Corrigé complet — Bac 2023 Asie Jour 2

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**L'importance de la vitamine C** Titrage conductimétrique · Dilution · Oxydoréduction · Vitesse volumique de disparition · Facteurs cinétiques · Diagramme de prédominance	9 pts	1 h 35	17 questions	p. 2
Ex 2	**Un saut parfait** Deuxième loi de Newton · Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme · Équations horaires · Énergie cinétique et énergie potentielle de pesanteur · Énergie mécanique et frottements	5,5 pts	1 h	10 questions	p. 8
Ex 3	**étude des agrégats d'eau** Champ électrique uniforme · Force électrique et poids · Travail d'une force · Théorème de l'énergie cinétique · Mouvement rectiligne uniforme · Temps de vol	5,5 pts	1 h	9 questions	p. 12

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

L'importance de la vitamine C

Bac 2023 Asie Jour 2 · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 35**

1 Parmi les trois propositions a), b) et c), indiquer celle qui correspond à la formule topologique de la vitamine C.

Dans la formule développée, le carbone du cycle lié à l'oxygène porte une chaîne de deux carbones : un groupe $\mathrm{CH}-\mathrm{OH}$, puis un groupe $\mathrm{CH_2}-\mathrm{OH}$ en bout de chaîne.

La formule a) possède un carbone de trop dans cette chaîne (7 atomes de carbone au lieu de 6). La formule b) place les deux groupes OH sur le même carbone terminal.

La formule topologique de la vitamine C est la proposition **c)**.

MÉTHODE
En formule topologique, chaque extrémité ou sommet de la ligne brisée est un carbone. Compter les carbones, puis vérifier la position de chaque groupe OH, élimine vite les mauvaises propositions.

2 Déterminer le volume V_0 de solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_0 à prélever pour préparer la solution de concentration C_B.

Données utiles $C_0 = 0{,}200\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$; $C_B = 1{,}00\times10^{-2}\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$; $V_B = 200{,}0\ \mathrm{mL}$

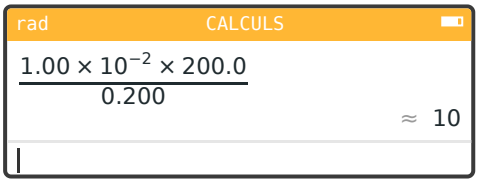
Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve : $C_0\,V_0 = C_B\,V_B$.

$$V_0 = \frac{C_B\,V_B}{C_0} = \frac{1{,}00\times10^{-2}\times200{,}0}{0{,}200}$$

$V_0 = 10{,}0\ \mathrm{mL}$

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme C_0 et C_B, les données les moins précises.

À LA CALCULATRICE



3 Préciser la verrerie nécessaire pour mesurer V_0 et V_B.

Données utiles $V_0 = 10{,}0\ \mathrm{mL}$ (Q2) ; $V_B = 200{,}0\ \mathrm{mL}$

Le volume V_0 se prélève avec la pipette jaugée de 10,0 mL. Le volume V_B est fixé par la fiole jaugée de 200,0 mL, complétée à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Pipette jaugée de 10,0 mL pour V_0 ; fiole jaugée de 200,0 mL pour V_B.

PIÈGE
Proposer une éprouvette graduée ou un bécher : une dilution précise exige de la verrerie jaugée, pour le prélèvement comme pour le volume final.

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

Couples mis en jeu : $\mathrm{AH_2/AH^-}$ et $\mathrm{H_2O/HO^-}$.

Au cours de la réaction, l'acide $\mathrm{AH_2}$ cède un ion hydrogène $\mathrm{H^+}$, qui est capté par la base $\mathrm{HO^-}$. Ce transfert d'un ion $\mathrm{H^+}$ entre un acide et une base caractérise une transformation acide-base selon Brønsted.

$$\mathrm{AH_2\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow AH^-\,(aq) + H_2O\,(l)}$$

PIÈGE
Écrire la réaction jusqu'à $\mathrm{A^{2-}}$. Seule la première acidité est titrée ici : l'énoncé précise que le couple mis en jeu est $\mathrm{AH_2/AH^-}$.

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

Données utiles en $\text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$: $\lambda^\circ(\text{Na}^+) = 5{,}01$; $\lambda^\circ(\text{HO}^-) = 19{,}9$; $\lambda^\circ(\text{AH}^-) = 3{,}42$

Seuls les ions participent à la conductivité ; la molécule AH_2 n'y contribue pas.

- Avant l'équivalence : les ions HO^- versés sont consommés. Chaque ajout apporte des ions Na^+ et forme autant d'ions AH^- : la conductivité augmente, avec $\lambda^\circ(\text{Na}^+) + \lambda^\circ(\text{AH}^-) = 8{,}43\ \text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Après l'équivalence : il n'y a plus de AH_2. Les ions Na^+ et HO^- versés s'accumulent : $\lambda^\circ(\text{Na}^+) + \lambda^\circ(\text{HO}^-) = 24{,}9\ \text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$.

Comme $\lambda^\circ(\text{HO}^-) > \lambda^\circ(\text{AH}^-)$, la conductivité augmente plus vite après l'équivalence : la pente devient plus forte.

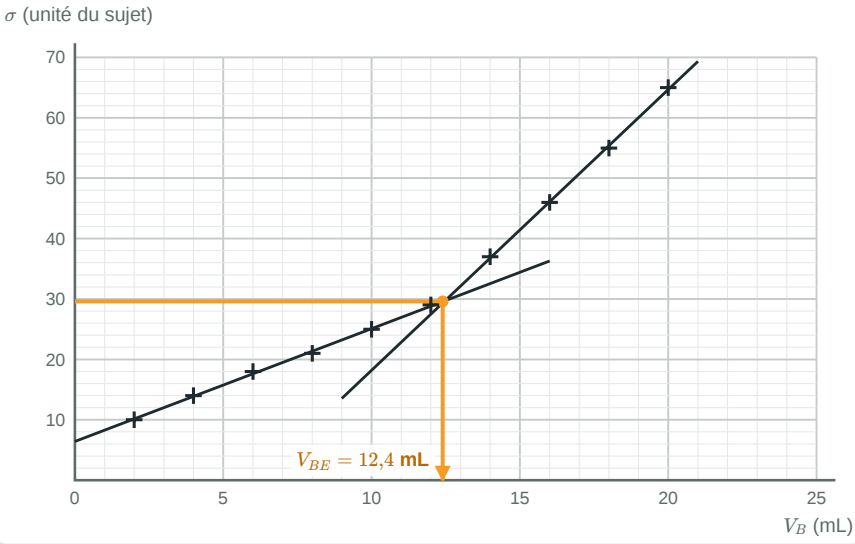
MÉTHODE
Pour chaque partie de la courbe, lister les ions dont la quantité augmente, diminue ou reste constante, puis comparer les sommes de leurs λ°. Ne pas oublier l'ion spectateur Na^+.

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

On trace la droite moyenne passant au plus près des six premiers points, puis celle passant au plus près des quatre derniers. L'équivalence correspond à la rupture de pente : V_{BE} est l'abscisse du point d'intersection des deux droites.

$V_{BE} = 12{,}4\ \text{mL}$

COMPRENDRE
Avec ces concentrations, la loi de Kohlrausch donne environ $30\ \text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$ à l'équivalence : l'axe du sujet semble gradué en $\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$ plutôt qu'en $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. Cela ne change pas la lecture de V_{BE} .



6 · Figure 1 du sujet : les deux droites se coupent à l'équivalence

7 En déduire la masse m de vitamine C dans le comprimé resté à l'air libre et vérifier qu'elle est comprise entre 190 mg et 230 mg.

Données utiles $C_B = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_{BE} = 12{,}4$ mL (Q6) ; $V_A = 20{,}0$ mL ; $V = 200{,}0$ mL ; $M = 176{,}1\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

À l'équivalence, les réactifs sont en proportions stœchiométriques, ici une mole de HO^- pour une mole de AH_2 : $n_A(\text{AH}_2) = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}} = C_B\,V_{BE}$.

Le prélèvement V_A ne représente qu'une partie de la solution S_A. Dans le comprimé entier :

$$m = C_B\,V_{BE} \times \frac{V}{V_A} \times M$$

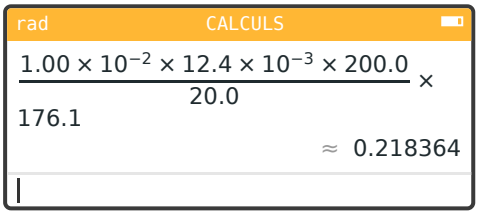
$$m = 1{,}00 \times 10^{-2} \times 12{,}4 \times 10^{-3} \times \frac{200{,}0}{20{,}0} \times 176{,}1 = 0{,}218\ \text{g}$$

$m = 218$ mg, valeur bien comprise entre 190 mg et 230 mg.

PIÈGE
S'arrêter à la masse contenue dans les 20,0 mL titrés (21,8 mg). La solution S_A occupe 200,0 mL : il faut multiplier par $V/V_A = 10$.

PIÈGE
Laisser V_{BE} en mL avec C_B en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$: le résultat serait mille fois trop grand.

À LA CALCULATRICE



8 Justifier, à partir de l'information fournie par l'emballage, qu'une réaction de la vitamine C a bien eu lieu.

Données utiles emballage : 250 mg d'acide ascorbique par comprimé ; $m = 218$ mg (Q7)

Le comprimé laissé à l'air libre ne contient plus que 218 mg d'acide ascorbique, alors qu'un comprimé neuf en contient 250 mg. Même la borne haute de l'encadrement (230 mg) reste inférieure à 250 mg.

$m < 250$ mg : une partie de la vitamine C (environ 30 mg) a été consommée, elle a donc réagi avec le dioxygène de l'air.

9 Écrire les demi-équations des couples mis en jeu lors de la dégradation de la vitamine C par le dioxygène et retrouver l'équation de l'oxydation de la vitamine C.

Données utiles couples $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6\,(\text{aq})$ / $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6\,(\text{aq})$ et $\text{O}_2\,(\text{g})$ / $\text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$

Oxydation de la vitamine C :
$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6\,(\text{aq}) = \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6\,(\text{aq}) + 2\,\text{H}^+\,(\text{aq}) + 2\,\text{e}^-$ $\quad(\times 2)$

Réduction du dioxygène : $\text{O}_2\,(\text{g}) + 4\,\text{H}^+\,(\text{aq}) + 4\,\text{e}^- = 2\,\text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$ $\quad(\times 1)$

Le nombre d'électrons cédés doit être égal au nombre d'électrons captés (4). En additionnant, les 4 ions H^+ présents de chaque côté se simplifient :

$$2\,\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6\,(\text{aq}) + \text{O}_2\,(\text{g}) \longrightarrow 2\,\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6\,(\text{aq}) + 2\,\text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$$

MÉTHODE
Demi-équation en milieu acide : équilibrer l'élément principal, puis O avec H_2O, puis H avec H^+, enfin les charges avec des électrons. Les électrons ne figurent jamais dans l'équation finale.

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

La vitesse volumique de disparition de la vitamine C est l'opposé de la dérivée par rapport au temps de sa concentration :

$$v_{\text{disp}}(t) = -\frac{\text{d}[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]}{\text{d}t}$$

PIÈGE
Oublier le signe « $-$ ». La concentration d'un réactif diminue, sa dérivée est négative : le signe moins rend la vitesse positive.

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

À chaque date, la vitesse de disparition est l'opposé du coefficient directeur de la tangente à la courbe. Cette tangente est très inclinée au début, puis de moins en moins : elle devient presque horizontale aux temps longs.

La vitesse de disparition est donc maximale à $t = 0$, puis elle diminue au cours du temps et tend vers zéro.

La vitesse diminue car la concentration du réactif (la vitamine C) diminue : la concentration des réactifs est un facteur cinétique.

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

On trace la tangente à la courbe T_1 au point d'abscisse $t_1 = 60$ h. Elle passe par les points A(0 h ; 1,22 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) et B(94 h ; 0).

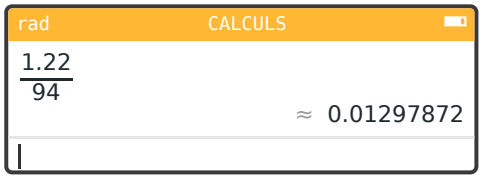
La vitesse est l'opposé de son coefficient directeur :

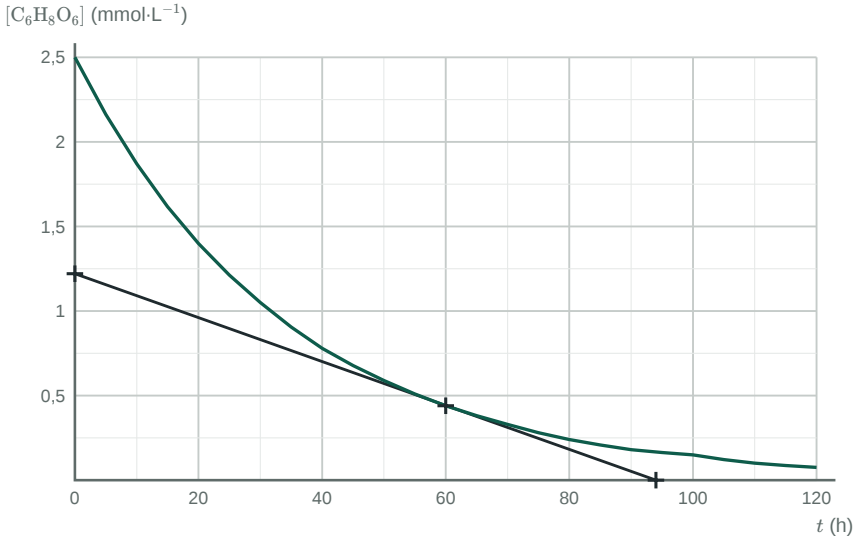
$$v_{\text{disp}}(t_1) = -\frac{y_B - y_A}{t_B - t_A} = -\frac{0 - 1{,}22}{94 - 0}$$

$v_{\text{disp}}(t_1) = 1{,}3 \times 10^{-2}\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

MÉTHODE
Choisir deux points de la tangente très éloignés (ses intersections avec les axes), et non deux points de la courbe. Un tracé à la main donne ici entre $1{,}2 \times 10^{-2}$ et $1{,}4 \times 10^{-2}$: deux chiffres significatifs suffisent.

À LA CALCULATRICE





12 · Courbe à T_1 (figure 2) et sa tangente à $t_1 = 60$ h, passant par A(0 ; 1,22) et B(94 ; 0)

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

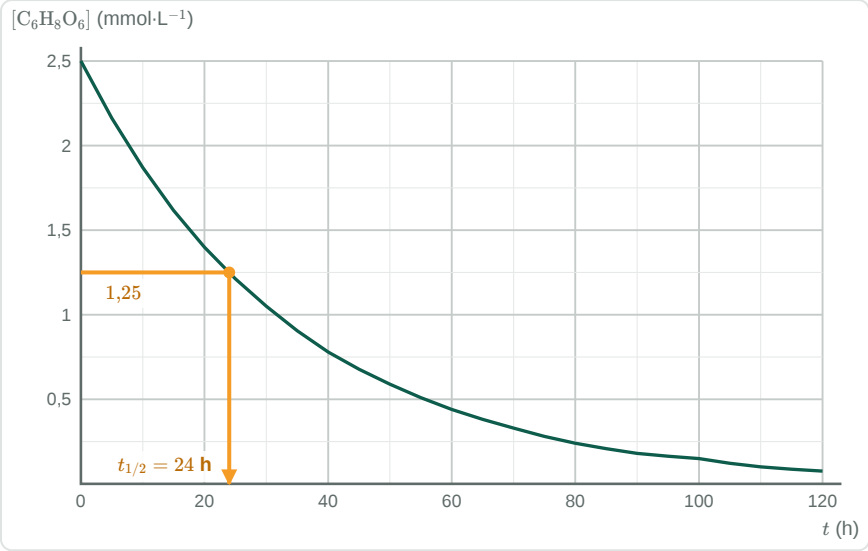
Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de l'avancement final. Ici la vitamine C est entièrement consommée (sa concentration finale est nulle) : à $t_{1/2}$, sa concentration vaut la moitié de sa valeur initiale.

$$[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6](t_{1/2}) = \frac{2{,}5}{2} = 1{,}25\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Sur la courbe T_1, l'ordonnée 1,25 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ correspond à l'abscisse 24 h.

$t_{1/2} = 24$ h : cohérent avec le texte, qui annonce la perte de la moitié de la vitamine C en 24 heures à température ambiante.

PIÈGE
Lire le temps à la moitié de la durée totale de l'expérience. Le temps de demi-réaction se lit à partir de la moitié de la concentration initiale, reportée sur l'axe vertical.



13 · Courbe à T_1 (figure 2) : lecture du temps de demi-réaction

14 En comparant les deux courbes de la figure 2, 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.

À la température $T_2 < T_1$, la concentration en vitamine C diminue moins vite : il faut environ 40 h pour qu'elle soit divisée par deux, contre 24 h à T_1. La transformation est plus lente quand la température est plus basse.

Sur la table, le jus est à température ambiante : sa vitamine C se dégrade plus vite que dans le réfrigérateur.

Le deuxième facteur cinétique est la température. Il faut conserver le jus au frais pour ralentir la dégradation de la vitamine C.

15 Justifier le fait que des taches colorées peuvent apparaître, comme l'indique la recommandation n° 1.

Données utiles $C_6H_8O_6\,(aq) + Cu^{2+}\,(aq) \longrightarrow C_6H_6O_6\,(aq) + Cu\,(s) + 2\,H^+\,(aq)$; le cuivre solide est rouge orangé

En présence d'ions Cu^{2+}, la vitamine C, qui est un réducteur, est oxydée. Les ions Cu^{2+} sont réduits en cuivre métallique $Cu\,(s)$.

Le cuivre solide formé, de couleur rouge orangé, se dépose sur la peau : il est responsable des taches colorées.

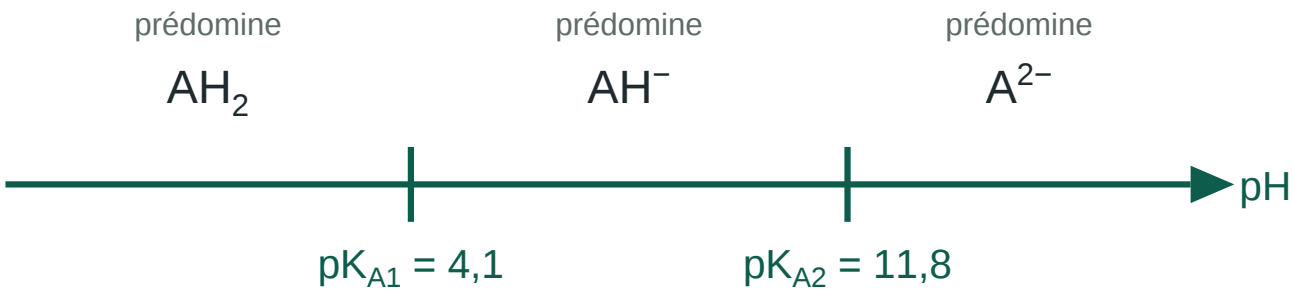
COMPRENDRE
Cette réaction consomme aussi la vitamine C : la crème se colore et perd en même temps son pouvoir antioxydant.

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

Données utiles $pK_{A1} = 4{,}1$; $pK_{A2} = 11{,}8$

Pour un couple acide/base, l'acide prédomine si $pH < pK_A$ et la base prédomine si $pH > pK_A$.

AH_2 prédomine pour $pH < 4{,}1$; AH^- pour $4{,}1 < pH < 11{,}8$; A^{2-} pour $pH > 11{,}8$.



16 · Diagramme de prédominance de l'acide ascorbique

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

Données utiles $pH = 3{,}5$; $pK_{A1} = 4{,}1$

Pour le couple AH_2/AH^- : $pH = pK_{A1} + \log \frac{[AH^-]}{[AH_2]}$, donc

$$\frac{[AH_2]}{[AH^-]} = 10^{pK_{A1} - pH} = 10^{4{,}1-3{,}5} = 10^{0{,}6} = 4{,}0$$

À $pH = 3{,}5$, l'acide ascorbique AH_2 est quatre fois plus concentré que AH^- : il représente $\frac{4}{5} = 80\ \%$ de la vitamine C. Si le pH augmente, ce rapport diminue ; il vaut 1 à $pH = 4{,}1$ et AH_2 devient minoritaire au-delà.

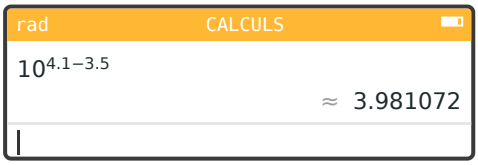
Regard critique : AH_2 est majoritaire dès que $pH < 4{,}1$. Le seuil de 3,5 est donc plus exigeant que nécessaire, mais il garantit une forme acide nettement majoritaire.

$\frac{[AH_2]}{[AH^-]} \approx 4$ à $pH = 3{,}5$: tant que le pH ne dépasse pas 3,5, au moins 80 % de la vitamine C est sous forme AH_2.

COMPRENDRE

À ce pH, la forme A^{2-} est négligeable ($pK_{A2} = 11{,}8$) : seules AH_2 et AH^- comptent, d'où la proportion $4/(4+1)$.

À LA CALCULATRICE



Un saut parfait

Bac 2023 Asie Jour 2 · Exercice 2 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h**

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

Système {skieur et son équipement}, de masse m constante ; référentiel terrestre supposé galiléen ; seule force : le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}$, soit $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Le vecteur $\vec{g}$ est vertical et dirigé vers le bas, alors que l'axe (Oz) est orienté vers le haut :

$a_x = 0$ et $a_z = -g$

PIÈGE
Oublier le signe « $-$ » de a_z : l'axe (Oz) monte, $\vec{g}$ descend. Sans système ni référentiel annoncés, la deuxième loi de Newton n'est pas correctement appliquée.

2 Établir les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_z(t)$ du vecteur vitesse, puis montrer que les équations horaires sont $x(t) = V_0\,(\cos\alpha)\,t$ et $z(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + V_0\,(\sin\alpha)\,t + H_0$.

Comme $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$, on cherche les primitives de $a_x = 0$ et $a_z = -g$:

$v_x(t) = C_1$ et $v_z(t) = -g\,t + C_2$.

À $t = 0$, $\vec{v}(0) = \vec{V_0}$, de coordonnées $V_0\cos\alpha$ et $V_0\sin\alpha$, donc $C_1 = V_0\cos\alpha$ et $C_2 = V_0\sin\alpha$:

$$v_x(t) = V_0\cos\alpha \qquad v_z(t) = -g\,t + V_0\sin\alpha$$

Comme $\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OG}}{\mathrm{d}t}$, on cherche à nouveau les primitives :

$x(t) = V_0\,(\cos\alpha)\,t + C_3$ et $z(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + V_0\,(\sin\alpha)\,t + C_4$.

À $t = 0$, G est en A : $x(0) = 0$ et $z(0) = H_0$, donc $C_3 = 0$ et $C_4 = H_0$.

$x(t) = V_0\,(\cos\alpha)\,t$ et $z(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + V_0\,(\sin\alpha)\,t + H_0$

PIÈGE
Oublier la constante H_0 : le skieur ne part pas de l'origine du repère, mais du point A situé à la hauteur H_0.

MÉTHODE
Deux intégrations successives, et après chacune une constante fixée par la condition initiale : la vitesse initiale pour $\vec{v}$, la position initiale pour $\overrightarrow{OG}$.

3 Préciser la valeur de v_z à la date t_{Hmax} et en déduire que $t_{Hmax} = \dfrac{V_0\sin\alpha}{g}$.

Au sommet C de la trajectoire, le skieur cesse de monter et commence à descendre : le vecteur vitesse y est horizontal, donc $v_z(t_{Hmax}) = 0$.

D'après la question 2 : $-g\,t_{Hmax} + V_0\sin\alpha = 0$, d'où

$t_{Hmax} = \dfrac{V_0\sin\alpha}{g}$

PIÈGE
Écrire que la vitesse est nulle au sommet. Seule la coordonnée verticale s'annule : $v_x = V_0\cos\alpha$ reste constante pendant tout le saut.

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

$t_{Hmax} = \dfrac{V_0\sin\alpha}{g}$ avec V_0 et g fixés : t_{Hmax} est proportionnelle à $\sin\alpha$.

L'angle α est compris entre 0 et 90°, intervalle sur lequel la fonction sinus est croissante.

Pour augmenter t_{Hmax}, il faut **augmenter** l'angle α.

5 Donner une estimation de la durée totale du saut pour une inclinaison de la rampe de 30°.

Données utiles $V_0 = 17\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $\alpha = 30^\circ$

D'après l'énoncé, la durée du saut vaut deux fois la durée de la montée : $\Delta t = 2\,t_{Hmax} = \dfrac{2\,V_0 \sin\alpha}{g}$

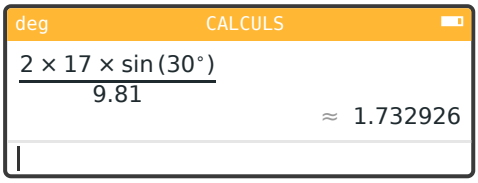
$$\Delta t = \frac{2 \times 17 \times \sin(30^\circ)}{9{,}81} = 1{,}7\ \text{s}$$

$\Delta t \approx 1{,}7\ \text{s}$

PIÈGE
Calculatrice en radians : $\sin(30)$ donne alors $-0{,}99$ au lieu de $0{,}5$. Ne pas oublier non plus le facteur 2.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme V_0, la donnée la moins précise. La durée réelle de la chute est un peu plus longue : le skieur redescend sous son altitude de départ H_0.

À LA CALCULATRICE



6 Indiquer dans quel intervalle doit théoriquement se trouver l'angle α pour continuer d'augmenter simultanément la hauteur et la portée, tout en permettant un saut d'une hauteur d'au moins 7 m.

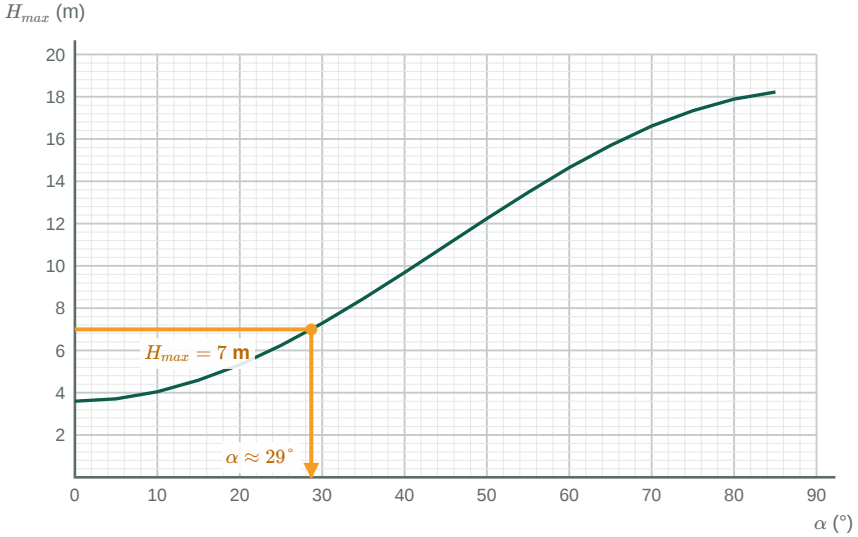
Figure 2 : H_{max} augmente toujours avec α, et vaut 7 m pour $\alpha \approx 29^\circ$. Il faut donc $\alpha \geqslant 29^\circ$ pour atteindre au moins 7 m.

Figure 3 : la portée OB augmente avec α jusqu'à son maximum, atteint pour $\alpha \approx 42^\circ$, puis elle diminue.

La hauteur et la portée augmentent donc ensemble tant que α reste inférieur à 42°.

$29^\circ \leqslant \alpha \leqslant 42^\circ$ environ

COMPRENDRE
Le maximum de portée n'est pas à 45° : ce résultat classique suppose un départ et une arrivée à la même altitude. Ici le skieur part de $H_0 = 3{,}60$ m, ce qui abaisse l'angle optimal.



6 · Figure 2 du sujet : lecture de l'angle donnant $H_{max} = 7$ m

7 Identifier parmi les courbes A, B et C de la figure 4 celles représentant l'énergie cinétique, l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie mécanique. Justifier.

$E_p = m\,g\,z$ (avec $E_p = 0$ pour $z = 0$) : le skieur monte puis redescend jusqu'au sol, donc E_p augmente, passe par un maximum, puis décroît jusqu'à zéro. C'est la **courbe B**.

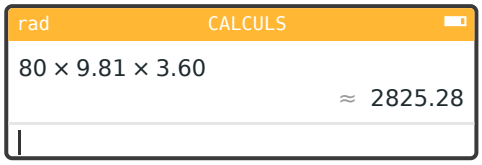
$E_c = \dfrac{1}{2}\,m\,v^2$: la vitesse diminue pendant la montée et augmente pendant la descente, donc E_c décroît puis croît. C'est la **courbe A**.

$E_m = E_c + E_p$: la courbe C est à chaque date la somme des deux autres (à $t = 0$: $11{,}6 + 2{,}8 = 14{,}4$ kJ, pour $14{,}3$ kJ lu). C'est la **courbe C**.

A : énergie cinétique ; B : énergie potentielle de pesanteur ; C : énergie mécanique.

MÉTHODE
Pour vérifier l'attribution, contrôler une valeur : à $t = 0$, $E_p = m\,g\,H_0 = 80 \times 9{,}81 \times 3{,}60 \approx 2{,}8$ kJ, ce qui est bien le premier point de la courbe B.

À LA CALCULATRICE



8 Expliquer en quoi les résultats expérimentaux permettent de considérer que l'action de l'air sur le skieur n'est pas négligeable.

Si le poids était la seule force, l'énergie mécanique se conserverait : la courbe C serait horizontale.

Or E_m diminue tout au long du saut : elle passe d'environ 14,3 kJ à environ 10,1 kJ, soit une perte proche de 30 %.

Cette diminution est due au travail résistant d'une force non conservative : la force de frottement de l'air.

L'énergie mécanique diminue nettement : l'action de l'air n'est pas négligeable.

PIÈGE
Se contenter de « la courbe C décroît ». Il faut relier cette baisse à la non-conservation de E_m, donc à l'existence d'une force non conservative qui travaille.

9 Estimer la valeur de l'altitude maximale H_{max} du centre de masse du skieur.

Données utiles $m = 80$ kg ; $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; maximum de la courbe B : $E_{p,max} \approx 5{,}6$ kJ

L'altitude est maximale quand l'énergie potentielle de pesanteur est maximale. Sur la courbe B : $E_{p,max} \approx 5{,}6\ \text{kJ} = 5{,}6 \times 10^3$ J.

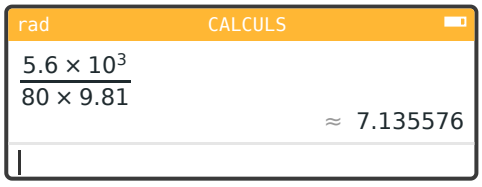
$E_{p,max} = m\,g\,H_{max}$, donc $H_{max} = \dfrac{E_{p,max}}{m\,g}$

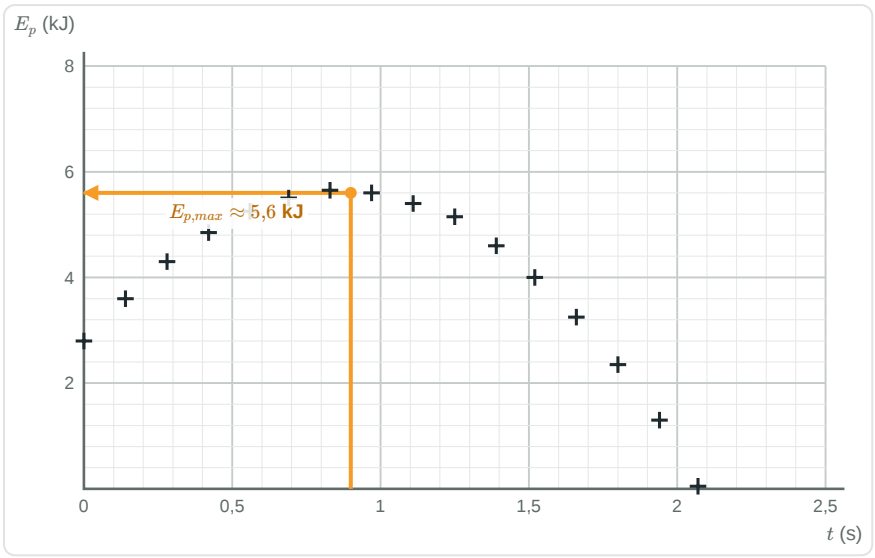
$$H_{max} = \frac{5{,}6 \times 10^3}{80 \times 9{,}81} = 7{,}1\ \text{m}$$

$H_{max} \approx 7{,}1$ m

PIÈGE
Laisser l'énergie en kilojoules : on obtiendrait $7{,}1 \times 10^{-3}$ m. L'énergie doit être en joules pour une altitude en mètres.

À LA CALCULATRICE





9 · Courbe B de la figure 4 (points relevés) : lecture du maximum de E_p

10 À partir de résultats expérimentaux tirés de la figure 4 et de l'étude théorique de la partie A, estimer la portée du saut enregistré, en précisant s'il s'agit d'une estimation par excès ou par défaut.

Données utiles $V_0 = 17\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $H_{max} \approx 7{,}1$ m (Q9) ; figures 2 et 4

Angle de la rampe. Sur la figure 2, la hauteur $H_{max} \approx 7{,}1$ m (question 9) correspond à $\alpha \approx 29^\circ$.

Durée du saut. Sur la figure 4, E_p s'annule, donc $z = 0$: le skieur touche le sol à la date $t_B \approx 2{,}07$ s.

Portée. D'après la question 2, $OB = x(t_B) = V_0 \, (\cos \alpha) \, t_B$

$$OB = 17 \times \cos(29^\circ) \times 2{,}07 = 31\ \text{m}$$

La figure 3 donne une valeur voisine pour $\alpha \approx 29^\circ$ (environ 30 m) : les deux lectures sont cohérentes.

Excès ou défaut. L'équation $x(t)$ suppose l'absence de frottements : la vitesse horizontale y reste égale à $V_0 \cos \alpha$. En réalité l'air freine le skieur (question 8), qui avance moins vite et va donc moins loin.

$OB \approx 31$ m : estimation **par excès** de la portée réelle.

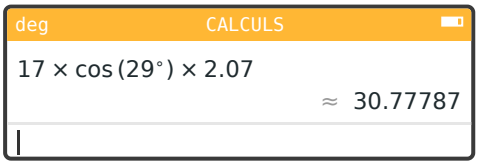
COMPRENDRE

Les lectures graphiques limitent la précision à deux chiffres significatifs. Avec $\alpha = 28^\circ$ ou $t_B = 2{,}1$ s, on trouve 31 à 32 m : l'ordre de grandeur compte plus que le dernier chiffre.

MÉTHODE

Question ouverte : annoncer la démarche, dire d'où vient chaque valeur (figure, question), calculer, puis critiquer le modèle. Une lecture directe de la figure 3 pour $\alpha \approx 29^\circ$ est une autre démarche acceptable.

À LA CALCULATRICE



étude des agrégats d'eau

Bac 2023 Asie Jour 2 · Exercice 3 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h**

1 Montrer que la masse m_1 d'un agrégat de $N = 50$ molécules d'eau est d'environ $1{,}50 \times 10^{-24}$ kg et expliquer pourquoi on ne peut pas déterminer cette masse directement.

Données utiles $N = 50$; $M = 18{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$

Une mole d'eau, soit N_A molécules, a une masse M : une molécule a donc une masse $\dfrac{M}{N_A}$.

Pour N molécules : $m_1 = \dfrac{N \times M}{N_A}$

$$m_1 = \frac{50 \times 18{,}0}{6{,}02 \times 10^{23}} = 1{,}50 \times 10^{-21}\ \text{g}$$

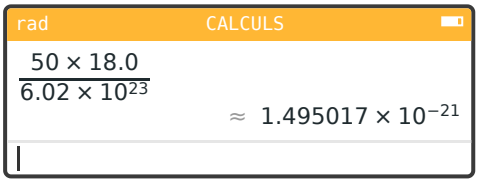
Cette masse est bien trop petite pour être mesurée par une pesée : aucune balance n'a une telle sensibilité.

$m_1 = 1{,}50 \times 10^{-24}$ kg, valeur conforme à celle de l'énoncé.

PIÈGE
M est en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: le calcul donne des grammes. Il faut encore diviser par 1000 pour obtenir des kilogrammes.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme M et N_A ; le nombre $N = 50$ est un entier exact, il ne limite pas la précision.

À LA CALCULATRICE



2 Sur un schéma, représenter le vecteur champ électrique $\vec{E}$ dans la zone d'accélération et déterminer sa valeur E.

Données utiles $U_{AB} = U = 10{,}0$ kV ; $AB = 10$ cm

Le champ $\vec{E}$ est perpendiculaire aux armatures et dirigé de l'armature positive A vers l'armature négative B (voir schéma).

$E = \dfrac{|U_{AB}|}{AB}$

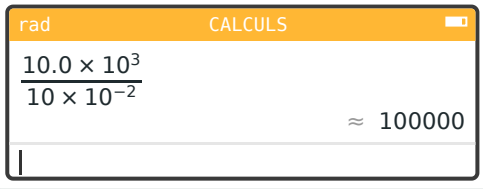
$$E = \frac{10{,}0 \times 10^{3}}{10 \times 10^{-2}}$$

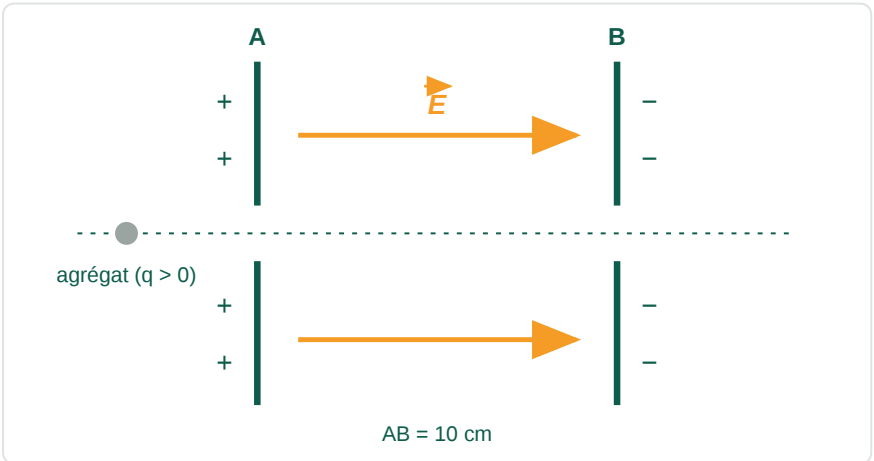
$E = 1{,}0 \times 10^{5}\ \text{V} \cdot \text{m}^{-1}$

PIÈGE
Conversions oubliées : U en volts ($10{,}0\ \text{kV} = 10{,}0 \times 10^3$ V) et AB en mètres ($10\ \text{cm} = 0{,}10$ m).

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement : la distance $AB = 10$ cm est la donnée la moins précise.

À LA CALCULATRICE





2 · Zone d'accélération : le champ $\vec{E}$ (en orange) va de l'armature A, chargée $+$, vers l'armature B, chargée $-$

3 Donner les caractéristiques (direction, sens, valeur) de la force électrique $\vec{F}$ qui s'exerce sur un agrégat dans la zone d'accélération.

Données utiles $q = +1{,}60 \times 10^{-19}$ C ; $E = 1{,}0 \times 10^{5}$ V · m^{-1} (Q2)

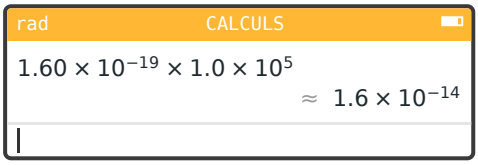
$\vec{F} = q\,\vec{E}$ avec $q > 0$: $\vec{F}$ a la même direction et le même sens que $\vec{E}$.

- Direction : perpendiculaire aux armatures.
- Sens : de A vers B.
- Valeur : $F = q \times E = 1{,}60 \times 10^{-19} \times 1{,}0 \times 10^{5}$

$F = 1{,}6 \times 10^{-14}$ N, force perpendiculaire aux armatures, dirigée de A vers B.

COMPRENDRE
C'est le signe de q qui fixe le sens : avec une charge négative, la force serait opposée au champ et l'agrégat serait freiné.

À LA CALCULATRICE



4 En comparant les valeurs P_1 du poids d'un agrégat de masse m_1 et F de la force électrique, montrer qu'on peut négliger l'effet du poids devant celui de la force électrique.

Données utiles $m_1 = 1{,}50 \times 10^{-24}$ kg (Q1) ; $g = 9{,}81$ m · s^{-2} ; $F = 1{,}6 \times 10^{-14}$ N (Q3)

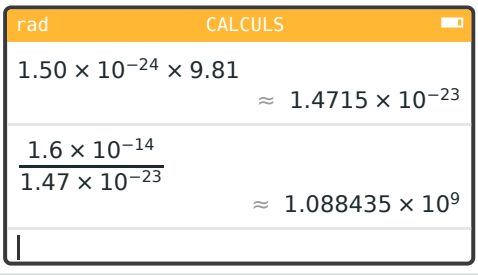
$$P_1 = m_1 \times g = 1{,}50 \times 10^{-24} \times 9{,}81 = 1{,}47 \times 10^{-23} \text{ N}$$

$$\frac{F}{P_1} = \frac{1{,}6 \times 10^{-14}}{1{,}47 \times 10^{-23}} = 1{,}1 \times 10^{9}$$

$F \approx 1{,}1 \times 10^{9} \times P_1$: la force électrique est environ un milliard de fois plus grande que le poids, qui est donc négligeable.

MÉTHODE
Pour comparer deux grandeurs de même nature, on calcule leur rapport. Au-delà d'un facteur 100 environ, la plus petite peut être négligée.

À LA CALCULATRICE



5 Exprimer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force électrique dans la zone d'accélération en fonction de q et U.

La force $\vec{F}$ est constante, de même direction et de même sens que le déplacement $\overrightarrow{AB}$:

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \times AB \times \cos(0) = q\,E \times AB$$

Or $E = \dfrac{U}{AB}$, donc $W_{AB}(\vec{F}) = q \times \dfrac{U}{AB} \times AB$

$W_{AB}(\vec{F}) = q\,U$

COMPRENDRE
Le travail est positif, donc moteur : la force électrique fait gagner de la vitesse à l'agrégat. La distance AB a disparu du résultat, seule la tension compte.

6 En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, montrer que la vitesse en sortie de zone d'accélération est $v_B = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$.

Système {agrégat} de masse m, référentiel du laboratoire supposé galiléen. Seule la force électrique travaille (poids négligé, Q4).

Théorème de l'énergie cinétique entre A et B :

$$\frac{1}{2}\,m\,v_B^2 - \frac{1}{2}\,m\,v_A^2 = W_{AB}(\vec{F}) = q\,U$$

Comme v_A est négligeable devant v_B : $\frac{1}{2}\,m\,v_B^2 = q\,U$, d'où $v_B^2 = \frac{2\,q\,U}{m}$.

$v_B = \sqrt{\frac{2\,q\,U}{m}}$, expression attendue.

MÉTHODE
Théorème de l'énergie cinétique : 1) système et référentiel ; 2) bilan des forces et de leurs travaux ; 3) variation d'énergie cinétique égale à la somme des travaux ; 4) simplification, puis on isole la vitesse.

7 En négligeant le poids de l'agrégat, décrire son mouvement dans la zone de déplacement libre.

Dans cette zone, il n'y a plus de champ électrique et le vide est poussé (pas de frottement) : le poids étant négligé, l'agrégat n'est soumis à aucune force.

D'après le principe d'inertie, son vecteur vitesse reste constant, égal à $\vec{v}_B$.

Le mouvement de l'agrégat est **rectiligne uniforme**, à la vitesse v_B .

PIÈGE
Répondre « rectiligne uniforme » sans justification. Il faut le bilan des forces (aucune) et la loi utilisée (principe d'inertie).

8 Montrer que la durée Δt est proportionnelle à $\sqrt{m}$ et en déduire que la mesure de Δt permet de déterminer la masse de l'agrégat.

Le mouvement étant rectiligne uniforme à la vitesse v_B (Q7) : $v_B = \frac{D}{\Delta t}$, donc

$$\Delta t = \frac{D}{v_B} = D\sqrt{\frac{m}{2\,q\,U}} = \frac{D}{\sqrt{2\,q\,U}} \times \sqrt{m}$$

D, q et U sont fixés par le dispositif : $\Delta t = k \times \sqrt{m}$ avec k constante.

En élevant au carré, on isole la masse :

Δt est proportionnelle à $\sqrt{m}$ et $m = \frac{2\,q\,U\,\Delta t^2}{D^2}$: mesurer Δt donne m.

COMPRENDRE
Plus l'agrégat est lourd, plus il sort lentement de la zone d'accélération et plus il met de temps à atteindre le détecteur. Le temps de vol trie les agrégats par masse.

9 Déterminer le nombre de molécules d'eau qui constituent les agrégats du deuxième pic.

Données utiles figure 2 : $\Delta t_1 = 43{,}23\ \mu s$ (pic de référence, 50 molécules) ; $\Delta t_2 = 43{,}66\ \mu s$ (deuxième pic)

D'après Q8, la masse est proportionnelle au carré du temps de vol (D, q et U identiques pour les deux pics) :

$$\frac{m_2}{m_1} = \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}\right)^2$$

Un agrégat de N_2 molécules a une masse proportionnelle à N_2 : $\frac{m_2}{m_1} = \frac{N_2}{50}$. Donc

$$N_2 = 50 \times \left(\frac{43{,}66}{43{,}23}\right)^2 = 51{,}0$$

$N_2 = 51$: les agrégats du deuxième pic contiennent 51 molécules d'eau, une molécule s'est collée à l'agrégat initial.

PIÈGE
Oublier le carré : avec $\Delta t_2/\Delta t_1$ seul, on trouve $50{,}5$, qui n'est pas un entier. Un nombre de molécules est forcément entier.

MÉTHODE
Quand une donnée manque (ici D), on forme le rapport de deux mesures : les constantes communes se simplifient. Les durées peuvent alors rester en microsecondes.

À LA CALCULATRICE

