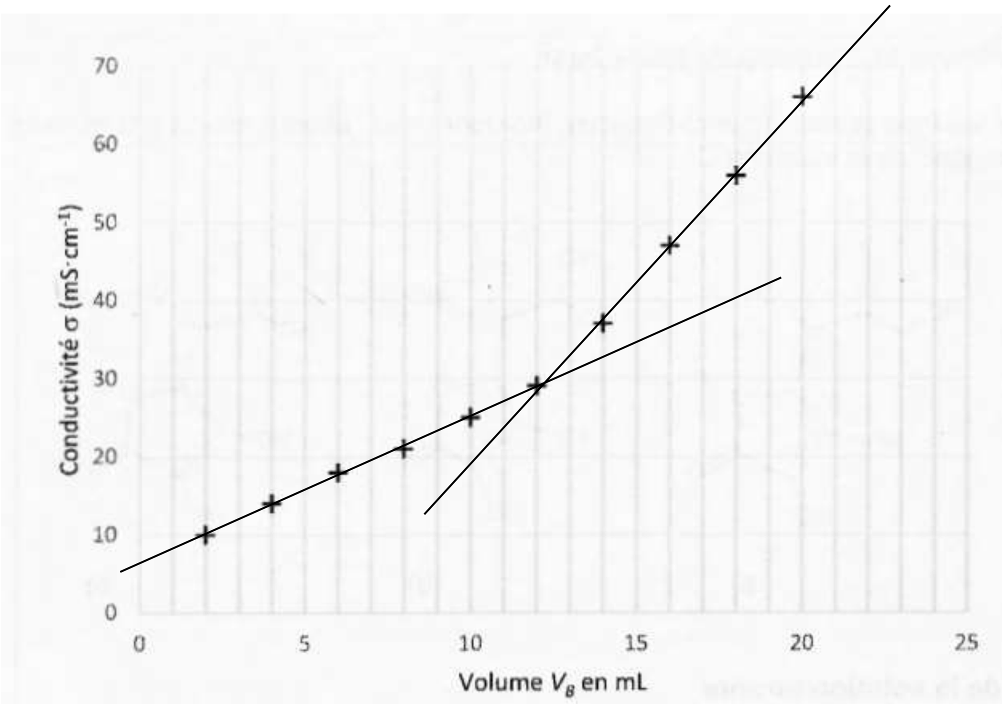
5. Justifier le changement de pente observé sur le graphique, en s'appuyant sur les conductivités molaires ioniques.

Avant l'équivalence des ions Na^+ sont apportés dans le milieu et des ions AH^- sont formés grâce à la consommation des ions HO^-. La conductivité augmente.

Au-delà de l'équivalence, les ions Na^+ continuent d'être ajoutés, et comme tout AH_2 a été consommé alors les ions HO^- ne sont plus consommés et il ne se forme plus d'ions AH^-. Les ions HO^- apparaissent dans le milieu. Comme $\lambda(HO^-) > \lambda(AH^-)$ alors la conductivité augmente plus fortement.

6. Déterminer le volume V_{BE} à l'équivalence.

On trace les deux droites moyennes passant au plus près des points expérimentaux. Le volume équivalent est égal à l'abscisse du point d'intersection. On lit V_{BE} = 12,0 mL



7. En déduire la valeur de la masse *m* de vitamine C dans le comprimé resté à l'air libre et vérifier que cette valeur est comprise entre 190 mg et 230 mg.
À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.
$n_{HO^-\ versée} = n_{AH2\ initiale}$ (*dans* V_A = 20,0 mL de la solution S_A)

$$C_B.V_{BE} = \frac{m_{AH_2}}{M_{AH_2}}$$

$m_{AH2} = C_B.V_{BE}.M_{AH2}$

Cette masse ne représente qu'un dixième de la masse du comprimé puisque l'on a titré seulement V_A = 20,0 mL des V = 200,0 mL de la solution S_A.
$m_{comprimé} = 10\ m_{AH2}$
$m_{comprimé} = 10 \times 1{,}00\times10^{-2} \times 12{,}0\times10^{-3} \times 176{,}1 = 0{,}211$ g = 211 mg, valeur cohérente avec l'encadrement proposé.

8. Justifier, à partir de l'information fournie par l'emballage au sujet de chaque comprimé, qu'une réaction de la vitamine C a bien eu lieu.
L'emballage indique une masse de 250 mg, or le titrage a démontré que le cachet ne contenait plus que 211 mg. Une partie de l'acide ascorbique a été consommée par une réaction qui a eu lieu à l'air libre.

Partie B – étude cinétique de la dégradation de la vitamine C dans un jus d'orange.
9. Écrire les demi-équations correspondant aux couples mis en jeu lors de la dégradation de la vitamine C par le dioxygène de l'air et montrer que l'équation de l'oxydation de la vitamine C s'écrit : 2 $C_6H_8O_6$(aq) + O_2(g) → 2 $C_6H_6O_6$(aq) + 2 H_2O(*l*)

Réduction du dioxygène: $O_2(g) + 4\ e^- + 4H^+ = 2\ H_2O(l)$
Oxydation de l'acide ascorbique: $C_6H_8O_6(aq) = C_6H_6O_6(aq) + 2\ H^+ + 2\ e^-$)X2

$2\ C_6H_8O_6(aq) + O_2(g) \rightarrow 2\ C_6H_6O_6(aq) + 2\ H_2O(l)$

10. Définir la vitesse volumique de disparition de la vitamine C.

$$v_{disp} = -\frac{d[C_6H_8O_6]}{dt}$$

11. À partir du graphique de la figure 2, décrire qualitativement l'évolution de la vitesse de disparition de la vitamine C en fonction du temps, à une température donnée, et faire le lien avec un facteur cinétique à préciser.

$\frac{d[C_6H_8O_6]}{dt}(t)$ est égale au coefficient directeur de la tangente à la courbe représentative de $[C_6H_8O_6]$ à la date t. La fonction $[C_6H_8O_6](t)$ est décroissante donc $\frac{d[C_6H_8O_6]}{dt}(t)$ a une valeur négative.

Initialement la tangente est très inclinée donc $\frac{d[C_6H_8O_6]}{dt}(t)$ a une valeur fortement négative, la vitesse de consommation est grande.

Après une durée élevée alors la tangente est presque horizontale alors $\frac{d[C_6H_8O_6]}{dt}(t)$ est presque nulle, la vitesse est nulle, la réaction est terminée.

La vitesse de disparition diminue au cours du temps.

Cela est dû au facteur cinétique concentration en réactif $C_6H_8O_6$.

La concentration diminue donc la vitesse diminue.

12. Déterminer graphiquement la vitesse volumique de disparition de la vitamine C à la température T_1 = 25°C à la date t_1 = 60 h. L'exprimer en $mmol.L^{-1}.h^{-1}$.

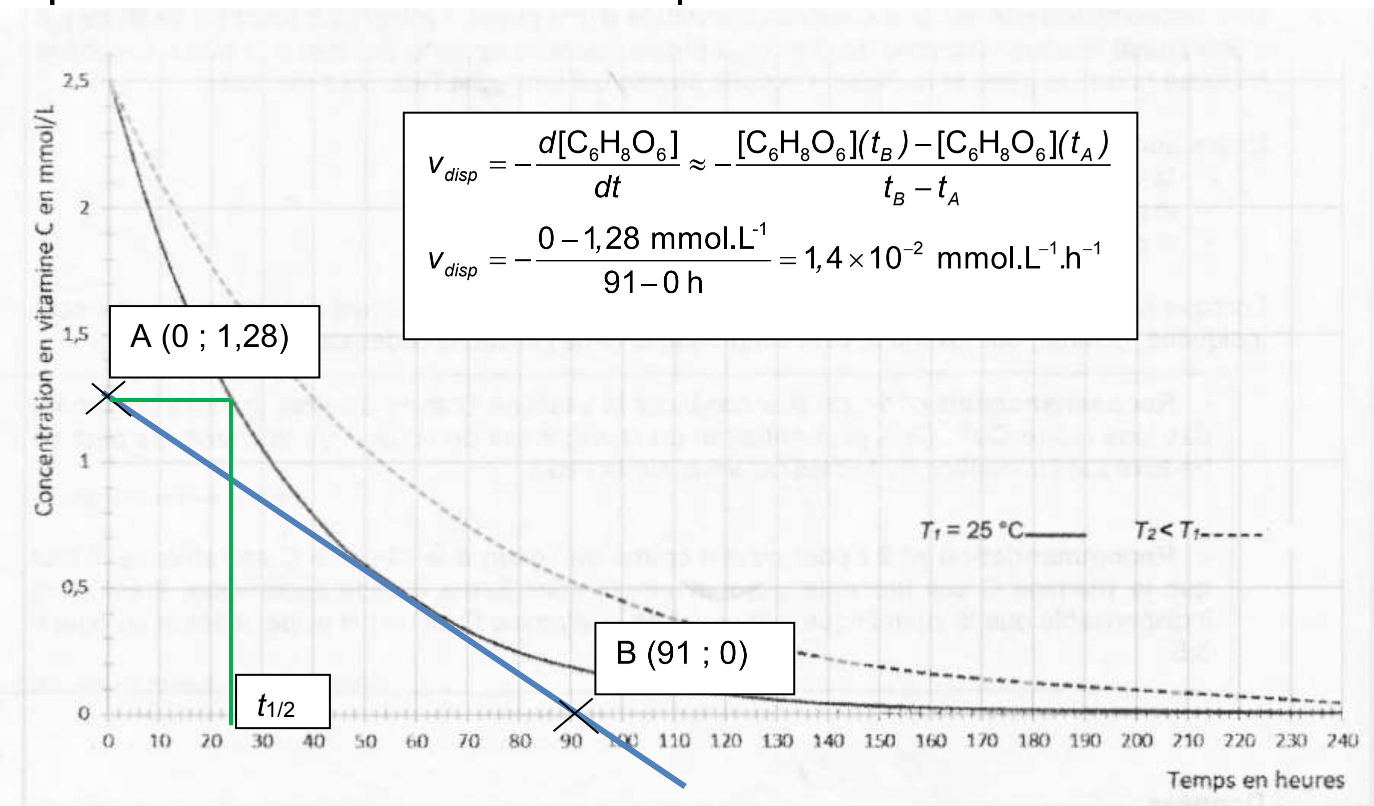


Figure 2 – Modélisation de l'évolution de la concentration en vitamine C au cours du temps dans le jus d'orange pour deux températures différentes

13. Déterminer graphiquement le temps $t_{1/2}$ de demi-réaction à la température T_1 = 25°C et vérifier que cette valeur est cohérente avec celle annoncée dans le texte introductif de la partie B.

À la date $t = t_{1/2}$, l'avancement est égal à la moitié de sa valeur finale.

La vitamine C est réactif limitant, le dioxygène est en excès.

Pour $t_{1/2}$ $[C_6H_8O_6]_{t1/2} = [C_6H_8O_6]_{initiale} / 2$, on lit graphiquement $t_{1/2}$ = 24 h.

14. À partir de la figure2, en comparant les deux courbes, donner un deuxième facteur cinétique, et indiquer pourquoi il est préférable de ne pas laisser le jus d'orange sur la table du petit déjeuner.

Les courbes montrent que la baisse de température conduit à augmenter la durée nécessaire pour que la vitamine C soit totalement consommée.

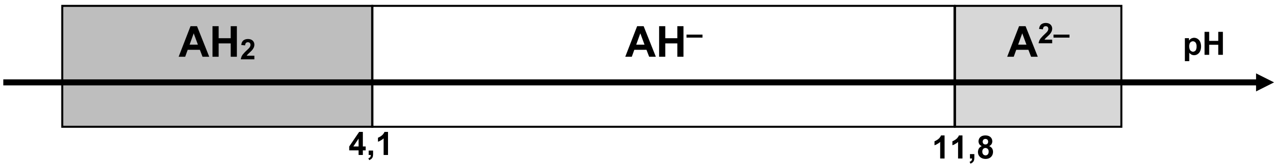
Le jus d'orange laissé sur une table se trouve à une température plus élevée que conservé au réfrigérateur ; ainsi la vitamine C sera consommée plus vite sur la table.

Partie C – Vitamine C dans les crèmes

15. Justifier le fait que des taches colorées peuvent apparaître, comme indiqué dans la recommandation n°1.

L'oxydation de la vitamine C par les ions cuivre Cu^{2+} conduit à la formation d'atomes de cuivre Cu qui doivent être responsables des taches colorées.

16. Établir le diagramme de prédominance pour les couples AH_2/AH^- et AH^-/A^{2-}.



17 Évaluer la valeur du rapport $\dfrac{[AH_2]}{[AH^-]}$ pour la valeur de *p*H indiquée et justifier la recommandation n°2 portant sur une valeur de *p*H à ne pas dépasser.

Le candidat est invité à présenter sa démarche et à faire preuve d'esprit critique.

$$pH = pK_{A2} + \log \frac{[AH^-]}{[AH_2]}$$

$$\log \frac{[AH^-]}{[AH_2]} = pH - pK_{A2}$$

$$\frac{[AH^-]}{[AH_2]} = 10^{pH - pKA2}$$

$$\frac{[AH_2]}{[AH^-]} = 10^{-pH + pKA2}$$

$$\frac{[AH_2]}{[AH^-]} = 10^{-3,5 + 4,1} = 10^{0,6} = 4$$ donc $[AH_2] = 4\ [AH^-]$ pour un *pH* de 3,5.

Comme l'indique la recommandation n°2, à un tel *p*H on a bien la vitamine C essentiellement sous sa forme acide. Cependant avec un *p*H plus acide on pourrait encore augmenter la proportion d'acide AH_2.

Par exemple avec un *p*H = 3,1, on aurait $[AH_2] = 10\ [AH^-]$, ce qui serait préférable.

Bac 2023 Asie Jour 2 EXERCICE 2 – UN SAUT PARFAIT (5,5 points)
Correction © https://labolycee.org

Partie A – étude théorique portant sur l'influence de l'ange α entre la rampe et le plan horizontal

1. Déterminer, à partir de la deuxième loi de Newton, les expressions littérales des coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse G du skieur.

En appliquant la **2ème loi de Newton** ($\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m \times \vec{a}$) au système {skieur} dans le référentiel terrestre considéré galiléen, sachant que le skieur est considéré en chute libre puisque tous les frottements sont négligés : $\vec{P} = m \times \vec{g} = m \times \vec{a}$ donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Donc $\vec{a}\begin{cases} a_x = g_x = 0 \\ a_z = g_z = -g \end{cases}$

2. Établir les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_z(t)$ du vecteur vitesse du centre de masse G et montrer que les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du centre de masse sont :

$$\overrightarrow{OG}\begin{cases} x(t) = v_0 \times (\cos\alpha) \times t \\ z(t) = -\dfrac{1}{2} g \times t^2 + v_0 \times (\sin\alpha) \times t + H_0 \end{cases}.$$

Par définition, $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$, on primitive les coordonnées de $\vec{a}$ pour obtenir les coordonnées de $\vec{v}$ en tenant compte des conditions initiales (C.I.) :

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \xrightarrow[\text{C.I. : } \vec{v_0}\begin{cases} v_{0x} = v_0 \times (\cos\alpha) \\ v_{0z} = v_0 \times (\sin\alpha) \end{cases}]{\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \text{ : on primitive}} \boxed{\vec{v}\begin{cases} v_x = v_0 \times (\cos\alpha) \\ v_z = -g \times t + v_0 \times (\sin\alpha) \end{cases}}$$

Par définition, $\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$, on primitive les coordonnées de $\vec{v}$ pour obtenir les coordonnées de $\overrightarrow{OG}$ en tenant compte des conditions initiales (C.I.) :

$$\vec{v}\begin{cases} v_x = v_0 \times (\cos\alpha) \\ v_z = -g \times t + v_0 \times (\sin\alpha) \end{cases} \xrightarrow[\text{C.I. : } \overrightarrow{OG_0}\begin{cases} x_0 = 0 \\ z_0 = H_0 \end{cases}]{\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt} \text{ : on primitive}} \overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0 \times (\cos\alpha) \times t + 0 \\ z = -\dfrac{1}{2} g \times t^2 + v_0 \times (\sin\alpha) \times t + H_0 \end{cases}$$

Durée du saut en fonction de l'angle α

3. Préciser la valeur de v_z à la date t_{Hmax} et en déduire que : $t_{H\,max} = \dfrac{v_0 \times \sin\alpha}{g}$.

Pour $t = t_{Hmax}$ on a $v_z = 0$

$-g \times t_{Hmax} + v_0 \times (\sin\alpha) = 0$

On retrouve bien $t_{H\,max} = \dfrac{v_0 \times \sin\alpha}{g}$.

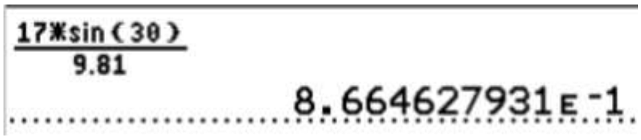
4. Préciser si l'on doit augmenter ou diminuer la valeur de l'angle α si l'on souhaite augmenter la valeur de t_{Hmax}.

Comme $t_{H\,max} = \dfrac{v_0 \times \sin\alpha}{g}$ avec α compris entre 0 et 90° où la fonction sinus est croissante, alors il faut augmenter α.

5. Donner une estimation de la durée totale du saut pour une inclinaison de la rampe de 30°.
Le sujet indique que la durée du saut est égale à deux fois la durée nécessaire pour atteindre la hauteur maximale.

$$t_{H\,max} = \frac{v_0 \times sin\,\alpha}{g}$$

$$t_{H\,max} = \frac{17 \times sin30}{9{,}81} = 0{,}87 \text{ s}$$



Donc la durée du saut étant double, elle est égale à 1,7 s.

Hauteur et portée maximales en fonction de l'angle α
6. Indiquer dans quel intervalle de valeurs doit théoriquement se trouver l'angle α pour continuer d'augmenter simultanément la hauteur et la portée tout en permettant d'envisager un saut d'une hauteur d'au moins 7 m.
La figure 2 montre qu'il faut que l'angle soit supérieur à 30° pour atteindre une hauteur d'au moins 7 m.
La figure 3 montre que la portée diminue à partir de 45°.
Ainsi l'intervalle est compris entre 30° et 45°.

Partie B – étude de la hauteur du saut à partir de l'étude énergétique
7. Identifier parmi les courbes A, B, C de la figure 4 celles représentant l'énergie cinétique, l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie mécanique. Justifier ces choix.
$E_p = m.g.z$ or au début du saut l'altitude z augmente donc E_p augmente, ce qui correspond à la courbe B (+).
$E_c = \frac{1}{2}.m.v^2$ or lors de la montée au début la vitesse diminue puis lors de la descente la vitesse augmente, ainsi l'énergie cinétique diminue puis augmente, c'est la courbe A (X).
Enfin $E_m = E_c + E_p$ correspond à la courbe C.

8. Expliquer en quoi les résultats expérimentaux permettent de considérer que l'action de l'air sur le skieur n'est pas négligeable.
La courbe C montre que l'énergie mécanique diminue au cours du temps. Le skieur est donc soumis à une force non conservative qui est sans aucun doute l'action de l'air.

9. Estimer la valeur de l'altitude maximale H_{max} du centre de masse du skieur.
$E_{pmax} = m.g.H_{max}$

$$H_{max} = \frac{E_{p\,max}}{m.g}$$

$$H_{max} = \frac{5{,}6 \times 10^3}{80 \times 9{,}81} = 7{,}1 \text{ m}$$

10. En s'appuyant sur des résultats expérimentaux tirés de la figure 4 de la partie B et sur l'étude théorique menée dans la partie A, donner une estimation de la portée du saut enregistré en précisant s'il s'agit d'une estimation par excès ou par défaut compte tenu des hypothèses formulées.
La figure 4 montre que la durée du saut est d'un peu moins de 2,1 s.
L'étude théorique nous donne $x = v_0 \times (\cos\alpha) \times t$.
Alors la portée vaut $x = 17 \times \cos(30) \times 2{,}1 = 31$ m.
L'équation horaire utilisée ne tient pas compte des frottements, donc en réalité la portée sera plus faible que celle calculée. Ainsi nous avons donné une estimation par excès.

EXERCICE III : ÉTUDE DES AGRÉGATS D'EAU (5,5 pts)

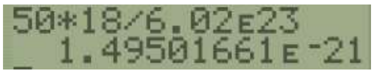
1. Masse m_1 d'un agrégat de N = 50 molécules d'eau, chacune de masse m_{eau} : $\boldsymbol{m_1 = N \times m_{eau}}$

Or : 1 molécule d'eau $\Leftrightarrow m_{eau}$

N_A molécules d'eau $\Leftrightarrow M$

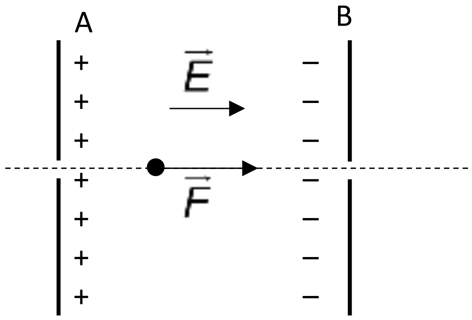
Donc : $m_{eau} = \dfrac{M}{N_A}$

D'où : $\boxed{m_1 = \dfrac{N \times M}{N_A}}$



Soit $m_1 = \dfrac{50 \times 18{,}0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}{6{,}02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}$ = **1,50×10^{-21} g = 1,5×10^{-24} kg.**

Il n'est pas possible de mesurer directement cette masse, car il est impossible d'isoler 50 molécules d'eau à l'échelle microscopique et de les peser avec une balance.

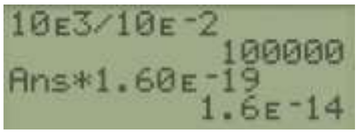


2. Le champ électrique $\vec{E}$ est orienté de la plaque A chargée positivement vers la plaque B chargée négativement.

$E = \dfrac{|U_{AB}|}{AB}$ soit $E = \dfrac{10{,}0 \times 10^{3} \text{ V}}{10 \times 10^{-2} \text{ m}}$ = **1,0×10^{5} V·m^{-1}**.

3. La force électrique subie par l'agrégat est $\vec{F} = q\vec{E}$ avec q > 0 (énoncé) donc les vecteurs $\vec{F}$ et $\vec{E}$ sont colinéaires (direction perpendiculaire aux plaques) et de même sens (vers la plaque B).

Et $F = q \times E$ soit $\boldsymbol{F}$ = 1,60×10^{-19} × 1,0×10^{5} N = **1,6×10^{-14} N.**



4. Calculons le poids : $P_1 = m_1 \times g$

Soit P_1 = 1,50×10^{-24} × 9,81 = **1,47×10^{-23} N.**

$\dfrac{F}{P_1} = \dfrac{1{,}6 \times 10^{-14} \text{ N}}{1{,}47 \times 10^{-23} \text{ N}}$ = **1,1×10^{9}** soit $F = 1{,}1 \times 10^{9} \times P_1$.

La valeur de la force électrique est plus d'un milliard de fois supérieure à celle du poids de l'agrégat. Il est donc possible de négliger l'effet du poids devant celui de la force électrique.

5. Travail de la force électrique :

$$W_{AB}\left(\vec{F}\right) = \vec{F}\cdot\overrightarrow{AB} = F \times AB \times \cos(0) = q \times E \times AB = q \times \frac{U_{AB}}{AB} \times AB = q \times U_{AB} = q \times U .$$

6. Théorème de l'énergie cinétique entre les points A et B :

$$E_C(B) - E_C(A) = W\left(\vec{F}\right)$$

$$\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = q \times U$$

Comme v_A est négligeable devant v_B il vient : $\dfrac{1}{2}mv_B^2 = q \times U$ soit $v_B^2 = \dfrac{2q \times U}{m}$ et finalement,

en conservant que la solution positive : $\boxed{v_B = \sqrt{\dfrac{2q \times U}{m}}}$

7. En négligeant le poids de l'agrégat dans la zone de déplacement libre, l'agrégat n'est soumis à **aucune force**. Le **mouvement** de l'agrégat est donc **rectiligne et uniforme** dans la zone de déplacement libre.

8. Dans la zone de déplacement libre, l'agrégat possède la vitesse v_B car son mouvement est rectiligne et uniforme. On peut donc écrire : $v_B = \frac{D}{\Delta t} = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$.

Soit : $\Delta t = \frac{D}{\sqrt{\frac{2qU}{m}}} = \frac{D \times \sqrt{m}}{\sqrt{2qU}}$. La durée Δt est bien proportionnelle à $\sqrt{m}$.

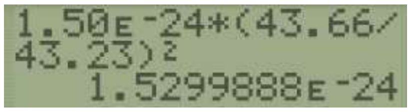
Et : $\sqrt{m} = \frac{\sqrt{2qU} \times \Delta t}{D}$ soit $\boxed{m = \frac{2qU \times \Delta t^2}{D^2}}$.

Connaissant les valeurs de q, U et D, la mesure de Δt permet de déterminer la masse m de l'agrégat.

9. On ne connaît pas à priori la valeur de D.
Cependant la figure 2 montre que Δt_1 = 43,23 µs et que Δt_2 = 43,66 µs donc :

$m_1 = \frac{2qU \times \Delta t_1^2}{D^2}$ et $m = \frac{2qU \times \Delta t_2^2}{D^2}$ ainsi : $\frac{m}{m_1} = \frac{\frac{2qU \times \Delta t_2^2}{D^2}}{\frac{2qU \times \Delta t_1^2}{D^2}} = \frac{\Delta t_2^2}{\Delta t_1^2}$

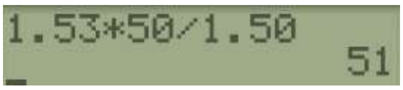
Soit $m = m_1 \times \frac{\Delta t_2^2}{\Delta t_1^2}$ et finalement : $\boxed{m = m_1 \times \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}\right)^2}$.



En laissant les durées en µs, il vient : $m = 1{,}50 \times 10^{-24}$ kg $\times \left(\frac{43{,}66 \text{ µs}}{43{,}23 \text{ µs}}\right)^2$ = **1,53×10⁻²⁴ kg.**

La masse m des agrégats est supérieure à la masse m_1 ; ils contiennent donc plus de 50 molécules d'eau.
50 molécules d'eau ⇔ m_1
N molécules d'eau ⇔ m

Les agrégats contiennent : $N = \frac{m \times 50}{m_1}$ molécules d'eau.



soit $N = \frac{1{,}53 \times 10^{-24} \text{ kg} \times 50}{1{,}50 \times 10^{-24} \text{ kg}}$ = 51 molécules d'eau.

Ainsi une molécule d'eau s'est collée aux agrégats de référence à la sortie de la zone de collision.