Corrigé complet — Bac 2023 Amérique du Nord Jour 2

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

Ex 1	**Bicycle Moto cross** Niveau d'intensité sonore et atténuation · Théorème de l'énergie cinétique · Travail et puissance · Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme · Premier principe et flux thermique	11 pts	1 h 56	16 questions	p. 2
Ex 2	**Optimisation de la synthèse de l'éthanoate de benzyle** Formule topologique et groupes caractéristiques · Isomérie de constitution · Facteurs cinétiques et catalyse · Titrage acido-basique · Rendement d'une synthèse · Optimisation par excès d'un réactif	5 pts	53 min	9 questions	p. 7
Ex 3	**Fabrication de la bière** Polymère et motif · pH et concentration en ions oxonium · Quantité de matière et équation de réaction · Équation d'état du gaz parfait · Spectroscopie infrarouge	4 pts	48 min	6 questions	p. 11

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.

Bicycle Moto cross

Bac 2023 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 56**

Q.1 Calculer le niveau d'intensité sonore L_{t1} transmis à l'intérieur du casque du premier pilote.

Données utiles $L_{i1} = 83$ dB ; atténuation par absorption du casque : $A = 10$ dB

L'atténuation par absorption est $A = L_i - L_t$, donc $L_{t1} = L_{i1} - A$.

$L_{t1} = 83 - 10$

$L_{t1} = 73$ dB

COMPRENDRE
Une atténuation se retranche du niveau en décibels ; on ne divise jamais un niveau sonore. Le résultat, compris entre 60 et 85 dB, correspond à un son parfaitement audible.

Q.2 Calculer le niveau d'intensité sonore L_{i8} du son incident sur le casque du huitième pilote, puis le niveau L_{t8} du son transmis. Commenter.

Données utiles $L' = L + 20\log\left(\frac{d}{d'}\right)$; $d = 4{,}0$ m ; pilote 8 situé 7,0 m plus loin ; $L_{i1} = 83$ dB ; $A = 10$ dB

Le huitième pilote est à la distance $d' = 4{,}0 + 7{,}0 = 11{,}0$ m du haut-parleur.

$$L_{i8} = L_{i1} + 20\log\left(\frac{d}{d'}\right) = 83 + 20\log\left(\frac{4{,}0}{11{,}0}\right) = 74 \text{ dB}$$

Son transmis dans le casque : $L_{t8} = L_{i8} - A = 74 - 10 = 64$ dB.

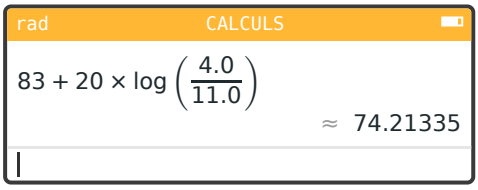
Ce niveau dépasse 60 dB : le huitième pilote entend parfaitement les bips, mais 9 dB moins fort que le premier pilote.

$L_{i8} = 74$ dB et $L_{t8} = 64$ dB : son audible, mais nettement plus faible que pour le pilote 1.

PIÈGE
Prendre $d' = 7{,}0$ m. Les distances se comptent depuis la source : $d' = 11{,}0$ m. Vérification : plus loin, le niveau doit baisser, donc le logarithme doit être négatif.

COMPRENDRE
Un niveau sonore se donne ici à l'unité, comme $L_{i1} = 83$ dB. Le commentaire attendu compare L_{t8} au seuil de 60 dB du texte.

À LA CALCULATRICE



Q.3 Expliquer qualitativement pourquoi le dispositif à deux haut-parleurs, placés aux extrémités de la ligne de départ, est plus équitable.

Avec un seul haut-parleur, le pilote le plus éloigné reçoit un son plus faible et le reçoit plus tard que le pilote le plus proche.

Avec un haut-parleur à chaque extrémité, la disposition est symétrique : chaque pilote extrême est proche d'une source, comme son homologue de l'autre côté.

Les pilotes reçoivent les bips avec des niveaux sonores voisins et des retards voisins : aucun n'est avantagé par sa place sur la grille.

COMPRENDRE
Deux arguments sont attendus : le niveau sonore, qui diminue avec la distance, et la durée de propagation, qui augmente avec elle.

Q.4 Justifier sans calcul l'intérêt pour les pilotes d'être plus attentifs aux signaux lumineux qu'aux signaux sonores pour prendre le départ.

La lumière se propage dans l'air à une célérité très supérieure à celle du son ($3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ contre $340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Le signal lumineux parvient donc à tous les pilotes de façon quasi instantanée, alors que le bip arrive avec un retard, différent selon la place du pilote.

En se fiant au feu vert, le pilote réagit plus tôt et sans dépendre de sa distance au haut-parleur.

COMPRENDRE
Ordre de grandeur, non demandé : le son met $11{,}0 \div 340 \approx 0{,}03$ s pour atteindre le huitième pilote. C'est suffisant pour départager deux pilotes de haut niveau au départ.

Q.5 Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au système lors du trajet AB pour exprimer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force motrice.

Données utiles forces : poids $\vec{P}$, réaction $\vec{R}$ perpendiculaire au plan, force motrice $\vec{F}$; altitudes z_A et z_B

Système {pilote + bicyclette}, référentiel terrestre supposé galiléen.

Théorème de l'énergie cinétique entre A et B :

$$\tfrac{1}{2}mv_B^2 - \tfrac{1}{2}mv_A^2 = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}) + W_{AB}(\vec{F})$$

- Le pilote part de la grille sans vitesse : $v_A = 0$.
- $\vec{R}$ est perpendiculaire au déplacement à chaque instant : $W_{AB}(\vec{R}) = 0$.
- Travail du poids : $W_{AB}(\vec{P}) = m\,g\,(z_A - z_B)$, positif car le système descend.

Donc $\tfrac{1}{2}mv_B^2 = m\,g\,(z_A - z_B) + W_{AB}(\vec{F})$.

$$W_{AB}(\vec{F}) = \tfrac{1}{2}\,m\,v_B^2 - m\,g\,(z_A - z_B)$$

PIÈGE
Oublier de justifier $v_A = 0$ et $W_{AB}(\vec{R}) = 0$, ou se tromper sur le signe du travail du poids : il est moteur dans une descente.

MÉTHODE
Théorème de l'énergie cinétique : 1) système et référentiel ; 2) bilan des forces ; 3) travail de chaque force, avec son signe ; 4) isoler la grandeur cherchée.

Q.6 Calculer la valeur du travail de la force motrice.

Données utiles $m = 93$ kg ; $v_B = 61\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; $z_A = 8{,}0$ m ; $z_B = 0{,}0$ m

Conversion : $v_B = \dfrac{61}{3{,}6} = 16{,}9\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

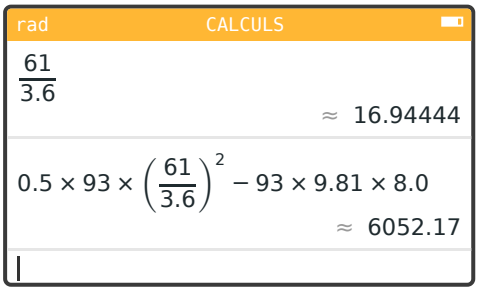
$$W_{AB}(\vec{F}) = \tfrac{1}{2} \times 93 \times \left(\frac{61}{3{,}6}\right)^2 - 93 \times 9{,}81 \times (8{,}0 - 0{,}0)$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = 6{,}1 \times 10^3\ \text{J}$$

PIÈGE
Laisser la vitesse en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$: le résultat est alors environ dix fois trop grand. L'énergie cinétique exige des $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme m, v_B et z_A. Le poids fournit $7{,}3 \times 10^3$ J et le pédalage $6{,}1 \times 10^3$ J : la pente compte autant que les jambes.

À LA CALCULATRICE



Q.7 Montrer que la valeur du travail calculé en Q.6 est en accord avec la puissance de pédalage du pilote (2000 à 2500 W), supposée constante.

Données utiles $W_{AB}(\vec{F}) = 6{,}05 \times 10^3$ J (Q.6, valeur non arrondie) ; durée de la descente $\Delta t = 2{,}7$ s

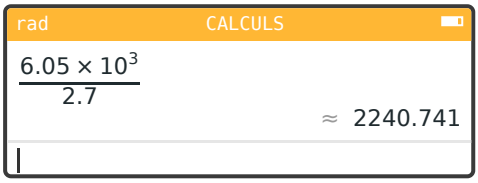
Pour une puissance constante : $P = \dfrac{W_{AB}(\vec{F})}{\Delta t}$.

$$P = \frac{6{,}05 \times 10^3}{2{,}7} = 2{,}2 \times 10^3 \text{ W}$$

$P = 2{,}2 \times 10^3$ W, valeur comprise entre 2000 et 2500 W : le travail calculé est en accord avec la puissance annoncée.

MÉTHODE
Dans un « montrer que », on calcule d'abord sa propre valeur, puis on la compare explicitement à l'intervalle ou à la valeur de l'énoncé.

À LA CALCULATRICE



Q.8 En appliquant la deuxième loi de Newton au système, établir les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du mouvement pendant le saut.

Données utiles à $t = 0$: G en O, vitesse $\vec{V}_0$ inclinée de α au-dessus de l'horizontale ; action de l'air négligée

Système {pilote + bicyclette}, de masse m constante ; référentiel terrestre supposé galiléen ; repère $(O; x, z)$ du schéma. Seule force : le poids $\vec{P} = m\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $m\vec{a} = m\vec{g}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$, soit

$$a_x(t) = 0 \qquad a_z(t) = -g$$

Comme $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$, on intègre : $v_x(t) = C_1$ et $v_z(t) = -g\,t + C_2$.

À $t = 0$, $\vec{v}(0) = \vec{V}_0$: $C_1 = V_0 \cos\alpha$ 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 intègre : $x(t) = (V_0 \cos\alpha)\,t + C_3$ et $z(t) = -\frac{1}{2}\,g\,t^2 + (V_0 \sin\alpha)\,t + C_4$.

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

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

PIÈGE
Oublier les constantes d'intégration ou ne pas les justifier par les conditions initiales. Chaque constante se détermine à $t = 0$, avec la vitesse puis avec la position.

MÉTHODE
Toujours le même enchaînement : système, référentiel, forces, deuxième loi de Newton, projection de $\vec{a}$, première intégration (vitesse), seconde intégration (position).

Q.9 Le système retrouve le contact avec le sol au bout de 1,0 s. Déterminer si le saut est réussi dans le cadre du modèle.

Données utiles $V_0 = 13{,}6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\alpha = 23^\circ$; $t = 1{,}0$ s ; distance entre les deux sommets : 7,0 m

Le saut est réussi si la distance horizontale parcourue pendant le vol dépasse 7,0 m.

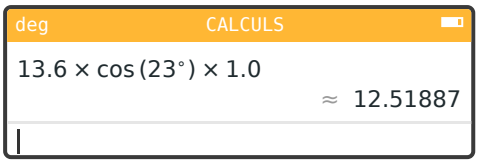
$$x(1{,}0) = V_0 \cos\alpha \times t = 13{,}6 \times \cos(23^\circ) \times 1{,}0 = 13 \text{ m}$$

$x = 13$ m $> 7{,}0$ m : d'après le modèle, le pilote retombe au-delà du second sommet, le saut est réussi.

PIÈGE
Calculatrice en radians : $\cos(23\ \text{rad})$ est négatif et donne une distance absurde. Vérifier le mode degrés avant le calcul.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, imposés par $t = 1{,}0$ s. La durée de vol est donnée par l'énoncé : inutile de résoudre $z(t) = 0$, qui donnerait d'ailleurs une valeur voisine (1,1 s).

À LA CALCULATRICE



Q.10 En réalité, le système touche le sol juste après le deuxième sommet, après environ 8,0 m parcourus horizontalement. Montrer que le modèle n'est pas adapté et en indiquer une raison possible.

Données utiles $x_{\text{modèle}} = 13$ m (Q.9) ; $x_{\text{réel}} = 8{,}0$ m

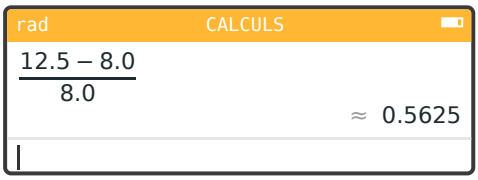
Le modèle prévoit une portée de 13 m, alors que la distance réelle est de 8,0 m : l'écart, d'environ 5 m, représente plus de la moitié de la valeur réelle. Le modèle surestime fortement la portée.

Raison possible : l'action de l'air (frottements) a été négligée, alors qu'à $13{,}6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, soit près de $50\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, elle freine le système.

13 m prévus contre 8,0 m réels : le modèle de chute libre n'est pas adapté, notamment parce qu'il néglige l'action de l'air.

COMPRENDRE
Autres raisons recevables : le pilote et son vélo ne sont pas un point matériel (le pilote modifie sa position pendant le saut), ou la mesure de V_0 et de α est imprécise.

À LA CALCULATRICE



Q.11 Citer trois modes de transfert thermique.

La conduction, la convection et le rayonnement.

COMPRENDRE
Dans le bain, le pilote échange surtout par conduction au contact de l'eau et par convection, puisque l'eau se déplace le long de la peau.

Q.12 En appliquant le premier principe de la thermodynamique, relier la variation d'énergie interne ΔU du système {pilote de BMX} à l'énergie thermique Q.

Premier principe pour le système {pilote de BMX}, au repos : $\Delta U = W + Q$.

Le système est incompressible et n'échange pas de travail avec l'extérieur : $W = 0$.

$\Delta U = Q$

COMPRENDRE
Q est algébrique, comptée positivement si le système la reçoit. Ici le pilote cède de l'énergie à l'eau froide : $Q < 0$, donc $\Delta U < 0$ et sa température baisse.

Q.13 Exprimer le flux thermique Φ en fonction de Q et de Δt. Indiquer les unités du système international de ces grandeurs.

Le flux thermique est l'énergie thermique échangée par unité de temps.

$\Phi = \dfrac{Q}{\Delta t}$, avec Φ en watts (W), Q en joules (J) et Δt en secondes (s).

COMPRENDRE
Un flux thermique est une puissance : $1\ \text{W} = 1\ \text{J} \cdot \text{s}^{-1}$.

Q.14 Exprimer le flux thermique Φ en fonction de la capacité thermique C, de la variation de température ΔT et de la durée Δt.

Données utiles $\Delta U = C\,\Delta T$; $\Delta U = Q$ (Q.12) ; $\Phi = \dfrac{Q}{\Delta t}$ (Q.13)

D'après Q.12 et la relation donnée : $Q = \Delta U = C\,\Delta T$.

En reportant dans l'expression de Q.13 :

$$\boxed{\Phi = \frac{C\,\Delta T}{\Delta t}}$$

Q.15 Calculer, à l'aide du modèle, la température du pilote au bout de 10 min d'immersion dans l'eau froide.

Données utiles flux moyen échangé : $4{,}6 \times 10^3$ W ; $C = 347\ \text{kJ} \cdot \text{K}^{-1}$; $\Delta t = 10$ min ; $\theta_0 = 37\ ^\circ\text{C}$

Le pilote, plus chaud que l'eau, cède de l'énergie : avec la convention de Q.12, $\Phi = -4{,}6 \times 10^3$ W.

D'après Q.14 : $\Delta T = \dfrac{\Phi\,\Delta t}{C}$, avec $\Delta t = 10 \times 60 = 600$ s et $C = 347 \times 10^3\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$.

$$\Delta T = \frac{-4{,}6 \times 10^3 \times 600}{347 \times 10^3} = -8{,}0\ \text{K}$$

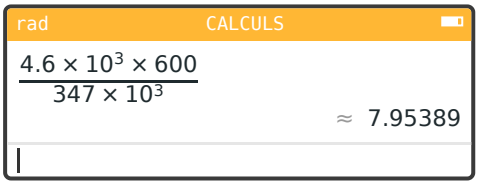
Un écart de température a la même valeur en kelvins et en degrés Celsius : $\theta = \theta_0 + \Delta T = 37 - 8{,}0$.

$$\boxed{\theta = 29\ ^\circ\text{C}}$$

PIÈGE
Laisser Δt en minutes ou C en $\text{kJ} \cdot \text{K}^{-1}$, ou ajouter 8,0 °C au lieu de les retrancher : le pilote se refroidit.

COMPRENDRE
L'énoncé donne la valeur absolue du flux. Le signe se décide physiquement : l'énergie passe du corps chaud vers l'eau froide, donc ΔT est négatif pour le pilote.

À LA CALCULATRICE



Q.16 Indiquer une des raisons expliquant pourquoi ce modèle n'est pas pertinent.

Le modèle conduit à 29 °C, ce qui correspondrait à une hypothermie grave : ce résultat n'est pas réaliste.

Le corps humain produit lui-même de l'énergie thermique (métabolisme) et régule sa température : celle-ci baisse beaucoup moins que ne le prévoit le modèle.

COMPRENDRE
Autres raisons recevables : le flux n'est pas constant, il diminue quand l'écart de température entre le corps et l'eau se réduit ; la température du corps n'est pas uniforme, la peau se refroidit avant les organes.

Optimisation de la synthèse de l'éthanoate de benzyle

Bac 2023 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q.1 Donner la formule brute de l'alcool benzylique.

La molécule comporte 7 atomes de carbone (6 dans le cycle, 1 dans le groupe CH_2), 8 atomes d'hydrogène (5 sur le cycle, 2 sur CH_2, 1 sur OH) et 1 atome d'oxygène.

Formule brute de l'alcool benzylique : C_7H_8O

MÉTHODE
En formule topologique, chaque sommet ou extrémité de trait est un carbone, complété par des hydrogènes jusqu'à quatre liaisons. Un carbone du cycle benzénique porte un seul H, sauf celui qui porte la chaîne.

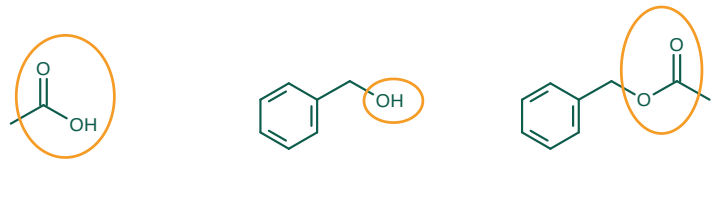
Q.2 Recopier les trois formules topologiques, entourer les groupes caractéristiques et préciser pour chacun la famille fonctionnelle correspondante.

Voir les formules recopiées ci-dessous.

- Acide éthanoïque : groupe carboxyle $-COOH$, famille des acides carboxyliques.
- Alcool benzylique : groupe hydroxyle $-OH$, famille des alcools.
- Éthanoate de benzyle : groupe ester $-COO-$, famille des esters.

Carboxyle : acide carboxylique ; hydroxyle : alcool ; groupe ester : ester.

PIÈGE
Dans l'acide, entourer seulement OH et répondre « alcool », ou seulement $C{=}O$. Le groupe carboxyle forme un tout : le carbone, l'oxygène doublement lié et le OH.



acide éthanoïque — **groupe carboxyle** — famille : acide carboxylique

alcool benzylique — **groupe hydroxyle** — famille : alcool

éthanoate de benzyle — **groupe ester** — famille : ester

Q.2 · Les trois formules topologiques, groupes caractéristiques entourés

Q.3 Préciser laquelle des molécules A et B est un isomère de l'alcool benzylique. Justifier.

Données utiles alcool benzylique : C_7H_8O (Q.1)

Deux isomères ont la même formule brute, mais des formules développées différentes.

- Molécule A : 8 atomes de carbone (6 dans le cycle et 2 groupes méthyle), formule brute $C_8H_{12}O$.
- Molécule B : 7 atomes de carbone (6 dans le cycle et 1 groupe méthyle), formule brute C_7H_8O, avec un enchaînement d'atomes différent de celui de l'alcool benzylique ($C-O-C$ au lieu de $C-OH$).

La molécule B est un isomère de l'alcool benzylique : même formule brute C_7H_8O.

MÉTHODE
Pour écarter une molécule, compter les carbones suffit : A en possède 8 au lieu de 7. Pour confirmer un isomère, il faut la formule brute complète.

Q.4 La synthèse est une transformation lente : citer deux conditions expérimentales qui peuvent la rendre plus rapide.

- Augmenter la température du mélange réactionnel (chauffage à reflux) : la température est un facteur cinétique.
- Ajouter un catalyseur, par exemple quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

Chauffer le mélange et utiliser un catalyseur.

COMPRENDRE
Ces deux conditions agissent sur la durée de la transformation, pas sur son état final : le rendement à l'équilibre reste le même. C'est l'excès d'un réactif (Q.9) qui le modifie.

Q.5 Déterminer les quantités de matière initiales n_{i1} d'acide éthanoïque et n_{i2} d'alcool benzylique introduites dans le ballon.

Données utiles $V_1 = 2{,}7\ \text{mL}$; $\rho_1 = 1{,}05\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $M_1 = 60{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $V_2 = 4{,}9\ \text{mL}$; $\rho_2 = 1{,}04\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $M_2 = 108{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Pour un liquide pur : $n = \dfrac{m}{M} = \dfrac{\rho V}{M}$.

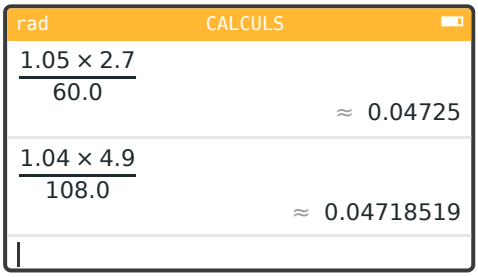
$$n_{i1} = \frac{\rho_1 V_1}{M_1} = \frac{1{,}05 \times 2{,}7}{60{,}0} = 4{,}7 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

$$n_{i2} = \frac{\rho_2 V_2}{M_2} = \frac{1{,}04 \times 4{,}9}{108{,}0} = 4{,}7 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

$n_{i1} = n_{i2} = 4{,}7 \times 10^{-2}\ \text{mol}$: le mélange initial est équimolaire.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les volumes V_1 et V_2, données les moins précises. Les unités sont cohérentes telles quelles : ρ en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ et V en mL donnent une masse en grammes.

À LA CALCULATRICE



Q.6 Établir, à partir de l'équation de la réaction de synthèse, la relation entre la quantité d'acide éthanoïque consommée $n_{\text{acide cons}}$ et la quantité d'ester formé n_{ester}.

Dans l'équation, les nombres stœchiométriques de l'acide éthanoïque et de l'ester sont tous deux égaux à 1 : chaque mole d'acide consommée donne une mole d'ester. Pour un avancement x : $n_{\text{acide cons}} = x$ et $n_{\text{ester}} = x$.

$n_{\text{acide cons}} = n_{\text{ester}}$

Q.7 Déterminer la quantité de matière d'acide éthanoïque restant dans le mélange réactionnel, $n_{\text{acide rest}}$.

Données utiles $C_B = 2{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_E = 8{,}5\ \text{mL}$

Le changement de couleur de l'indicateur repère l'équivalence. Les réactifs y ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support du titrage (un acide pour un ion hydroxyde) :

$$n_{\text{acide rest}} = n_{\text{HO}^-\ \text{versé}} = C_B V_E$$

$$n_{\text{acide rest}} = 2{,}0 \times 8{,}5 \times 10^{-3} = 1{,}7 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

$n_{\text{acide rest}} = 1{,}7 \times 10^{-2}\ \text{mol}$

PIÈGE
Laisser V_E en mL avec C_B en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Par ailleurs, la totalité du mélange est titrée : aucun facteur de prélèvement à appliquer, et l'eau glacée ajoutée ne change pas la quantité d'acide.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$2.0 \times 8.5 \times 10^{-3}$

$\approx$ 0.017

Q.8 Définir et calculer le rendement r de la synthèse. Conclure.

Données utiles $n_{i1} = n_{i2} = 4{,}7 \times 10^{-2}$ mol (Q.5) ; $n_{\text{acide rest}} = 1{,}7 \times 10^{-2}$ mol (Q.7)

Le rendement est le rapport entre la quantité d'ester réellement obtenue et la quantité maximale qui se formerait si la transformation était totale : $r = \dfrac{n_{\text{ester}}}{n_{\text{ester max}}}$.

Quantité maximale : le mélange est équimolaire et les nombres stœchiométriques valent 1, donc $n_{\text{ester max}} = n_{i1} = 4{,}7 \times 10^{-2}$ mol.

Quantité obtenue : d'après Q.6, $n_{\text{ester}} = n_{\text{acide cons}} = n_{i1} - n_{\text{acide rest}} = 4{,}7 \times 10^{-2} - 1{,}7 \times 10^{-2} = 3{,}0 \times 10^{-2}$ mol.

$$r = \frac{n_{i1} - n_{\text{acide rest}}}{n_{i1}} = \frac{3{,}0 \times 10^{-2}}{4{,}7 \times 10^{-2}} = 0{,}64$$

Conclusion : $r < 1$, la transformation n'est pas totale ; un tiers environ des réactifs n'a pas réagi.

$r = 0{,}64$, soit 64 % : la transformation n'est pas totale.

PIÈGE

Calculer $\dfrac{n_{\text{acide rest}}}{n_{i1}} = 0{,}36$: c'est la fraction d'acide qui n'a pas réagi, pas le rendement.

MÉTHODE

Titrer le réactif restant donne le produit formé par différence : restant, puis consommé (initial moins restant), puis formé (stœchiométrie). Le rendement se rapporte toujours au réactif limitant.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$4.7 \times 10^{-2} - 1.7 \times 10^{-2}$

$\approx$ 0.03

$\dfrac{3.0 \times 10^{-2}}{4.7 \times 10^{-2}}$

$\approx$ 0.6382979

Q.9 Justifier l'évolution du rendement de la synthèse entre le protocole 1 et le protocole 2.

Données utiles protocole 2 : $V_1 = 4$ mL, $V_2 = 4{,}9$ mL, $r = 0{,}71$; protocole 1 : $r = 0{,}64$ (Q.8)

Dans le protocole 2, la quantité d'acide introduite est $n'_{i1} = \dfrac{1{,}05 \times 4}{60{,}0} = 7 \times 10^{-2}$ mol, supérieure à $n_{i2} = 4{,}7 \times 10^{-2}$ mol : l'acide éthanoïque est en excès et l'alcool benzylique est le réactif limitant. La quantité maximale d'ester reste $4{,}7 \times 10^{-2}$ mol.

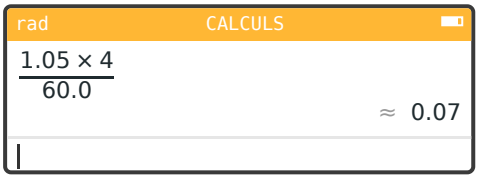
La transformation est limitée : elle conduit à un état d'équilibre. Introduire un réactif en excès déplace cet équilibre dans le sens de la formation de l'ester : l'alcool est davantage consommé.

Le rendement augmente de 0,64 à 0,71 car l'acide éthanoïque est introduit en excès.

COMPRENDRE

À l'équilibre, le quotient de réaction vaut K, la même constante dans les deux protocoles. Avec davantage d'acide au départ, il faut un avancement plus grand pour atteindre cette valeur.

À LA CALCULATRICE



Fabrication de la bière

Bac 2023 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 48 min**

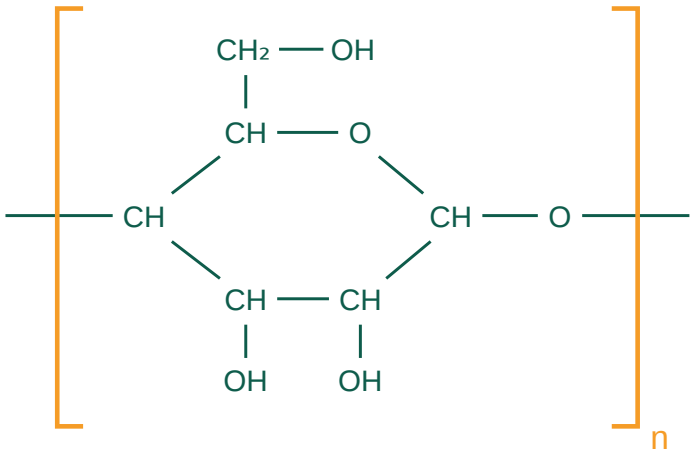
Q.1 À l'aide de la formule de l'amidon, identifier le motif de ce polymère.

Le motif est le plus petit groupe d'atomes qui se répète à l'identique le long de la chaîne. Dans la formule de l'amidon, le même cycle revient quatre fois, chaque cycle étant relié au suivant par un atome d'oxygène.

Le motif est un cycle (avec son groupe $-CH_2-OH$ et ses deux groupes $-OH$) suivi d'un seul atome d'oxygène de liaison : formule brute $C_6H_{10}O_5$.

PIÈGE
Entourer un cycle avec les deux atomes d'oxygène qui l'encadrent : cet oxygène serait compté deux fois. Le motif n'en contient qu'un, à gauche ou à droite.

COMPRENDRE
Le motif $C_6H_{10}O_5$ est le glucose $C_6H_{12}O_6$ privé de H_2O. L'hydrolyse fait l'inverse : chaque liaison rompue entre deux cycles consomme une molécule d'eau.



Q.1 · Motif de l'amidon, entre crochets : il se répète n fois le long de la chaîne

Q.2 Lors d'un contrôle, on mesure le pH. Vérifier que l'activité des enzymes est optimale.

Données utiles $\text{pH} = 5{,}6$; activité optimale pour $1{,}3 \times 10^{-6} \leqslant [H_3O^+] \leqslant 3{,}2 \times 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Par définition du pH : $[H_3O^+] = c^\circ \times 10^{-\text{pH}}$ avec $c^\circ = 1\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

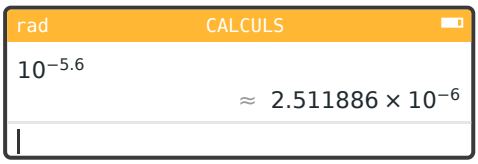
$$[H_3O^+] = 10^{-5{,}6} = 2{,}5 \times 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Or $1{,}3 \times 10^{-6} < 2{,}5 \times 10^{-6} < 3{,}2 \times 10^{-6}$.

$[H_3O^+] = 2{,}5 \times 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ est dans l'intervalle : l'activité des enzymes est optimale.

COMPRENDRE
Un pH donné avec un chiffre après la virgule conduit à une concentration à deux chiffres significatifs. Autre voie : convertir les bornes en pH, soit $5{,}5 \leqslant \text{pH} \leqslant 5{,}9$.

À LA CALCULATRICE



Q.3 Déterminer le volume maximal de dioxyde de carbone gazeux dégagé à la pression atmosphérique lors de la fermentation d'un volume $V = 1{,}0$ L de moût.

Données utiles $c_m = 92{,}7\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; $V = 1{,}0$ L ; $\theta = 20\ ^\circ\text{C}$; $p_{atm} = 1{,}013\times10^5$ Pa ; $R = 8{,}314\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_H = 1{,}0$, $M_C = 12{,}0$, $M_O = 16{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masse molaire du glucose : $M = 6\times12{,}0 + 12\times1{,}0 + 6\times16{,}0 = 180{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Quantité de glucose dans le moût : $n_g = \dfrac{c_m\times V}{M} = \dfrac{92{,}7\times1{,}0}{180{,}0} = 0{,}515\ \text{mol}$.

La transformation est totale et, d'après l'équation, une mole de glucose donne deux moles de CO_2 : $n_{CO_2} = 2\,n_g = 1{,}03\ \text{mol}$.

Gaz parfait : $p_{atm}\,V_{CO_2} = n_{CO_2}\,RT$ avec $T = 20 + 273 = 293$ K, donc

$$V_{CO_2} = \frac{n_{CO_2}\,RT}{p_{atm}} = \frac{1{,}03\times8{,}314\times293}{1{,}013\times10^5} = 2{,}5\times10^{-2}\ \text{m}^3$$

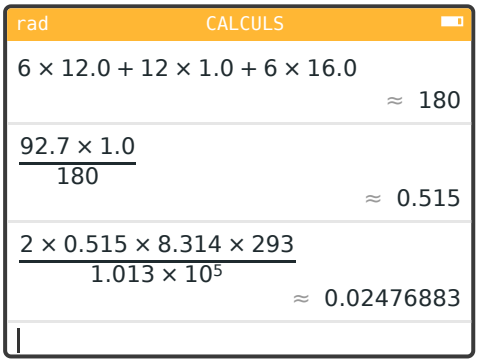
$V_{CO_2} = 2{,}5\times10^{-2}\ \text{m}^3 = 25\ \text{L}$

PIÈGE
Dans $pV = nRT$, la pression est en pascals, la température en kelvins et le volume sort en m^3 : $1\ \text{m}^3 = 10^3$ L. Ne pas oublier non plus le coefficient 2 devant CO_2.

COMPRENDRE
Le volume $V = 1{,}0$ L n'a que deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit 25 L, et non 24,8 L.

MÉTHODE
Trois étapes : quantité du réactif ($n = c_mV/M$), quantité du produit grâce aux nombres stœchiométriques, puis volume du gaz par l'équation d'état.

À LA CALCULATRICE



Q.4 En réalité, le volume de gaz dégagé est de 22 L. Proposer une hypothèse permettant d'expliquer cette différence.

Données utiles $V_{CO_2} = 25$ L (Q.3)

Le volume mesuré (22 L) est inférieur au volume maximal calculé (25 L), obtenu en supposant la transformation totale.

Hypothèse : la transformation n'est pas totale, une partie du glucose n'a pas été transformée par la levure.

COMPRENDRE
Autre hypothèse recevable : une partie du CO_2 formé reste dissoute dans le liquide et ne se dégage pas. Une seule hypothèse, reliée à une supposition de l'énoncé, suffit.

Q.5 Vérifier que le spectre infrarouge obtenu peut correspondre au butanoate d'éthyle.

Le butanoate d'éthyle possède un groupe ester : il contient des liaisons C=O, C–O et C–H, mais aucune liaison O–H ni N–H.

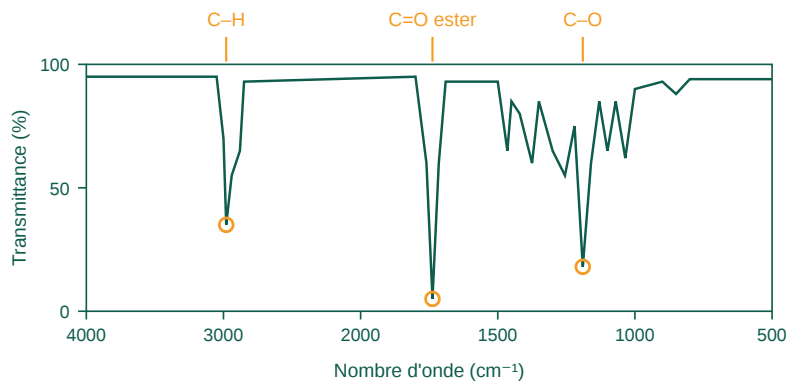
Sur le spectre :

- bande forte et fine vers $1740\ \text{cm}^{-1}$: liaison C=O d'un ester (1700 – $1740\ \text{cm}^{-1}$) ;
- bande forte vers $1200\ \text{cm}^{-1}$: liaison C–O (1040 – $1300\ \text{cm}^{-1}$) ;
- bande vers $3000\ \text{cm}^{-1}$: liaisons C–H (2800 – $3100\ \text{cm}^{-1}$) ;
- aucune bande large entre 3200 et $3700\ \text{cm}^{-1}$: pas de liaison O–H.

Les bandes observées sont celles des liaisons du butanoate d'éthyle : le spectre peut lui correspondre.

PIÈGE
Se contenter de citer la bande C=O sans donner le nombre d'onde lu sur le spectre ni l'intervalle de la table : la vérification doit être chiffrée.

MÉTHODE
Lister d'abord les liaisons de la molécule, puis chercher chaque bande dans la table. L'absence d'une bande compte autant : ici, pas de bande O–H, donc ni alcool ni acide carboxylique.



Q.5 · Allure du spectre du sujet et bandes repérées

Q.6 Expliquer si ce spectre infrarouge suffit ou non pour affirmer que le composé isolé est le butanoate d'éthyle.

Un spectre infrarouge renseigne sur les liaisons présentes, donc sur les groupes caractéristiques, mais pas sur l'enchaînement des atomes de carbone. Un autre ester donnerait les mêmes bandes $\mathrm{C{=}O}$, $\mathrm{C{-}O}$ et $\mathrm{C{-}H}$.

De plus, dans la table, les intervalles se recouvrent : une bande $\mathrm{C{=}O}$ vers $1740\ \mathrm{cm^{-1}}$ est aussi compatible avec un amide (1650 – $1740\ \mathrm{cm^{-1}}$).

Le spectre infrarouge ne suffit pas : il est compatible avec le butanoate d'éthyle, mais aussi avec d'autres molécules.

COMPRENDRE

Exemple : l'éthanoate de butyle, isomère de même formule brute $\mathrm{C_6H_{12}O_2}$, possède exactement les mêmes liaisons. Il faudrait une autre analyse pour trancher.