Corrigé complet — Bac 2022 Amérique du Nord Jour 2

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

Ex 1	**La vitamine C sans sucre** Groupes caractéristiques · Spectroscopie infrarouge · Rendement et catalyse · Constante d'acidité · Titrage conductimétrique · Incertitude-type	10 pts	1 h 45	19 questions	p. 2
Ex 2	**La pente d'eau de Montech** Vecteurs vitesse et accélération · Mouvement rectiligne uniformément accéléré · Équations horaires · Deuxième loi de Newton · Principe d'inertie · Lunette astronomique afocale	5 pts	53 min	8 questions	p. 10
Ex 3	**Un radar de contrôle de vitesses** Conversion de vitesse · Circuit RC série · Équation différentielle du premier ordre · Constante de temps · Énergie stockée dans un condensateur · Lecture graphique	5 pts	53 min	6 questions	p. 14
Ex 4	**Capteurs solaires passifs, le mur Trombe-Michel** Modes de transfert thermique · Résistance thermique · Flux thermique · Énergie interne et capacité thermique · Analyse dimensionnelle · Flux conducto-convectif	5 pts	53 min	8 questions	p. 17

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.

La vitamine C sans sucre

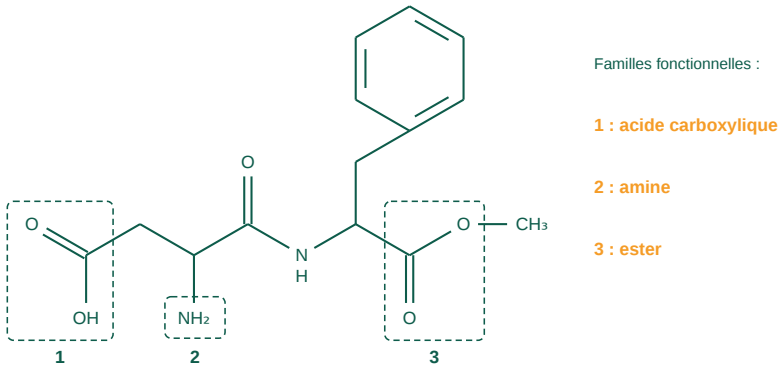
Bac 2022 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 1 **10 points** **Durée conseillée 1 h 45**

A.1 Nommer la famille fonctionnelle correspondant à chacun des trois groupes caractéristiques entourés dans l'annexe.

- Groupe 1 ($-COOH$, groupe carboxyle) : famille des acides carboxyliques.
- Groupe 2 ($-NH_2$, groupe amino) : famille des amines.
- Groupe 3 ($-COO-C$, groupe ester) : famille des esters.

1 : acide carboxylique ; 2 : amine ; 3 : ester

PIÈGE
Le groupe 3 n'est pas un acide carboxylique : l'oxygène simplement lié porte un groupe CH_3 et non un H. La question demande la famille, pas le nom du groupe (carboxyle, amino).



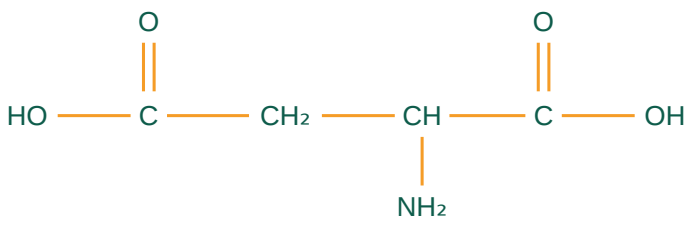
A.1 · Annexe complétée : les trois familles fonctionnelles

A.2 Représenter la formule semi-développée de l'acide aspartique.

Dans la formule topologique, chaque sommet ou extrémité de ligne brisée est un atome de carbone, complété par des atomes d'hydrogène jusqu'à quatre liaisons. La chaîne compte quatre atomes de carbone : deux groupes carboxyle aux extrémités, un groupe CH_2 et un groupe CH qui porte NH_2.

$HOOC-CH_2-CH(NH_2)-COOH$, formule brute $C_4H_7O_4N$ (schéma ci-dessous)

MÉTHODE
Dans une formule semi-développée, les liaisons avec les atomes d'hydrogène ne sont pas dessinées : on écrit CH_2, NH_2, OH. Vérifier ensuite que chaque carbone a bien quatre liaisons.



A.2 · Formule semi-développée de l'acide aspartique

A.3 À l'aide de la table des nombres d'onde, identifier le spectre infrarouge de l'aspartame. Justifier.

Données utiles C=O ester : 1700 – 1740 cm^{-1} ; C=O acide carboxylique : 1680 – 1710 cm^{-1} ; C=O amide : 1650 – 1700 cm^{-1}

Les deux molécules possèdent des groupes carboxyle et amino ; seul l'aspartame possède en plus un groupe ester et un groupe amide.

Le spectre 2 présente une bande forte vers 1740 cm^{-1} : elle est dans le domaine de la liaison C=O d'un ester (1700 – 1740 cm^{-1}) et hors du domaine de la liaison C=O d'un acide carboxylique (1680 – 1710 cm^{-1}).

Dans le spectre 1, la bande C=O de plus grand nombre d'onde se situe vers 1690 cm^{-1} (acide carboxylique) : il n'y a pas de bande attribuable à un ester.

Le spectre 2 est celui de l'aspartame ; le spectre 1 est celui de l'acide aspartique.

MÉTHODE
Pour départager deux spectres, chercher une liaison présente dans une seule des deux molécules, puis la bande correspondante. Ici la zone 2500 – 3500 cm^{-1} (O–H, N–H) est commune : elle ne permet pas de conclure.

B.1 Déterminer le volume de réactif (B) liquide à prélever dans le protocole 1.

Données utiles $n_B = 9{,}63 \times 10^{-3}$ mol ; $M(B) = 108\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $\rho_B = 1{,}04\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$

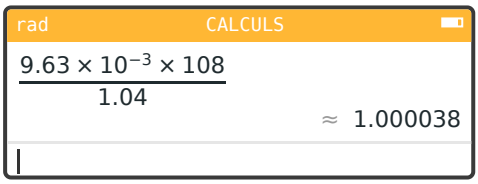
Masse à prélever : $m_B = n_B \times M(B)$; volume : $V_B = \dfrac{m_B}{\rho_B}$, donc

$$V_B = \frac{n_B \times M(B)}{\rho_B} = \frac{9{,}63 \times 10^{-3} \times 108}{1{,}04}$$

$V_B = 1{,}00\ \text{mL}$

COMPRENDRE
Les trois données ont trois chiffres significatifs : le résultat aussi, d'où 1,00 mL et non 1 mL. Les unités sont cohérentes : des g divisés par des $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ donnent des mL.

À LA CALCULATRICE



B.2 Déterminer la valeur du rendement η_1 de la synthèse avec le protocole 1.

Données utiles $m_A = 3{,}00$ g ; $n_B = 9{,}63 \times 10^{-3}$ mol ; $m_C = 4{,}12$ g ; $M(A) = 267\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(C) = 447\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Quantité de A : $n_A = \dfrac{m_A}{M(A)} = \dfrac{3{,}00}{267} = 1{,}12 \times 10^{-2}$ mol.

Les nombres stœchiométriques de A et B valent 1 et $n_B < n_A$: B est le réactif limitant, donc $n_{C,\text{max}} = n_B = 9{,}63 \times 10^{-3}$ mol.

Masse maximale de C : $m_{C,\text{max}} = n_B \times M(C) = 9{,}63 \times 10^{-3} \times 447 = 4{,}30$ g.

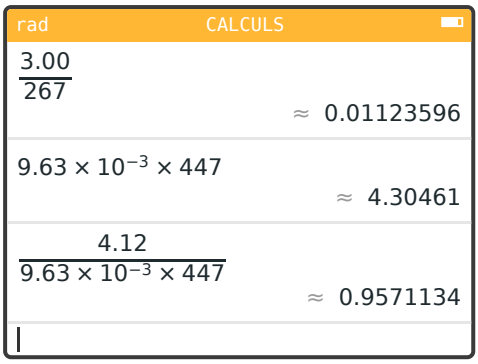
$$\eta_1 = \frac{m_C}{m_{C,\text{max}}} = \frac{4{,}12}{9{,}63 \times 10^{-3} \times 447}$$

$\eta_1 = 0{,}957$, soit $\eta_1 = 95{,}7\ \%$

PIÈGE
Calculer le rendement à partir de A sans chercher le réactif limitant : on trouverait 82 %, valeur fausse. Le rendement se rapporte toujours au réactif limitant, ici B.

MÉTHODE
Contrôle avec le protocole 2 : $n_A = 2{,}57 \div 267 = 9{,}63 \times 10^{-3}$ mol $= n_B$, et $3{,}44 \div 4{,}30 = 0{,}80$. On retrouve les 80 % du tableau.

À LA CALCULATRICE



B.3 Expliquer pourquoi le rendement du protocole 1 est supérieur à celui du protocole 2. Proposer un autre protocole pour améliorer ce rendement.

Données utiles protocole 1 : $n_A = 1{,}12 \times 10^{-2}$ mol (B.2) ; protocole 2 : $n_A = 9{,}63 \times 10^{-3}$ mol ; $n_B = 9{,}63 \times 10^{-3}$ mol dans les deux cas

Dans le protocole 2, $n_A = n_B$: le mélange est stœchiométrique et le rendement n'est que de 80 %, la transformation n'est donc pas totale.

Dans le protocole 1, la quantité de B est la même mais le réactif A est introduit en excès. Cet excès d'un réactif déplace l'équilibre dans le sens direct, celui de la formation de C : l'avancement final se rapproche de l'avancement maximal et le rendement augmente (95,7 % contre 80 %).

Le réactif A est en excès dans le protocole 1. Autre protocole : éliminer l'eau au fur et à mesure de sa formation (ou introduire B en large excès).

COMPRENDRE
Retirer un produit empêche la réaction inverse de se faire : le système évolue dans le sens direct tant qu'il reste du réactif limitant. Ajouter un catalyseur accélère la transformation sans améliorer ce rendement.

B.4 En exploitant le tableau, identifier le rôle joué par le palladium sur carbone. Justifier.

Les protocoles 2 et 3 utilisent les mêmes quantités de réactifs à la même température et donnent la même masse de C (3,44 g), donc le même rendement (80 %).

Avec le palladium sur carbone, ce résultat est obtenu en 1 h ; sans lui, il faut 2 h. Le palladium sur carbone diminue la durée de la transformation sans modifier l'état final, et il ne figure pas dans l'équation de la réaction.

Le palladium sur carbone est un catalyseur.

MÉTHODE
Pour identifier le rôle d'un paramètre, comparer deux expériences qui ne diffèrent que par ce paramètre : ici les protocoles 2 et 3, et non le protocole 1 dont la masse de A est différente.

C.1 Choisir, parmi les trois propositions, la valeur de la concentration c en quantité de matière apportée d'acide ascorbique. Justifier.

Données utiles $m = 0{,}50$ g ; $V = 200{,}0$ mL ; $M(\mathrm{C_6H_8O_6}) = 176\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \times V} = \frac{0{,}50}{176 \times 200{,}0 \times 10^{-3}} = 1{,}4 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

Proposition b : $c = 1{,}4 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

PIÈGE
Laisser le volume en mL donne $1{,}4 \times 10^{-5}$ (proposition a) ; oublier la masse molaire donne $2{,}5$ (proposition c, qui est en fait une concentration en masse en $\mathrm{g \cdot L^{-1}}$).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.50}{176 \times 0.2000} \approx 0.01420455$$

C.2 Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation entre l'acide ascorbique et l'eau.

L'acide ascorbique est un acide faible : il cède un ion H^+ à l'eau et la transformation est limitée (double flèche).

$$C_6H_8O_6\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons C_6H_7O_6^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$$

C.3 Montrer qu'à l'équilibre $K_A = \dfrac{[H_3O^+]_{éq}^2}{(c - [H_3O^+]_{éq}) \times c^\circ}$.

Par définition, pour le couple $C_6H_8O_6$ / $C_6H_7O_6^-$:

$$K_A = \frac{[C_6H_7O_6^-]_{éq} \times [H_3O^+]_{éq}}{[C_6H_8O_6]_{éq} \times c^\circ}$$

D'après l'équation (C.2), il se forme autant d'ions ascorbate que d'ions oxonium : $[C_6H_7O_6^-]_{éq} = [H_3O^+]_{éq}$.

Conservation de la matière : l'acide apporté est soit resté sous forme acide, soit transformé en ion ascorbate, donc $[C_6H_8O_6]_{éq} = c - [C_6H_7O_6^-]_{éq} = c - [H_3O^+]_{éq}$.

En remplaçant dans l'expression de K_A :

$$K_A = \frac{[H_3O^+]_{éq}^2}{(c - [H_3O^+]_{éq}) \times c^\circ}$$

MÉTHODE
Un tableau d'avancement en concentrations donne le même résultat : à l'équilibre, $c - x$ pour l'acide, x pour l'ion ascorbate et pour H_3O^+, avec $x = [H_3O^+]_{éq}$.

C.4 Déterminer la valeur de la constante d'acidité K_A puis le pK_A du couple acide ascorbique / ion ascorbate.

Données utiles $pH = 2{,}9$; $c = 1{,}4 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} (C.1) ; $c^\circ = 1$ mol · L^{-1}

$$[H_3O^+]_{éq} = c^\circ \times 10^{-pH} = 10^{-2{,}9} = 1{,}3 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$K_A = \frac{(10^{-2{,}9})^2}{(1{,}4 \times 10^{-2} - 10^{-2{,}9}) \times 1} = 1{,}2 \times 10^{-4}$$

$$pK_A = -\log K_A = -\log(1{,}2 \times 10^{-4}) = 3{,}9$$

$K_A = 1{,}2 \times 10^{-4}$ et $pK_A = 3{,}9$

PIÈGE
Négliger $[H_3O^+]_{éq}$ devant c au dénominateur n'est pas demandé ici : la formule de C.3 se calcule telle quelle. K_A n'a pas d'unité.

COMPRENDRE
Le pH est donné au dixième : deux chiffres significatifs pour K_A et une décimale pour le pK_A suffisent. Garder la valeur non arrondie de $10^{-2{,}9}$ dans la calculatrice pour le calcul.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$10^{-2.9} \approx 0.001258925$$

$$\frac{(10^{-2.9})^2}{1.4 \times 10^{-2} - 10^{-2.9}} \approx 1.243924 \times 10^{-4}$$

$$-\log\left(\frac{(10^{-2.9})^2}{1.4 \times 10^{-2} - 10^{-2.9}}\right) \approx 3.905206$$

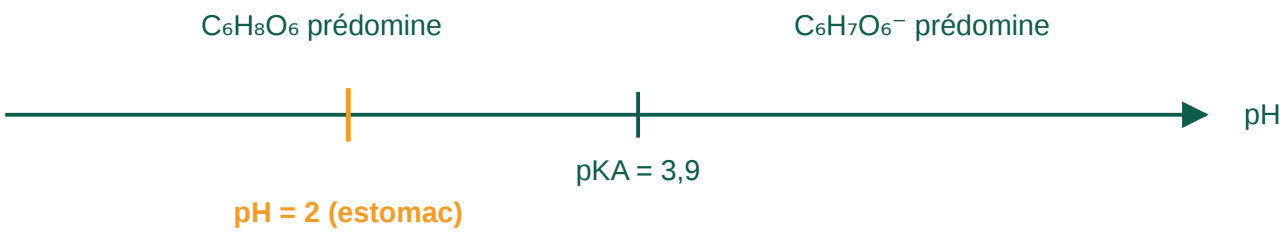
C.5 Représenter le diagramme de prédominance du couple acide ascorbique / ion ascorbate et en déduire la forme majoritaire dans l'estomac, où le pH vaut environ 2.

Données utiles $\mathrm{p}K_A = 3{,}9$ (C.4)

Pour $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_A$, la forme acide $\mathrm{C_6H_8O_6}$ prédomine ; pour $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_A$, c'est la forme basique $\mathrm{C_6H_7O_6^-}$ (diagramme ci-dessous).

Dans l'estomac, $\mathrm{pH} \approx 2 < \mathrm{p}K_A = 3{,}9$.

Dans l'estomac, la forme majoritaire est l'acide ascorbique $\mathrm{C_6H_8O_6}$.



C.5 · Diagramme de prédominance du couple acide ascorbique / ion ascorbate

C.6 Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

L'acide ascorbique (acide du couple $\mathrm{C_6H_8O_6}$ / $\mathrm{C_6H_7O_6^-}$) réagit avec l'ion hydroxyde (base du couple $\mathrm{H_2O}$ / $\mathrm{HO^-}$). La réaction support d'un titrage est totale : flèche simple.

$$\mathrm{C_6H_8O_6\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow C_6H_7O_6^-\,(aq) + H_2O\,(l)}$$

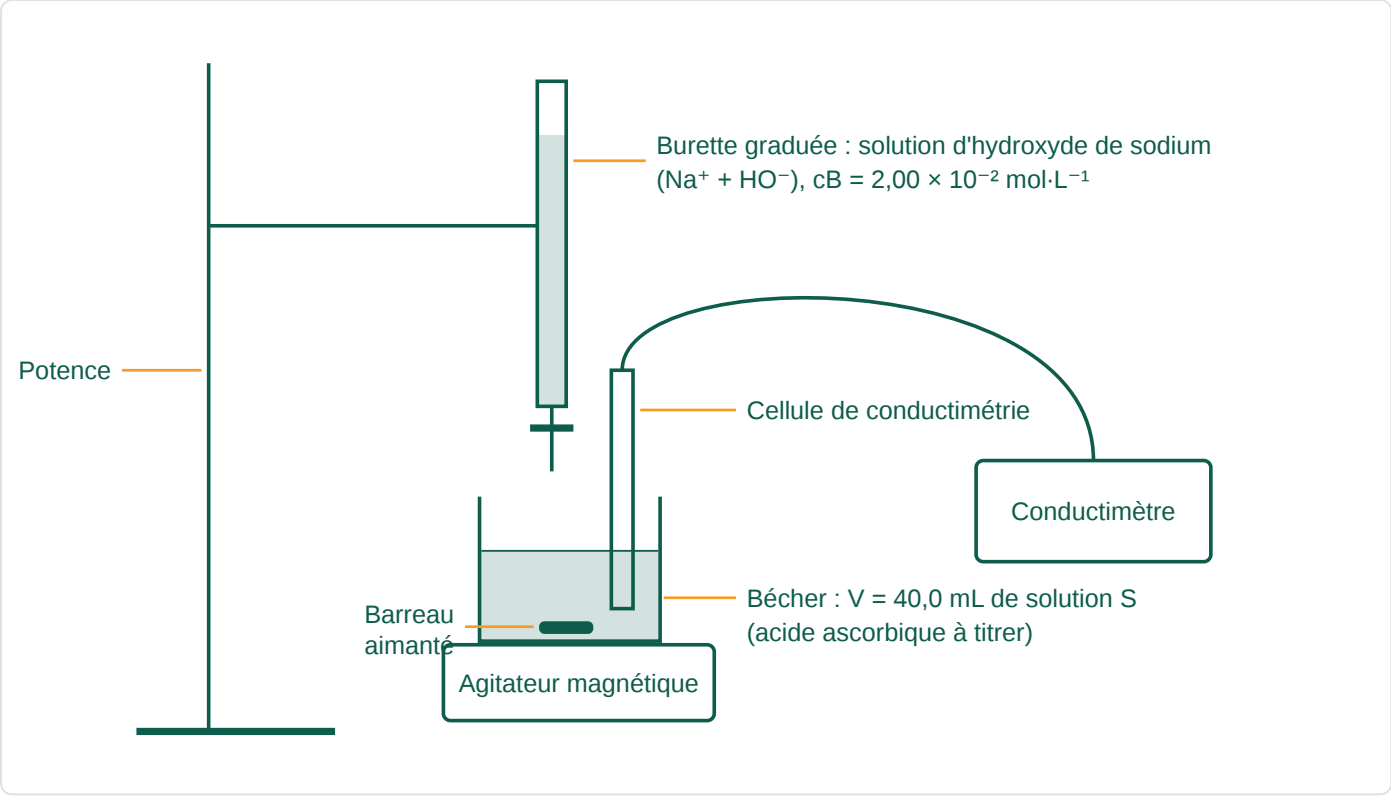
PIÈGE
L'ion sodium $\mathrm{Na^+}$ est spectateur : il n'apparaît pas dans l'équation, mais il compte dans la conductivité (C.8).

C.7 Réaliser un schéma légendé du dispositif expérimental du titrage.

Le schéma doit faire apparaître :

- la burette graduée contenant la solution titrante d'hydroxyde de sodium, $c_B = 2{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$;
- le bécher contenant la solution titrée : $V = 40{,}0$ mL de solution S ;
- l'agitateur magnétique et le barreau aimanté ;
- la cellule de conductimétrie plongée dans la solution et reliée au conductimètre.

Schéma légendé ci-dessous.



C.7 · Dispositif du titrage conductimétrique

C.8 Interpréter qualitativement l'évolution de la pente de la courbe de titrage.

Données utiles λ° en $\mathrm{mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}}$: $C_6H_7O_6^-$: 3,42 ; Na^+ : 5,01 ; HO^- : 19,9

Avant l'équivalence, les ions HO^- versés sont entièrement consommés. Chaque ajout apporte des ions Na^+ et forme autant d'ions $C_6H_7O_6^-$: la quantité d'ions augmente, la conductivité augmente, avec une pente faible car ces deux ions conduisent peu.

Après l'équivalence, il n'y a plus d'acide ascorbique : les ions Na^+ et HO^- versés s'accumulent. L'ion HO^- a une conductivité ionique molaire bien plus grande que celle de l'ion ascorbate ($19{,}9 > 3{,}42$) : la conductivité augmente plus vite.

La pente est positive et faible avant l'équivalence, puis plus forte après : la rupture de pente repère l'équivalence.

COMPRENDRE
La conductivité initiale n'est pas nulle : le comprimé contient aussi de l'ascorbate de sodium, qui apporte des ions Na^+ et $C_6H_7O_6^-$ dès le départ. L'acide ascorbique, molécule non chargée, ne conduit pas.

C.9 Déterminer la concentration en quantité de matière d'acide ascorbique de la solution titrée.

Données utiles $c_B = 2{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $V = 40{,}0$ mL ; courbe de titrage

On trace les deux droites qui modélisent la courbe avant et après la rupture de pente : leur point d'intersection donne le volume à l'équivalence, $V_E = 8{,}2$ mL.

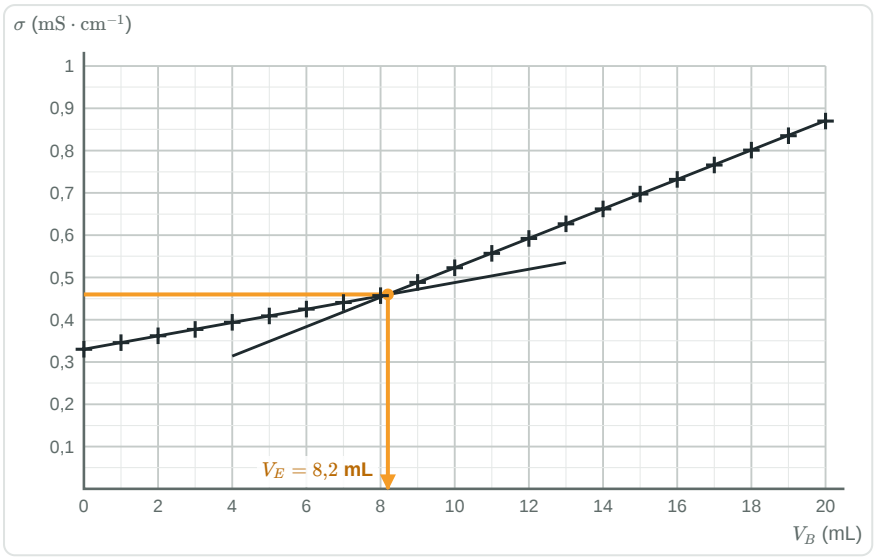
À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation (C.6) : $n(C_6H_8O_6)_{\text{titré}} = n(HO^-)_{\text{versé}}$, soit $c_A \times V = c_B \times V_E$.

$$c_A = \frac{c_B \times V_E}{V} = \frac{2{,}00 \times 10^{-2} \times 8{,}2}{40{,}0}$$

$c_A = 4{,}1 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

PIÈGE
Lire V_E sur le premier point qui s'écarte (8 ou 9 mL) : l'équivalence est à l'intersection des deux droites, tracées à la règle en s'appuyant sur les points éloignés de la rupture.

COMPRENDRE
Le rapport V_E/V est sans unité : inutile de convertir les volumes en litres. La lecture graphique limite le résultat à deux chiffres significatifs.



C.9 · Courbe de titrage du sujet : les deux droites se coupent à l'équivalence

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2.00 \times 10^{-2} \times 8.2}{40.0} \approx 0.0041$$

C.10 En déduire la valeur de la masse m d'acide ascorbique contenue dans un comprimé.

Données utiles $c_A = 4{,}1 \times 10^{-3}$ mol · L^{-1} (C.9) ; $V_0 = 250{,}0$ mL ; $M = 176$ g · mol^{-1}

Le comprimé entier a été dissous dans le volume V_0 de solution S, de concentration c_A : $n = c_A \times V_0$ et $m = n \times M$.

$$m = c_A \times V_0 \times M = 4{,}1 \times 10^{-3} \times 250{,}0 \times 10^{-3} \times 176$$

$m = 0{,}1804$ g $\approx 0{,}18$ g

PIÈGE
Utiliser le volume prélevé $V = 40{,}0$ mL au lieu de $V_0 = 250{,}0$ mL : on obtiendrait la masse d'acide dans la prise d'essai (0,029 g), pas dans le comprimé.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$4.1 \times 10^{-3} \times 0.2500 \times 176 \approx 0.1804$$

C.11 Écrire la masse trouvée avec un nombre adapté de chiffres significatifs, sachant que $u(m) = 0{,}01$ g.

Données utiles $m = 0{,}1804$ g (C.10) ; $u(m) = 0{,}01$ g

L'incertitude-type porte sur le centième de gramme : le dernier chiffre écrit pour m doit être celui des centièmes.

$m = 0{,}18$ g avec $u(m) = 0{,}01$ g

MÉTHODE
Le résultat d'une mesure s'arrondit au même rang décimal que son incertitude-type : écrire 0,1804 g laisserait croire à une précision au dixième de milligramme.

C.12 Comparer la valeur mesurée à la valeur de référence en calculant le rapport $\frac{|m - m_{\text{réf}}|}{u(m)}$ et commenter.

Données utiles $m = 0{,}18$ g (C.11) ; $m_{\text{réf}} = 200{,}00$ mg $= 0{,}200$ g ; $u(m) = 0{,}01$ g

$$\frac{|m - m_{\text{réf}}|}{u(m)} = \frac{|0{,}18 - 0{,}200|}{0{,}01} = 2$$

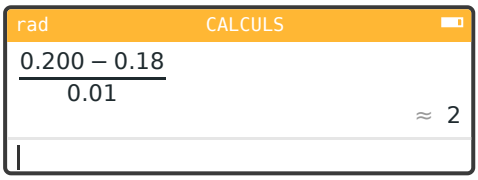
L'écart entre la valeur mesurée et la valeur de référence vaut deux incertitudes-types. On considère qu'une mesure est compatible avec la référence tant que ce rapport ne dépasse pas 2 : la mesure est donc compatible avec l'indication du fabricant, mais à la limite.

Rapport égal à 2 : la masse mesurée (0,18 g) est compatible, de justesse, avec les 200 mg annoncés.

COMPRENDRE

Le résultat dépend de la lecture de V_E : avec 8,5 mL on trouverait 0,19 g et un rapport de 1. Une valeur mesurée un peu faible peut venir d'une dissolution incomplète du comprimé.

À LA CALCULATRICE



La pente d'eau de Montech

Bac 2022 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

A.1 Donner la relation entre le vecteur accélération $\vec{a}(t)$ et le vecteur vitesse $\vec{v}(t)$, puis en déduire, en justifiant, celle entre les normes $a(t)$ et $v(t)$.

Par définition : $\vec{a}(t) = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}(t)$.

Le mouvement de G est rectiligne le long de l'axe Ox, et $\vec{i}$ est un vecteur fixe : $\vec{v} = v_x\,\vec{i}$ donc $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}\,\vec{i}$.

Le système avance dans le sens de $\vec{i}$ et sa vitesse ne diminue jamais : $v_x = v \geqslant 0$ et $\dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} \geqslant 0$. La norme de $\vec{a}$ est donc :

$$a(t) = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}(t)$$

PIÈGE
Cette égalité entre normes n'est pas générale. Dans un mouvement circulaire uniforme, v est constante alors que a n'est pas nulle. Il faut donc la justifier par le caractère rectiligne du mouvement.

A.2 À l'aide de la courbe, montrer que l'accélération est constante entre $t_0 = 0$ s et $t_1 = 100$ s et qu'elle vaut $a_0 = 1{,}20 \times 10^{-2}\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$. En déduire l'équation horaire $v(t)$ en fonction de a_0 et t.

Données utiles lecture graphique : $v_x = 1{,}20\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ à $t_1 = 100$ s ; $v_x = 0$ à $t_0 = 0$ s

Entre 0 et 100 s, les points de mesure sont alignés sur une droite passant par l'origine. Or $a = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$ (A.1) est le coefficient directeur de cette droite : l'accélération est constante.

$$a_0 = \frac{v(t_1) - v(t_0)}{t_1 - t_0} = \frac{1{,}20 - 0}{100 - 0} = 1{,}20 \times 10^{-2}\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$$

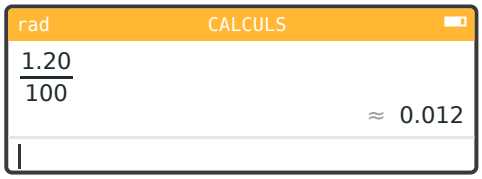
$\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = a_0$ donc, en primitivant, $v(t) = a_0\,t + C$. À $t = 0$, $v(0) = 0$ donc $C = 0$.

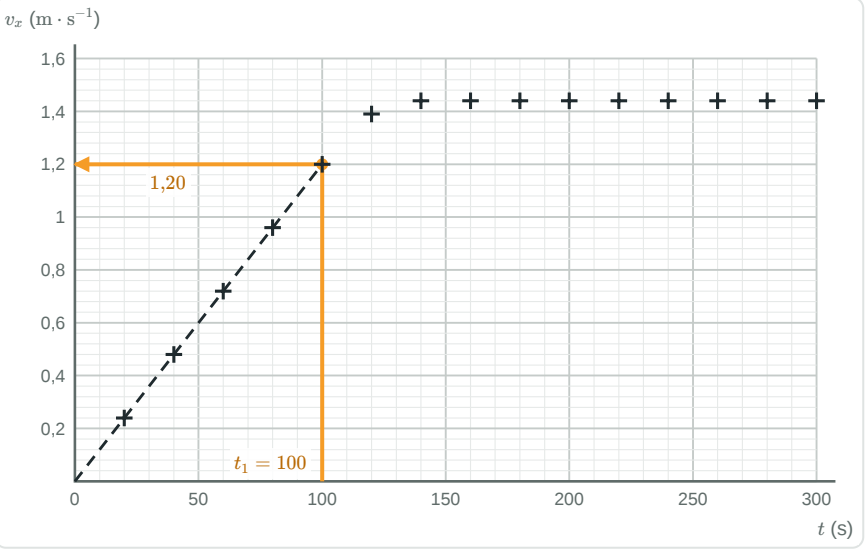
$a_0 = 1{,}20 \times 10^{-2}\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$ (valeur attendue) et $v(t) = a_0\,t$

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme la vitesse lue sur le graphique ($1{,}20\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$). On écrit donc $1{,}20 \times 10^{-2}$ et non $1{,}2 \times 10^{-2}$.

MÉTHODE
Pour un coefficient directeur, choisir deux points éloignés et situés sur un croisement du quadrillage : ici l'origine et le point d'abscisse 100 s.

À LA CALCULATRICE





A.2 · Courbe du sujet : droite passant par l'origine jusqu'à 100 s, puis palier

A.3 Montrer que l'équation horaire de la position de G s'écrit, entre $t_0 = 0$ s et $t_1 = 100$ s : $x(t) = \frac{1}{2}\, a_0\, t^2$.

$v_x = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ et $v_x(t) = a_0\, t$ (A.2). En primitivant : $x(t) = \frac{1}{2}\, a_0\, t^2 + C'$.

À $t = 0$, G est en O : $x(0) = 0$ donc $C' = 0$.

$$x(t) = \frac{1}{2}\, a_0\, t^2$$

PIÈGE
Oublier la constante d'intégration, ou ne pas la justifier. Les points se gagnent sur la condition initiale « G est en O à $t = 0$ », donnée dans l'énoncé.

A.4 Parmi les chronophotographies A, B et C, indiquer celle qui peut convenir pour le mouvement entre $t_0 = 0$ s et $t_1 = 100$ s. Justifier.

D'après A.3, la distance parcourue depuis le départ est proportionnelle à t^2. Avec des positions repérées à intervalles de temps réguliers τ (aux dates $n\,\tau$), les abscisses sont proportionnelles à n^2 : 0 ; 1 ; 4 ; 9 ; 16 ; 25…

Abscisses relevées, en carreaux :

- A : 0 ; 2 ; 4 ; 6 ; 8… : écarts égaux, mouvement uniforme, à écarter.
- B : 0 ; 1 ; 3 ; 6 ; 10 ; 15 ; 21 : pas proportionnelles à n^2.
- C : 0 ; 1 ; 4 ; 9 ; 16 ; 25 : proportionnelles à n^2.

La chronophotographie **C** convient.

PIÈGE
Répondre « les points s'écartent, donc B ou C » ne suffit pas. Il faut un critère chiffré tiré de $x(t)$: quand la durée double, la distance parcourue est multipliée par 4.

COMPRENDRE
Sur B, les écarts successifs (1, 2, 3, 4…) augmentent aussi régulièrement : l'accélération est constante, mais la vitesse initiale n'est pas nulle. Un départ arrêté donne des écarts dans les rapports 1, 3, 5, 7, 9, comme sur C.

B.1 Déterminer le schéma qui représente le mieux la situation entre t_0 et t_1. Justifier en associant chaque vecteur à l'une des quatre forces et en construisant la somme vectorielle des forces sur l'annexe.

$\vec{P}$: poids (vertical, vers le bas) ; $\vec{R}_N$: réaction normale de la pente (perpendiculaire à Ox) ; $\vec{F}$: force des automotrices (dans le sens du mouvement) ; $\vec{f}$: force de frottement (opposée au mouvement).

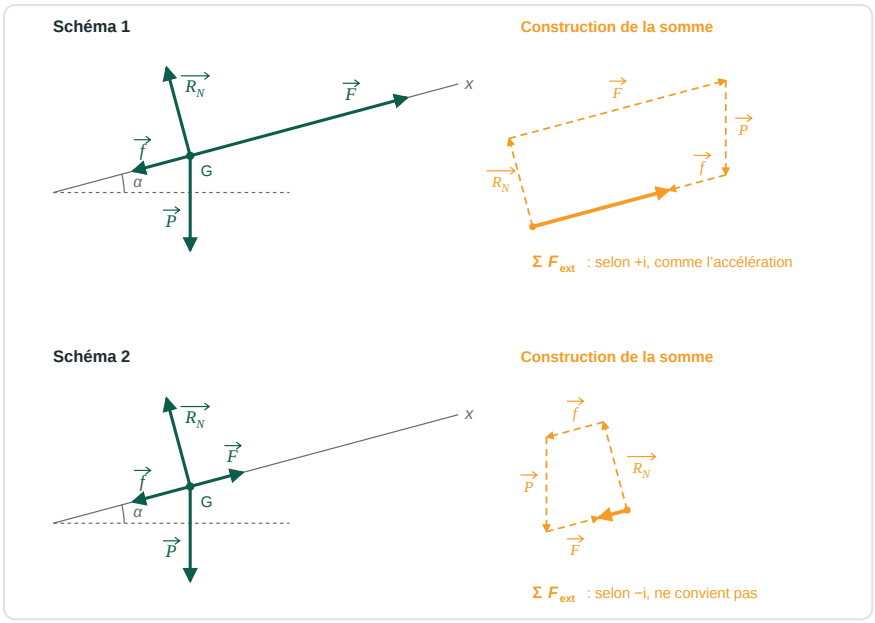
Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, la deuxième loi de Newton appliquée au système de masse m constante s'écrit $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}$, avec $\vec{a} = a_0\,\vec{i}$ et $a_0 > 0$: la somme des forces doit être dirigée selon $+\vec{i}$.

Construction (annexe) : sur le schéma 1, la somme est bien dirigée selon $+\vec{i}$. Sur le schéma 2, $\vec{F}$ n'est pas plus longue que $\vec{f}$ et la somme est dirigée selon $-\vec{i}$.

Le **schéma 1** représente le mieux la situation.

PIÈGE
Choisir « à l'œil » sans citer la deuxième loi de Newton. L'argument attendu est : $\sum \vec{F}_{\text{ext}}$ a la direction et le sens de $\vec{a}$.

MÉTHODE
Somme de vecteurs : les reporter bout à bout, dans n'importe quel ordre. La somme part de l'origine du premier et aboutit à l'extrémité du dernier. Puis comparer sa direction et son sens à ceux de $\vec{a}$.



B.1 · Annexe complétée : en vert les forces du sujet, en orange la construction (vecteurs mis bout à bout) et la somme

B.2 Déterminer la nature du mouvement entre $t_2 = 140$ s et $t_3 = 300$ s et en déduire la valeur de la somme vectorielle des forces.

Entre t_2 et t_3, la courbe est un palier : la vitesse garde la valeur constante $1{,}44\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, et la trajectoire est une droite. Le mouvement est **rectiligne uniforme**.

Le vecteur vitesse est constant, donc $\vec{a} = \vec{0}$. D'après la deuxième loi de Newton (ou la réciproque du principe d'inertie) :

$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a} = \vec{0}$: les forces se compensent.

COMPRENDRE
Somme nulle ne veut pas dire absence de force : les automotrices poussent toujours, mais $\vec{F}$ compense exactement le frottement et la composante du poids le long de la pente.

C.1 Identifier la lentille qui constitue l'oculaire et celle qui constitue l'objectif.

La lentille L_1 est tournée vers l'objet : elle reçoit la lumière venant du bateau et en donne l'image intermédiaire A_1B_1. La lentille L_2 est du côté de l'œil : elle sert à observer A_1B_1.

L_1 est l'**objectif**, L_2 est l'**oculaire**.

C.2 Établir l'expression du grossissement de la lunette, puis choisir parmi les lentilles disponibles celles à utiliser pour L_1 et L_2. Préciser les graduations du tube 1 et du tube 2 qui doivent coïncider.

Données utiles $G = 6$; distances focales disponibles : 5,0 cm ; 10,0 cm ; 12,5 cm ; 20,0 cm ; 30,0 cm

Grossissement : $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$.

Triangle $O_1A_1B_1$, rectangle en A_1 : $\tan\alpha = \dfrac{A_1B_1}{O_1A_1} = \dfrac{A_1B_1}{f_1'}$. Triangle $O_2A_1B_1$: $\tan\alpha' = \dfrac{A_1B_1}{O_2A_1} = \dfrac{A_1B_1}{f_2'}$.

Les angles sont petits : $\tan\alpha \approx \alpha$ et $\tan\alpha' \approx \alpha'$ (en radians), d'où

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{A_1B_1}{f_2'} \times \frac{f_1'}{A_1B_1} = \frac{f_1'}{f_2'}$$

$G = 6$ impose $f_1' = 6\,f_2'$: seul le couple $f_1' = 30{,}0$ cm (pour L_1) et $f_2' = 5{,}0$ cm (pour L_2) convient.

La lunette est afocale (F_1' et F_2 confondus) : $O_1O_2 = f_1' + f_2' = 30{,}0 + 5{,}0 = 35{,}0$ cm. Chaque tube est gradué à partir de sa lentille : les deux graduations en regard doivent avoir pour somme 35 cm.

L_1 : 30,0 cm ; L_2 : 5,0 cm ; la graduation 15 du tube 1 coïncide avec la graduation 20 du tube 2 (ou 20 avec 15).

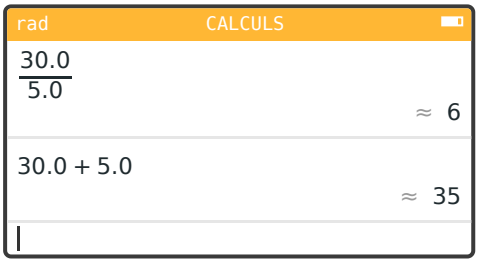
PIÈGE

Inverser le rapport : $G = f_2'/f_1'$ donnerait une lunette qui rapetisse. L'objectif a toujours la plus grande distance focale.

MÉTHODE

Lunette afocale : l'image intermédiaire se forme dans le plan focal commun, donc $O_1A_1 = f_1'$ et $O_2A_1 = f_2'$. La longueur de la lunette est toujours $f_1' + f_2'$.

À LA CALCULATRICE



Un radar de contrôle de vitesses

Bac 2022 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1 Déterminer, en justifiant, les sanctions encourues par le conducteur.

Données utiles $v = 25\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; route sèche à double sens sans séparateur : $80\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; tolérance : $5\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$

Conversion : $v = 25 \times 3{,}6 = 90\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Avec la tolérance, la vitesse retenue est $90 - 5 = 85\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. La limite est de $80\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: le dépassement est de $5\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

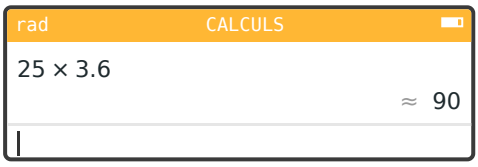
L'écart est inférieur à $20\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ et la vitesse maximale autorisée est supérieure à $50\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: c'est la deuxième ligne du tableau.

Amende forfaitaire de 68 euros et retrait d'un point sur le permis de conduire.

COMPRENDRE
Sans la tolérance, l'écart vaut $10\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: la ligne du tableau, donc la sanction, reste la même.

MÉTHODE
Pour passer des $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ aux $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, on multiplie par 3,6, car $1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} = \dfrac{10^{-3}\ \text{km}}{(1/3600)\ \text{h}}$.

À LA CALCULATRICE



2 Justifier que les occupants du véhicule flashé n'ont vu qu'un seul éclair lumineux.

Données utiles durée entre les débuts des deux flashs : au plus 52 ms ; persistance rétinienne : environ 0,070 s

La persistance rétinienne dure environ $0{,}070\ \text{s} = 70\ \text{ms}$.

Le second flash commence au plus tard 52 ms après le premier, et $52\ \text{ms} < 70\ \text{ms}$: l'image du premier éclair est encore présente sur la rétine quand le second arrive. L'œil ne sépare pas les deux éclairs.

$52\ \text{ms} < 70\ \text{ms}$: les deux flashs sont perçus comme un seul éclair.

PIÈGE
Comparer 52 et 0,070 sans les mettre dans la même unité. La comparaison chiffrée est attendue : citer la persistance rétinienne ne suffit pas.

3 Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur lorsque l'interrupteur est en position 1.

On note i l'intensité du courant, orientée de la borne $+$ du générateur vers le condensateur, et u_R la tension aux bornes du conducteur ohmique en convention récepteur.

Loi des mailles : $E = u_R + u_C$.

Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$.

Pour le condensateur : $i = \dfrac{\text{d}q}{\text{d}t}$ et $q = C\,u_C$, avec C constante, donc $i = C\,\dfrac{\text{d}u_C}{\text{d}t}$.

En remplaçant : $E = R\,C\,\dfrac{\text{d}u_C}{\text{d}t} + u_C$.

$$\frac{\text{d}u_C}{\text{d}t} + \frac{u_C}{RC} = \frac{E}{RC}$$

PIÈGE
Oublier d'orienter le circuit. Sans sens choisi pour i et sans flèches de tension, les signes de la loi des mailles ne sont pas justifiés.

MÉTHODE
Toujours les trois mêmes étapes : loi des mailles, loi d'Ohm, relation $i = C\,\dfrac{\text{d}u_C}{\text{d}t}$. On élimine ensuite i et u_R pour ne garder que u_C.

4 Les solutions sont de la forme $u_C = A + B \times e^{-t/\tau}$. Déterminer, en justifiant, les expressions littérales des constantes A, B et τ.

On dérive : $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = -\dfrac{B}{\tau}\,e^{-t/\tau}$.

On reporte dans $RC\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + u_C = E$:

$$-\frac{RC}{\tau}\,B\,e^{-t/\tau} + A + B\,e^{-t/\tau} = E \quad \text{soit} \quad B\left(1 - \frac{RC}{\tau}\right)e^{-t/\tau} + A = E$$

Cette égalité doit être vraie à chaque instant, ce qui impose $1 - \dfrac{RC}{\tau} = 0$ et $A = E$.

Condition initiale : le condensateur est déchargé, $u_C(0) = 0$, donc $A + B = 0$, soit $B = -E$.

$\boxed{A = E\ ;\ B = -E\ ;\ \tau = RC,\ \text{d'où}\ u_C = E\left(1 - e^{-t/\tau}\right)}$

PIÈGE
Donner $B = E$. À $t = 0$ l'exponentielle vaut 1, donc $u_C(0) = A + B$: il faut $B = -E$ pour partir de 0 V.

COMPRENDRE
A est la tension atteinte en fin de charge : quand t devient très grand, l'exponentielle tend vers 0 et u_C tend vers E, ce que montre la courbe (palier à 6,0 V).

5 Déterminer, en justifiant, la valeur de la capacité du condensateur utilisé.

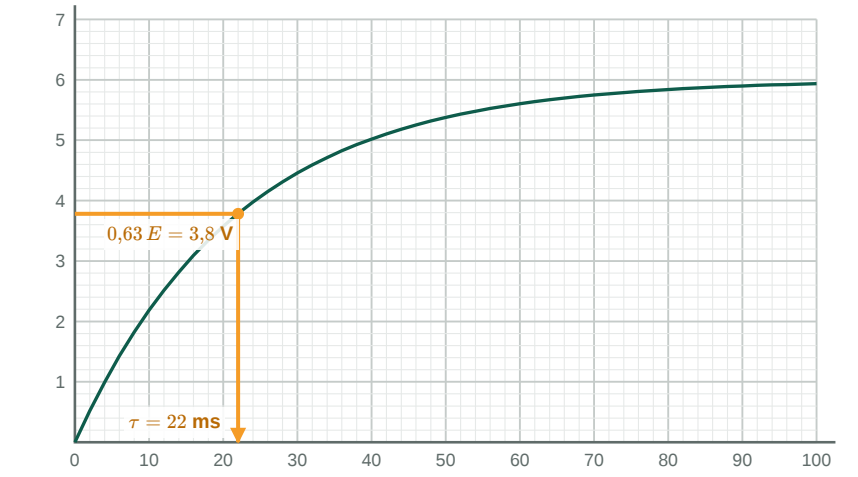
Données utiles $E = 6{,}0$ V ; $R = 47\ \Omega$; courbe de charge $u_C(t)$; $\tau = RC$ (Q4)

À $t = \tau$: $u_C(\tau) = E\left(1 - e^{-1}\right) = 0{,}63\,E = 0{,}63 \times 6{,}0 = 3{,}8$ V.

Sur la courbe, le point d'ordonnée 3,8 V a pour abscisse $\tau = 0{,}022$ s.

Comme $\tau = RC$: $\quad C = \dfrac{\tau}{R} = \dfrac{0{,}022}{47} = 4{,}7 \times 10^{-4}$ F

$\boxed{C = 4{,}7 \times 10^{-4}\ \text{F, soit } 470\ \mu\text{F}}$



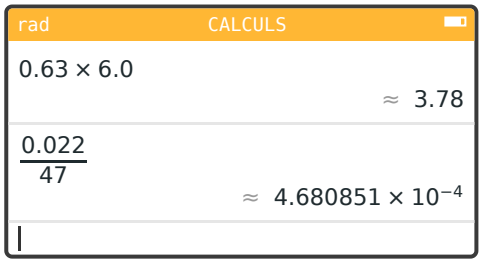
5 · Charge du condensateur : lecture de la constante de temps

PIÈGE
Lire le temps où u_C semble atteindre 6,0 V : ce n'est pas τ, mais environ $5\,\tau$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme E, R et la lecture de τ. Le résultat est cohérent avec les 470 μF annoncés dans la suite du sujet.

MÉTHODE
Autre lecture possible : la tangente à l'origine coupe l'asymptote $u_C = E$ à l'abscisse $t = \tau$. La méthode des 63 % est plus précise sur une courbe expérimentale.

À LA CALCULATRICE



6 Vérifier si le dispositif de l'élève permet d'émettre les deux flashs avec le décalage temporel de 52 ms imposé par le cinémomètre.

Données utiles $C = 470\ \mu\text{F}$; décharge jusqu'à 3,30 V : $\Delta t_1 = 8{,}0\ \text{ms}$; bascule à $W_{\text{cond}} = 7{,}0 \times 10^{-3}\ \text{J}$; $W_{\text{cond}} = \frac{1}{2} C\, u_C^2$; courbe de recharge

Le premier flash commence quand l'interrupteur passe en position 2, le second quand il y revient. La durée entre les deux débuts est donc $\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2$, avec Δt_1 la durée de la décharge et Δt_2 celle de la recharge.

Décharge : $\Delta t_1 = 8{,}0\ \text{ms}$ (donnée).

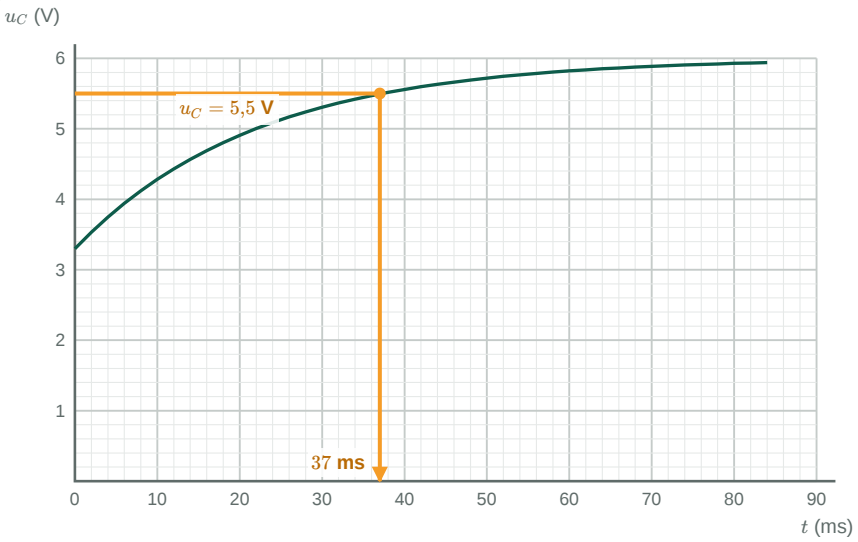
Recharge : elle s'arrête quand l'énergie stockée vaut $7{,}0 \times 10^{-3}$ J. La tension est alors

$$u_C = \sqrt{\frac{2\,W_{\text{cond}}}{C}} = \sqrt{\frac{2 \times 7{,}0 \times 10^{-3}}{470 \times 10^{-6}}} = 5{,}5\ \text{V}$$

Sur la courbe de recharge, qui part de 3,30 V à $t = 0$, la tension atteint 5,5 V à $t \approx 0{,}037$ s : $\Delta t_2 \approx 37$ ms.

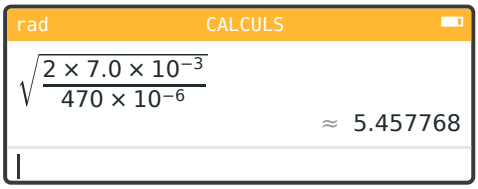
Bilan : $\Delta t = 8{,}0 + 37 = 45$ ms.

$\Delta t \approx 45\ \text{ms} < 52\ \text{ms}$: le dispositif de l'élève convient.



6 · Recharge avant le second flash : durée pour atteindre 5,5 V

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Laisser C en microfarads dans le calcul, ou oublier d'ajouter les 8,0 ms de décharge : le décalage se mesure entre les débuts des deux flashs.

COMPRENDRE
La courbe est presque plate vers 5,5 V : une lecture entre 35 et 38 ms est acceptable. Dans tous les cas, le total reste inférieur à 52 ms et la conclusion ne change pas.

MÉTHODE
Résolution de problème : annoncer la grandeur cherchée, la découper en étapes, calculer chacune, puis conclure par une comparaison chiffrée à la valeur imposée.

Capteurs solaires passifs, le mur Trombe-Michel

Bac 2022 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

A.1 Citer les trois modes de transfert thermique.

Les trois modes sont la **conduction**, la **convection** et le **rayonnement**.

COMPRENDRE
La conduction se fait de proche en proche sans déplacement de matière, la convection avec un mouvement d'ensemble du fluide, le rayonnement par des ondes électromagnétiques, y compris dans le vide.

A.2 Citer, pour chacun de ces modes de transfert thermique, un exemple mis en œuvre dans un mur Trombe-Michel.

- **Rayonnement** : le rayonnement solaire traverse le double vitrage et il est absorbé par la surface noire du mur, qui s'échauffe.
- **Conduction** : l'énergie reçue par la face noire traverse l'épaisseur du béton jusqu'à la face située côté pièce.
- **Convection** : l'air de la lame, chauffé au contact du mur, monte et entre dans la pièce par l'ouverture haute, tandis que de l'air plus froid arrive par le bas.

Rayonnement : Soleil vers la surface noire ; conduction : dans le béton ; convection : circulation de l'air de la lame.

PIÈGE
Citer un mode sans préciser où il intervient dans le mur ne rapporte rien : chaque exemple doit nommer un élément du schéma (vitrage, surface noire, béton, lame d'air).

COMPRENDRE
D'autres exemples sont acceptés : le schéma montre aussi le rayonnement infrarouge émis par le mur vers la pièce.

B.1 Exprimer les flux thermiques Φ_1 et Φ_2 correspondant respectivement aux résistances R_1 et R_2, puis calculer leurs valeurs.

Données utiles $L = 3{,}0$ m ; $H = 2{,}5$ m ; béton : $e = 40$ cm, $\lambda = 1{,}75\ \text{W}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$; $R_{\text{vitrage}} = 0{,}13\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$; $R_{\text{air}} = 0{,}46\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$; $T_{\text{int}} = 19$ °C ; $T_{\text{ext}} = 5{,}0$ °C

Le flux thermique à travers une paroi de résistance R est $\Phi = \dfrac{T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}}{R}$, avec $T_{\text{int}} - T_{\text{ext}} = 19 - 5{,}0 = 14$ K.

Résistance du mur de béton, de surface $S = L \times H$:

$$R_{\text{mur}} = \frac{e}{\lambda\, L\, H} = \frac{0{,}40}{1{,}75 \times 3{,}0 \times 2{,}5} = 3{,}0 \times 10^{-2}\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$$

Les résistances des couches s'ajoutent :

$$\Phi_1 = \frac{T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}}{R_{\text{mur}} + R_{\text{vitrage}}} = \frac{14}{0{,}030 + 0{,}13} = 87\ \text{W}$$

$$\Phi_2 = \frac{T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}}{R_{\text{mur}} + R_{\text{vitrage}} + R_{\text{air}}} = \frac{14}{0{,}030 + 0{,}13 + 0{,}46} = 23\ \text{W}$$

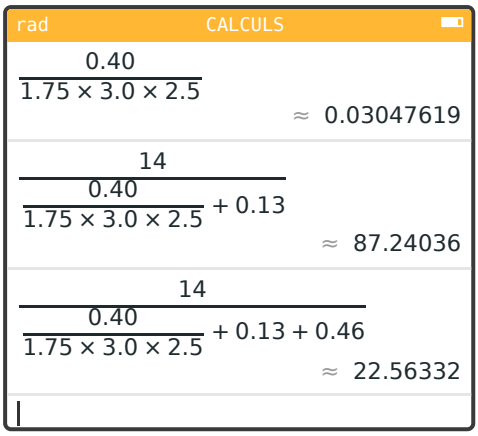
$\Phi_1 = 87$ W et $\Phi_2 = 23$ W

PIÈGE
L'épaisseur du béton est donnée en centimètres : $e = 0{,}40$ m. Le tableau ne donne pas la résistance du mur, il faut la calculer avant d'additionner.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme l'écart de température (14 K) et les résistances du tableau. Un écart de température a la même valeur en kelvins et en degrés Celsius.

MÉTHODE
Garder la valeur non arrondie de R_{mur} dans la calculatrice et n'arrondir que le résultat final.

À LA CALCULATRICE



B.2 En exploitant les valeurs obtenues, conclure quant à l'efficacité de la lame d'air.

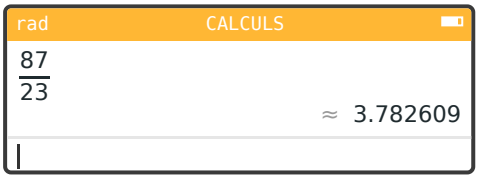
Données utiles $\Phi_1 = 87$ W et $\Phi_2 = 23$ W (B.1)

Pour le même écart de température, $\dfrac{\Phi_1}{\Phi_2} = \dfrac{87}{23} \approx 3{,}8$.

La lame d'air divise par presque 4 le flux thermique perdu vers l'extérieur : elle améliore nettement l'isolation de la façade.

COMPRENDRE
La lame d'air apporte à elle seule $0{,}46\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, soit près de trois fois la résistance de l'ensemble mur et vitrage. Plus la résistance est grande, plus le flux est faible.

À LA CALCULATRICE



C.1 Calculer la variation de l'énergie interne de l'air contenu dans la pièce.

Données utiles $C = 39{,}2\ \text{kJ} \cdot \text{K}^{-1}$; $T_i = 19{,}0$ °C ; $T_f = 23{,}0$ °C

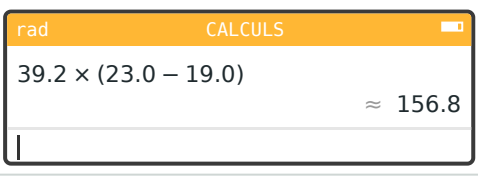
$$\Delta U = C\,(T_f - T_i) = 39{,}2 \times (23{,}0 - 19{,}0) = 157\ \text{kJ}$$

$\Delta U = 157\ \text{kJ} = 1{,}57 \times 10^5$ J

PIÈGE
La capacité thermique est en kilojoules par kelvin : le produit donne des kilojoules. Convertir en joules avant de diviser par une puissance en watts à la question suivante.

COMPRENDRE
ΔU est positive : l'air de la pièce reçoit de l'énergie, sa température augmente.

À LA CALCULATRICE



C.2 Déterminer la valeur de la durée nécessaire au réchauffement de l'air de la pièce de 19 °C à 23 °C.

Données utiles $F_{\text{solaire}} = 675$ W ; 25 % transférés à l'air de la pièce ; $\Delta U = 1{,}568 \times 10^5$ J (C.1)

Puissance thermique reçue par l'air de la pièce : $\Phi = 0{,}25 \times F_{\text{solaire}}$.

L'air ne reçoit que ce transfert thermique, donc $\Delta U = Q = \Phi\,\Delta t$, d'où

$$\Delta t = \frac{\Delta U}{0{,}25 \times F_{\text{solaire}}} = \frac{1{,}568 \times 10^5}{0{,}25 \times 675} = 9{,}3 \times 10^2\ \text{s}$$

$\Delta t = 9{,}3 \times 10^2$ s, soit environ 15 min.

PIÈGE
Diviser par 675 W au lieu de 25 % de 675 W, ou laisser ΔU en kilojoules : la durée serait alors fausse d'un facteur 4 ou 1000.

COMPRENDRE
Cette durée paraît courte : le modèle néglige les pertes de la pièce et l'énergie nécessaire pour chauffer aussi les murs et les meubles. Deux chiffres significatifs, comme 25 %.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.568 \times 10^5}{0.25 \times 675} \approx 929.1852$

$\dfrac{\dfrac{1.568 \times 10^5}{0.25 \times 675}}{60} \approx 15.48642$

D.1 Choisir, en justifiant, parmi les trois expressions proposées celle qui correspond à l'expression du flux thermique de convection.

Données utiles h en $\mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}}$; S en $\mathrm{m^2}$; $(T_m - T)$ en K

Un flux thermique s'exprime en watts. On cherche l'unité de chaque expression :

- $\dfrac{h}{S}(T_m - T)$: $\dfrac{\mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}}}{\mathrm{m^2}} \times \mathrm{K} = \mathrm{W \cdot m^{-4}}$, ne convient pas ;
- $h\,S\,(T_m - T)$: $\mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \times m^2 \times K} = \mathrm{W}$, convient ;
- $\dfrac{h\,S}{T_m - T}$: $\dfrac{\mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \times m^2}}{\mathrm{K}} = \mathrm{W \cdot K^{-2}}$, ne convient pas.

$\Phi_c = h\,S\,(T_m - T)$, seule expression homogène à une puissance.

MÉTHODE
Pour choisir entre plusieurs formules, remplacer chaque grandeur par son unité et simplifier. On peut confirmer par le sens physique : le flux augmente avec la surface et avec l'écart de température.

D.2 En conduisant un raisonnement argumenté, déterminer si, la nuit, le mur restitue la chaleur à l'air de la pièce uniquement selon un mode convectif. Commenter.

Données utiles $h = 10\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}}$; $L = 3{,}0$ m ; $H = 2{,}5$ m ; $T_m = 25$ °C ; $T = 19$ °C ; flux total de l'ordre de 4 000 W

Flux de convection entre le mur, de surface $S = L \times H$, et l'air de la pièce :

$$\Phi_c = h\,L\,H\,(T_m - T) = 10 \times 3{,}0 \times 2{,}5 \times (25 - 19) = 4{,}5 \times 10^2\ \mathrm{W}$$

Ce flux est environ neuf fois plus petit que le flux total de 4 000 W : la convection n'en représente qu'environ 11 %.

$\Phi_c = 4{,}5 \times 10^2\ \mathrm{W} \ll 4\,000\ \mathrm{W}$: le mur ne restitue pas la chaleur uniquement par convection ; l'essentiel est cédé par rayonnement infrarouge.

PIÈGE
S'arrêter au calcul de Φ_c. La question demande une comparaison au flux total, une conclusion et le nom de l'autre mode de transfert.

COMPRENDRE
Le schéma du sujet le confirme : des flèches ondulées « rayonnement infrarouge » partent du mur vers la pièce. Le mur chaud émet comme tout corps un rayonnement thermique.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$10 \times 3.0 \times 2.5 \times (25 - 19) \approx 450$

$\dfrac{450}{4000} \approx 0.1125$