Corrigé complet — Bac S 2015 Amérique du Nord (ancien programme)

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

Ex 1	**Super héros en danger ...** Vecteur accélération · Deuxième loi de Newton · Force de poussée et débit massique · Chute libre verticale · Équations horaires · Vitesse moyenne	6 pts	1 h	8 questions	p. 2
Ex 2	**L'huile d'olive, matière première et aliment** Famille des esters · Rendement d'une synthèse · Mécanisme réactionnel et flèches courbes · Titrage colorimétrique · Incertitude de mesure · Contrôle de qualité	9 pts	1 h 30	12 questions	p. 7
Ex 3	**étude d'une installation thermique** Modes de transfert thermique · Variation d'énergie interne · Capacité thermique massique · Conversion joule-kilowattheure · Rendement d'un capteur solaire · Synthèse de documents	5 pts	50 min	3 questions	p. 12
Ex 4	**Spécialité : Le projet AmpaCity** Résolution de problème · Effet Joule · Résistance d'un conducteur · Variation d'énergie interne · Puissance et énergie électriques · Supraconductivité	5 pts	50 min	2 questions	p. 14

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.

Super héros en danger ...

Bac S 2015 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 1 **6 points** **Durée conseillée 1 h**

1.1 Pour la phase 1, donner la direction et le sens du vecteur accélération $\vec{a}_G$ du système. Que dire de l'accélération dans la phase 2 ? Justifier.

Phase 1 : le mouvement est rectiligne vertical et la vitesse augmente, de 0 à v_1. Le vecteur accélération $\vec{a}_G = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$ a donc la direction et le sens du vecteur vitesse.

Phase 2 : le mouvement est rectiligne et la vitesse garde la valeur v_1 : le vecteur vitesse est constant, sa dérivée est nulle.

Phase 1 : $\vec{a}_G$ est **vertical, dirigé vers le haut**. Phase 2 : $\vec{a}_G = \vec{0}$.

PIÈGE
Justifier la phase 2 par « la vitesse est constante » seulement. Il faut aussi la trajectoire rectiligne : en mouvement circulaire uniforme, l'accélération n'est pas nulle.

COMPRENDRE
Sur une trajectoire rectiligne, $\vec{a}$ est dans le sens de $\vec{v}$ si le mouvement accélère, en sens opposé s'il ralentit.

1.2.1 Juste après le décollage, la poussée $\vec{F}$ est l'une des forces s'exerçant sur le système M. Quelle est l'autre force ?

Les frottements de l'air sont négligés et le système ne touche plus le sol.

L'autre force est le **poids** $\vec{P}$ du système, vertical, dirigé vers le bas, de valeur $P = m_R\, g$.

1.2.2 Trois valeurs de la force de poussée sont proposées : A. 800 N ; B. 1200 N ; C. 1600 N. Justifier que seule la proposition C permet le décollage.

Données utiles $m_R = 120$ kg ; $g = 10\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

Pour décoller, le système immobile doit acquérir une accélération dirigée vers le haut. D'après la deuxième loi de Newton, la somme $\vec{P} + \vec{F}$ doit être dirigée vers le haut : il faut $F > P$.

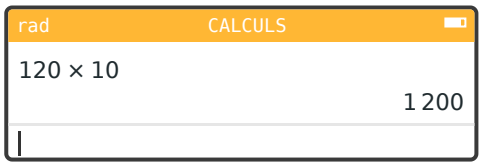
$P = m_R\, g = 120 \times 10 = 1{,}2 \times 10^3$ N

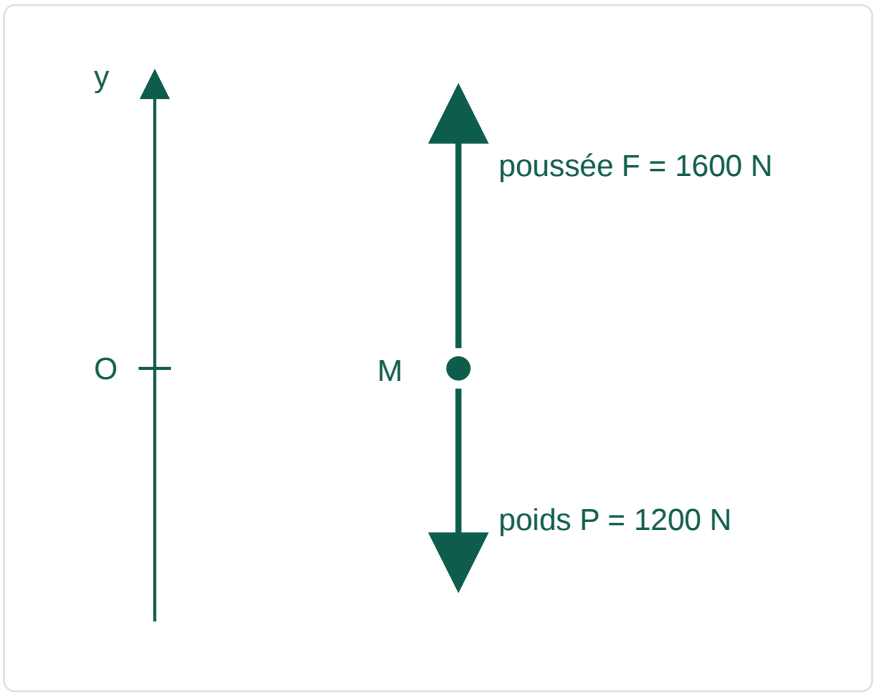
A : $800\ \mathrm{N} < P$, le système reste au sol. B : $1200\ \mathrm{N} = P$, les forces se compensent et le système reste immobile.

Seule C convient : $F = 1600\ \mathrm{N} > P = 1200\ \mathrm{N}$.

PIÈGE
Retenir aussi la proposition B. Avec $F = P$, la somme des forces est nulle : un système immobile le reste (principe d'inertie). L'inégalité doit être stricte.

À LA CALCULATRICE





1.2.2 · Forces sur le système M au décollage (proposition C)

1.2.3 En supposant que la force de poussée vaut 1600 N, montrer que la masse de fluide consommé durant la phase 1 est égale à 2,4 kg.

Données utiles $F = 1600$ N ; $V_f = 2 \times 10^3$ m · s^{-1} ; $\Delta t_1 = 3{,}0$ s ; $D_f = \dfrac{m_f}{\Delta t}$

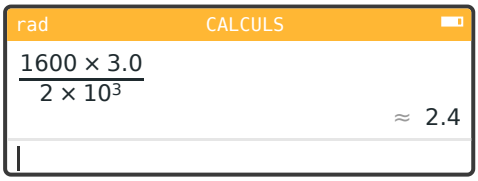
D'après le texte, la poussée est le produit du débit massique par la vitesse d'éjection : $F = D_f V_f = \dfrac{m_f}{\Delta t_1} V_f$.

D'où $m_f = \dfrac{F \, \Delta t_1}{V_f}$

$$m_f = \frac{1600 \times 3{,}0}{2 \times 10^3} = 2{,}4 \text{ kg}$$

$m_f = 2{,}4$ kg : c'est la valeur annoncée.

À LA CALCULATRICE



COMPRENDRE
V_f n'a qu'un chiffre significatif : en toute rigueur $m_f \approx 2$ kg. On garde 2,4 kg, valeur de l'énoncé. Cette masse est faible devant 120 kg : négliger la variation de masse est justifié.

COMPRENDRE
La propulsion par réaction s'explique par la conservation de la quantité de mouvement, notion de l'ancien programme, absente de la spécialité actuelle. Ici, l'expression de la poussée est fournie par le texte.

1.2.4 Après avoir déterminé l'accélération de Rocketeer en appliquant la seconde loi de Newton, estimer la valeur v_1 de sa vitesse à l'issue de la phase 1.

Données utiles $F = 1600$ N ; $m_R = 120$ kg ; $g = 10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $\Delta t_1 = 3{,}0$ s

Système M, de masse m_R supposée constante ; référentiel terrestre supposé galiléen ; forces : $\vec{P}$ et $\vec{F}$.

Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{F} = m_R\,\vec{a}_G$.

Projection sur l'axe vertical Oy orienté vers le haut : $-m_R\,g + F = m_R\,a_y$, donc

$$a_y = \frac{F}{m_R} - g = \frac{1600}{120} - 10 = 3{,}3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

L'accélération est constante : $v_y(t) = a_y\,t + v_y(0)$, avec $v_y(0) = 0$ (départ immobile). À la fin de la phase 1 :

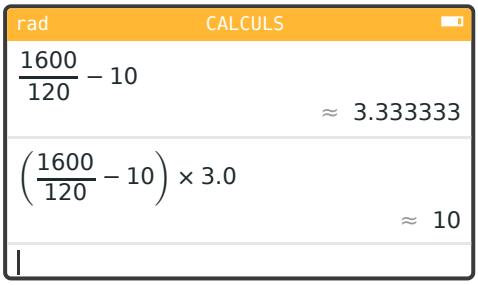
$$v_1 = a_y\,\Delta t_1 = \left(\frac{1600}{120} - 10\right) \times 3{,}0$$

$a_y = 3{,}3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ et $v_1 = 10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

PIÈGE
Oublier le poids et écrire $a = F/m_R$, ou se tromper de signe dans la projection : avec l'axe vers le haut, le poids compte pour $-m_R\,g$.

MÉTHODE
Système, référentiel, bilan des forces, deuxième loi de Newton, projection, puis primitive avec la condition initiale. Cette rédaction en six étapes vaut pour tout exercice de mécanique.

À LA CALCULATRICE



2.1 Parmi les quatre représentations de V_y en fonction du temps (A, B, C, D), laquelle est cohérente avec la situation ? Une justification qualitative est attendue.

Au début de la chute ($t = 0$), la vitesse de Rocketeer est nulle : les courbes C et D, qui partent de $80\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, sont exclues.

Rocketeer tombe ensuite de plus en plus vite vers le bas, alors que l'axe Oy est orienté vers le haut : V_y est négative et sa valeur absolue augmente. La courbe B, où V_y est positive, est exclue.

La représentation cohérente est la **A**.

PIÈGE
Choisir B parce que « la vitesse augmente ». C'est la valeur de la vitesse qui augmente ; la coordonnée V_y est négative car le mouvement se fait dans le sens opposé à l'axe.

COMPRENDRE
Vérification possible : la droite A passe par $(4\ \text{s} ;\ -40\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1})$, soit une pente de $-10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, égale à $-g$.

2.2 Montrer que, lors de cette chute, la position de Rocketeer est donnée par l'équation horaire $y(t) = -5t^2 + 80$, avec t en seconde et y en mètre.

Données utiles $g = 10\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; $y_0 = 80$ m ; vitesse nulle à $t = 0$

Système M de masse m ; référentiel terrestre supposé galiléen. Le jet-pack est en panne et les frottements sont négligés : seule force, le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$ (chute libre).

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

Projection sur Oy orienté vers le haut : $a_y = -g$.

Comme $a_y = \dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}$: $v_y(t) = -g\,t + v_y(0)$, et $v_y(0) = 0$, donc $v_y(t) = -g\,t$.

Comme $v_y = \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}$: $y(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + y(0)$, et $y(0) = y_0$, donc $y(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + y_0$.

Avec $g = 10\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ et $y_0 = 80$ m :

$$\boxed{y(t) = -5\,t^2 + 80}$$

PIÈGE

Oublier les constantes d'intégration ou ne pas les justifier. Chaque primitive demande sa condition initiale : vitesse nulle, puis altitude y_0, à $t = 0$.

2.3 Quelle doit être la valeur minimale de la vitesse moyenne de Batman au volant de sa Batmobile pour sauver à temps Rocketeer ? Commenter.

Données utiles $y(t) = -5t^2 + 80$ (2.2) ; schéma de la voie d'accès avec son échelle (segment de 1 km)

Durée de la chute : Rocketeer atteint le sol quand $y(t_c) = 0$, soit $5\,t_c^2 = 80$, donc $t_c = \sqrt{\dfrac{80}{5}} = 4{,}0$ s.

Distance à parcourir : sur le schéma, la voie d'accès mesure 9,4 fois le segment représentant 1 km, donc $d = 9{,}4\ \text{km} = 9{,}4 \times 10^3$ m.

Batman doit parcourir d en une durée au plus égale à t_c :

$$v_{\min} = \frac{d}{t_c} = \frac{9{,}4 \times 10^3}{4{,}0} = 2{,}4 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

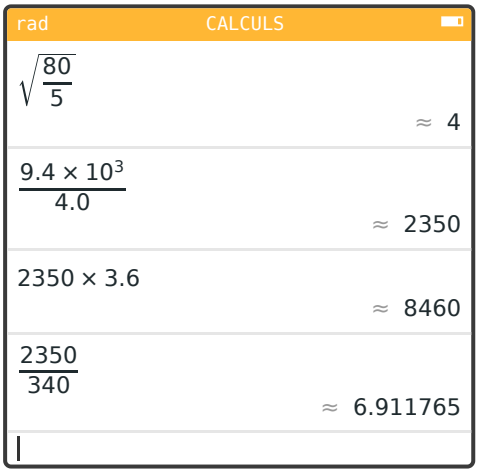
Cela représente environ $8{,}5 \times 10^3\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, près de sept fois la vitesse du son dans l'air (environ $340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$). Aucun véhicule terrestre n'atteint une telle vitesse, encore moins en moyenne et départ arrêté : Batman ne peut pas arriver à temps.

$v_{\min} = 2{,}4 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: valeur irréaliste, le sauvetage est impossible.

PIÈGE
Laisser la distance en kilomètres avec une durée en secondes sans le dire, ou oublier le commentaire demandé : il rapporte des points.

MÉTHODE
Lecture d'échelle : mesurer à la règle le segment étalon et la longueur cherchée, puis faire le rapport. Le rapport reste le même quelle que soit la taille d'impression du sujet.

À LA CALCULATRICE



L'huile d'olive, matière première et aliment

Bac S 2015 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 2 **9 points** **Durée conseillée 1 h 30**

1.1 À quelle famille de fonction appartiennent les TAG ?

La formule de l'oléine montre trois fois le groupe caractéristique $-\mathrm{CO}-\mathrm{O}-\mathrm{C}$ (un carbone doublement lié à un oxygène et simplement lié à un autre oxygène, lui-même lié à un carbone).

Les TAG appartiennent à la famille des **esters** (ce sont des triesters).

PIÈGE
Répondre « acide carboxylique » à cause du nom « acide gras ». Dans un TAG, l'oxygène du groupe $-\mathrm{CO}-\mathrm{O}^-$ est lié à un carbone du glycérol, pas à un hydrogène.

1.2 Compléter le protocole avec les étapes permettant d'obtenir un « pain » de savon utilisable en cosmétique.

À la fin du protocole, le savon solide est en suspension dans un liquide qui contient encore de la soude en excès, de l'éthanol, du glycérol et de l'eau salée. Étapes à ajouter :

- **filtrer** le mélange sous pression réduite (filtre Büchner) pour récupérer le savon solide ;
- **rincer** le solide avec un peu d'eau salée froide, jusqu'à éliminer la soude, corrosive pour la peau (le pH de l'eau de rinçage peut être contrôlé au papier pH) ;
- **sécher** le savon, puis le **mouler** en pain et le laisser durcir.

Filtration, rinçage pour éliminer la soude, séchage puis moulage.

COMPRENDRE
Le savon est très peu soluble dans l'eau salée : c'est pour cela qu'il précipite à la dernière étape du protocole (relargage) et qu'on le rince à l'eau salée froide plutôt qu'à l'eau pure.

1.3 Quel est le rendement de la synthèse du savon au laboratoire, sachant que 6,6 g de savon ont été obtenus ?

Données utiles $m_{\text{oléine}} = 13{,}6$ g ; $M_{\text{oléine}} = 884\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{savon}} = 304\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $m_{\text{exp}} = 6{,}6$ g ; soude en excès

La soude est en excès : l'oléine est le réactif limitant.

D'après l'équation, une mole d'oléine donne trois moles d'oléate de sodium :

$$n_{\text{max}} = 3\,n_{\text{oléine}} = 3 \times \frac{m_{\text{oléine}}}{M_{\text{oléine}}} = 3 \times \frac{13{,}6}{884} = 4{,}62 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

Masse maximale de savon : $m_{\text{max}} = n_{\text{max}} \times M_{\text{savon}} = 4{,}62 \times 10^{-2} \times 304 = 14{,}0$ g.

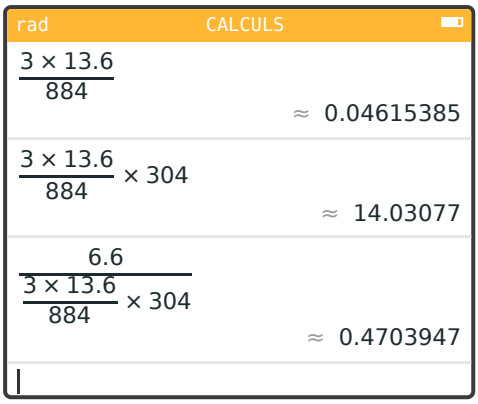
Rendement : $\eta = \dfrac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{max}}} = \dfrac{6{,}6}{14{,}0} = 0{,}47$

$\eta = 0{,}47$, soit un rendement de 47 %.

PIÈGE
Oublier le coefficient 3 devant l'oléate de sodium : le rendement calculé dépasserait alors 100 %, ce qui est impossible.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise (6,6 g). Les valeurs intermédiaires sont gardées dans la calculatrice sans être arrondies.

À LA CALCULATRICE



1.4.1 Représenter, sur l'annexe, les flèches courbes rendant compte du mécanisme des trois étapes. Justifier précisément l'orientation de ces flèches.

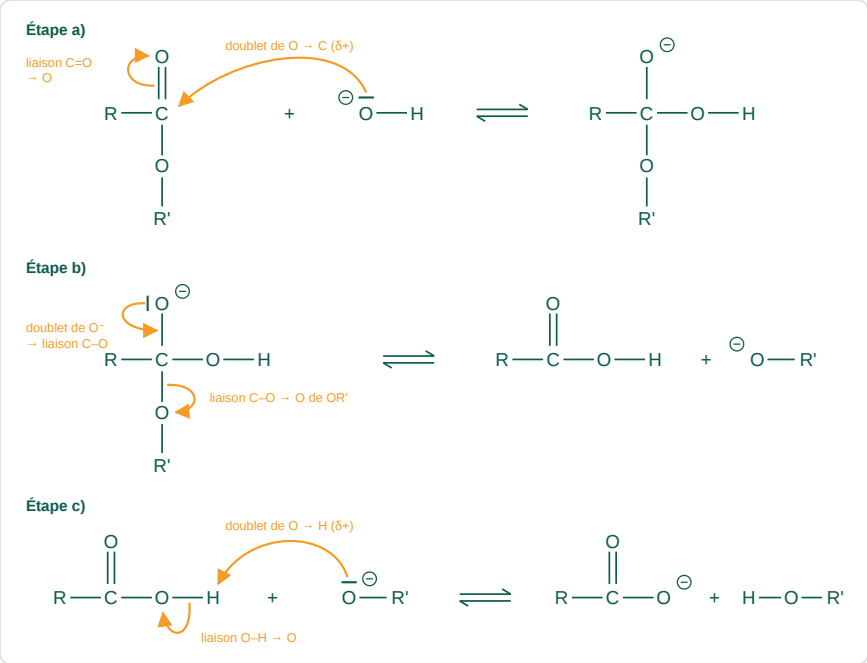
Une flèche courbe représente le déplacement d'un doublet d'électrons : elle part d'un **site donneur** (doublet non liant ou doublet de liaison) et pointe vers un **site accepteur** (atome pauvre en électrons).

- **Étape a)** L'oxygène est plus électronégatif que le carbone : le carbone du groupe ester porte une charge partielle $\delta+$, c'est un site accepteur. L'oxygène de $\mathrm{HO^-}$, chargé négativement, est donneur : une flèche part d'un de ses doublets non liants vers ce carbone. Le carbone ne pouvant pas avoir plus de quatre liaisons, un doublet de la liaison $\mathrm{C{=}O}$ bascule sur l'oxygène.
- **Étape b)** Un doublet non liant de l'oxygène chargé négativement se rabat entre O et C pour reformer la liaison double ; le doublet de la liaison $\mathrm{C{-}OR'}$ bascule sur l'oxygène de $\mathrm{OR'}$, plus électronégatif que le carbone.
- **Étape c)** L'hydrogène du groupe carboxyle, lié à un oxygène plus électronégatif, porte une charge $\delta+$: un doublet non liant de l'oxygène de $\mathrm{R'O^-}$ l'attaque, et le doublet de la liaison $\mathrm{O{-}H}$ bascule sur l'oxygène.

Deux flèches par étape, toujours du site donneur de doublet vers le site accepteur (voir l'annexe complétée).

PIÈGE
Faire partir une flèche d'un atome pauvre en électrons, d'une charge $\delta+$ ou d'un H. Une flèche courbe suit les électrons : elle part toujours d'un doublet, jamais d'un atome qui en manque.

MÉTHODE
Pour vérifier : chaque liaison formée dans le produit correspond à une flèche qui arrive entre deux atomes ; chaque liaison rompue, à une flèche qui en part. La charge totale se conserve à chaque étape.



1.4.1 · Annexe complétée : les flèches courbes (en orange) partent d'un doublet et pointent vers le site accepteur

1.4.2 Pour chacune des trois étapes, indiquer la catégorie de la réaction.

- Étape a) : deux réactifs s'assemblent en un seul produit, et la double liaison $\mathrm{C{=}O}$ devient simple : c'est une **addition**.
- Étape b) : un seul réactif donne deux produits, et une double liaison $\mathrm{C{=}O}$ se forme : c'est une **élimination**.
- Étape c) : un ion $\mathrm{H^+}$ est transféré de l'acide RCOOH à la base $\mathrm{R'O^-}$: c'est une **réaction acide-base**.

a) addition ; b) élimination ; c) réaction acide-base.

COMPRENDRE
Le bilan des étapes a) et b) est une substitution : le groupe $\mathrm{OR'}$ de l'ester est remplacé par OH. Mais prise séparément, aucune des trois étapes n'est une substitution.

2.1.1 Pourquoi le technicien utilise-t-il comme solvant un mélange d'éthanol et d'éther alors qu'aucune de ces espèces n'intervient dans la réaction du titrage ?

D'après les données, l'huile d'olive n'est pas miscible à l'eau mais elle est miscible au mélange éthanol-éther. La solution titrante est elle aussi préparée dans l'éthanol.

Ce solvant permet d'obtenir un mélange homogène : l'acide oléique de l'huile et les ions hydroxyde sont dans une même phase et peuvent réagir.

COMPRENDRE
Avec deux phases non miscibles, les réactifs ne se rencontreraient qu'à l'interface : la réaction serait lente et le virage de l'indicateur impossible à repérer précisément.

2.1.2 Les volumes d'huile et d'éthanol ont-ils été prélevés avec la même verrerie ? Justifier.

Données utiles $V_{\text{huile}} = (20{,}0 \pm 0{,}1)$ mL ; $V_{\text{éthanol}} = (40 \pm 1)$ mL

Les incertitudes sont très différentes : 0,1 mL sur le volume d'huile, 1 mL sur le volume d'éthanol.

- L'huile contient l'espèce titrée : son volume doit être connu précisément, il est prélevé à la **pipette jaugée** de 20,0 mL.
- L'éthanol n'est qu'un solvant : son volume n'intervient pas dans le calcul, une **éprouvette graduée** suffit.

Non : pipette jaugée pour l'huile, éprouvette graduée pour l'éthanol.

MÉTHODE
L'incertitude annoncée renseigne sur la verrerie : environ 0,1 mL ou moins pour une pipette jaugée, une burette ou une fiole jaugée ; environ 1 mL pour une éprouvette graduée.

2.1.3 Le technicien du laboratoire doit-il prendre des mesures de précautions particulières ?

Oui.

- La potasse (ions HO^-) est corrosive : port de la blouse, de lunettes de protection et de gants.
- L'éthanol et l'éther sont volatils et très inflammables, et leurs vapeurs sont nocives : travail sous hotte, loin de toute flamme et de toute source de chaleur.

Blouse, lunettes et gants ; manipulation sous hotte, loin de toute flamme.

2.1.4 Quel type d'analyse le technicien a-t-il mis en œuvre ?

Il verse progressivement une solution de concentration connue jusqu'au virage d'un indicateur coloré, qui repère l'équivalence.

C'est un **titrage** (dosage par titrage direct) acido-basique **colorimétrique** ; il sert ici de contrôle de qualité de l'huile.

COMPRENDRE
Un titrage est une méthode destructive : l'acide oléique dosé est consommé par la réaction. Un dosage par étalonnage, lui, ne met en jeu aucune réaction chimique.

2.2.1 Déterminer la masse m_a d'acide oléique contenu dans le volume d'huile prélevé.

Données utiles $C_b = 1{,}00 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_e = 10{,}4$ mL ; $M_{\text{acide oléique}} = 282\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques. D'après l'équation $\text{RCOOH} + \text{HO}^- \longrightarrow \text{RCOO}^- + \text{H}_2\text{O}$ (une mole pour une mole) :

$$n_a = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}} = C_b\, V_e$$

$$m_a = n_a\, M_{\text{acide oléique}} = C_b\, V_e\, M_{\text{acide oléique}}$$

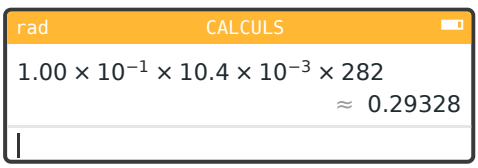
$$m_a = 1{,}00 \times 10^{-1} \times 10{,}4 \times 10^{-3} \times 282 = 0{,}293\ \text{g}$$

$m_a = 0{,}293$ g

PIÈGE
Laisser V_e en millilitres : on trouverait 293 g d'acide dans 20 mL d'huile. Le volume d'huile, lui, n'intervient pas dans ce calcul.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme C_b, V_e et M. Le résultat est cohérent avec l'ordre de grandeur de 0,3 g annoncé à la question 2.2.3.

À LA CALCULATRICE



2.2.2 Donner un encadrement de la masse m_a, l'incertitude $U(m_a)$ étant donnée par la relation $\left(\frac{U(m_a)}{m_a}\right)^2 = \left(\frac{U(V_e)}{V_e}\right)^2 + \left(\frac{U(c_b)}{c_b}\right)^2$.

Données utiles $m_a = 0{,}293$ g (2.2.1) ; $V_e = (10{,}4 \pm 0{,}1)$ mL ; $C_b = (1{,}00 \pm 0{,}02) \times 10^{-1}$ mol · L^{-1}

$$U(m_a) = m_a\sqrt{\left(\frac{U(V_e)}{V_e}\right)^2 + \left(\frac{U(C_b)}{C_b}\right)^2}$$

$$U(m_a) = 0{,}293 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}1}{10{,}4}\right)^2 + \left(\frac{0{,}02}{1{,}00}\right)^2} = 6{,}5 \times 10^{-3} \text{ g}$$

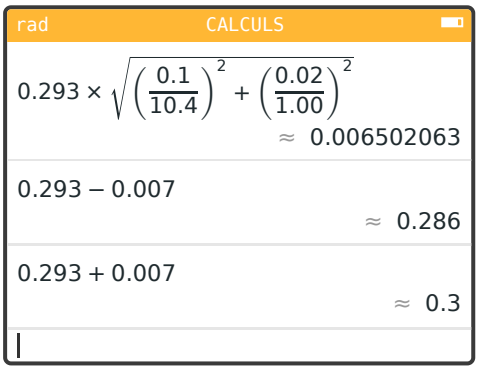
L'incertitude est arrondie par excès à un chiffre significatif : $U(m_a) = 0{,}007$ g, d'où $m_a = (0{,}293 \pm 0{,}007)$ g.

$0{,}286 \text{ g} \leqslant m_a \leqslant 0{,}300 \text{ g}$

PIÈGE
Oublier la racine carrée, ou oublier de multiplier par m_a : la relation donne le carré de l'incertitude relative, pas $U(m_a)$.

COMPRENDRE
Les rapports sont sans unité : on peut garder V_e en mL et simplifier le facteur 10^{-1} de C_b. C'est la concentration (2 %) qui pèse le plus dans l'incertitude, devant le volume (1 %).

À LA CALCULATRICE



2.2.3 En admettant que m_a soit de l'ordre de 0,3 g, déterminer à quelle catégorie d'huile d'olive cette huile appartient. Présente-t-elle des atouts nutritionnels et diététiques ?

Données utiles $m_a \approx 0{,}3$ g ; $V_{\text{huile}} = 20{,}0$ mL ; $\rho_{\text{huile}} = 0{,}92$ g · mL^{-1} ; tableau des taux d'acidité

Masse de l'échantillon d'huile titré : $m_{\text{huile}} = \rho_{\text{huile}} \times V_{\text{huile}} = 0{,}92 \times 20{,}0 = 18{,}4$ g.

Le taux d'acidité est la masse d'acide libre pour 100 g d'huile :

$$\text{taux} = \frac{m_a}{m_{\text{huile}}} \times 100 = \frac{0{,}3}{18{,}4} \times 100 = 1{,}6\ \%$$

Ce taux est supérieur à 0,8 % (l'huile n'est pas « extra vierge ») et inférieur à 2 % : c'est une huile d'olive **vierge**.

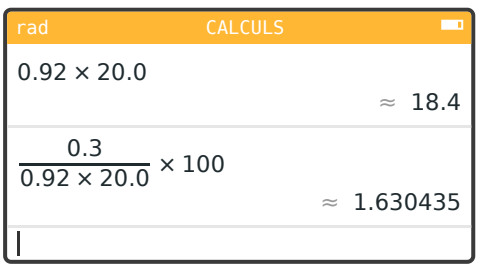
D'après le texte, les qualités nutritionnelles et diététiques sont avérées pour les huiles « vierge » ou « extra vierge ».

Taux d'acidité d'environ 1,6 % : huile d'olive « vierge », qui présente donc des atouts nutritionnels et diététiques.

PIÈGE
Diviser 0,3 g par 20 : le taux se rapporte à 100 g d'huile, pas à 100 mL. Il faut passer par la masse volumique.

COMPRENDRE
Avec $m_a = 0{,}293$ g, on trouve aussi 1,6 %. Le taux « ≤ 0,3 % » de l'huile raffinée ne doit pas tromper : cette huile a été traitée chimiquement, elle n'est pas « vierge ».

À LA CALCULATRICE



étude d'une installation thermique

Bac S 2015 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 En s'appuyant sur le document décrivant le chauffe-eau solaire, illustrer chacun des trois modes de transfert thermique.

Rayonnement : le Soleil chauffe la paroi noire du capteur, à travers le vitrage, par des ondes électromagnétiques ; ce transfert se fait sans contact et sans support matériel.

Conduction : l'énergie traverse la paroi en cuivre du serpentin, du liquide caloporteur chaud vers l'eau sanitaire plus froide, de proche en proche, sans déplacement de matière.

Convection : le liquide caloporteur, chauffé dans le capteur, circule jusqu'au ballon en emportant l'énergie ; dans le ballon, l'eau chauffée au contact du serpentin s'élève. Le transfert accompagne un déplacement de matière.

Rayonnement : Soleil → paroi noire ; conduction : à travers le cuivre du serpentin ; convection : circulation du liquide caloporteur et de l'eau du ballon.

PIÈGE
Citer les trois modes sans les rattacher à un élément précis du schéma : la question demande une illustration tirée du document, pas une définition de cours.

MÉTHODE
Pour reconnaître un mode : pas de milieu matériel nécessaire, c'est le rayonnement ; milieu immobile (solide), c'est la conduction ; fluide en mouvement, c'est la convection.

1.2 Calculer le nombre de ballons d'eau chaude nécessaire, puis la quantité d'énergie, en kWh, à apporter à la totalité de l'eau pour élever sa température de 17 °C à 65 °C.

Données utiles 75 campeurs ; 50 L par personne et par jour ; volume d'un ballon : 750 L ; $c_{\text{eau}} = 4180\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\rho = 1000\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $1\ \text{Wh} = 3600\ \text{J}$

Volume d'eau chaude consommé chaque jour : $V = 75 \times 50 = 3750\ \text{L} = 3{,}75\ \text{m}^3$.

Nombre de ballons : $N = \dfrac{V}{V_{\text{ballon}}} = \dfrac{3750}{750} = 5$ ballons.

L'eau, de masse $m = \rho V$, voit son énergie interne varier de :

$$\Delta U = \rho V\, c_{\text{eau}}\, (\theta_f - \theta_i)$$

$$\Delta U = 1000 \times 3{,}75 \times 4180 \times (65 - 17) = 7{,}5 \times 10^8\ \text{J}$$

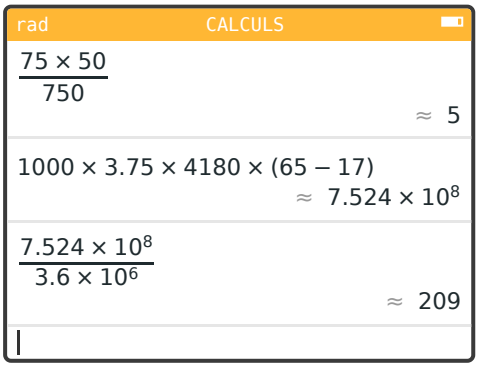
Or $1\ \text{kWh} = 3600 \times 10^3\ \text{J} = 3{,}6 \times 10^6\ \text{J}$, donc $\Delta U = \dfrac{7{,}524 \times 10^8}{3{,}6 \times 10^6} = 209\ \text{kWh}$.

Il faut 5 ballons et une énergie $\Delta U = 2{,}1 \times 10^2\ \text{kWh}$ par jour.

PIÈGE
Laisser le volume en litres avec ρ en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$: le résultat est alors mille fois trop grand. Convertir $3750\ \text{L}$ en $3{,}75\ \text{m}^3$, ou utiliser $1\ \text{L}$ d'eau $= 1\ \text{kg}$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme 75 campeurs, 50 L et les températures. Un écart de température a la même valeur en °C et en K : $65 - 17 = 48\ ^\circ\text{C} = 48\ \text{K}$, inutile d'ajouter 273.

À LA CALCULATRICE



2 Rédiger, en une quinzaine de lignes au maximum, un projet détaillant les conditions optimales d'implantation des panneaux solaires nécessaires au chauffage sanitaire moyen journalier, en précisant le nombre de panneaux.

Données utiles $\Delta U = 209\ \text{kWh}$ par jour (Q1.2) ; surface d'un capteur : $2{,}7\ \text{m}^2$; carte : environ $4{,}2\ \text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ par jour à Valence ; toit A : 60°, toit B : 30°

Le camping doit chauffer chaque jour 3750 L d'eau, stockés dans 5 ballons, ce qui demande environ 209 kWh.

Choix du toit. D'après la carte, une surface orientée au sud et inclinée d'un angle égal à la latitude reçoit à Valence environ $4{,}2\ \text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ par jour. Le disque des rendements indique la fraction de cette énergie reçue selon l'orientation et l'inclinaison :

- implantation 1, bâtiment A : pan de toit tourné vers l'ouest, incliné à 60°, rendement d'environ 70 % ;
- implantation 2, bâtiment B : pan tourné vers le sud, décalé d'une quinzaine de degrés vers l'ouest, incliné à 30°, rendement de 100 %.

L'implantation 2 est donc la meilleure : les capteurs se placent sur le toit du bâtiment B.

Nombre de panneaux. Chaque capteur, de surface $2{,}7\ \text{m}^2$, reçoit par jour $E = 2{,}7 \times 4{,}2 = 11\ \text{kWh}$. Il faut donc :

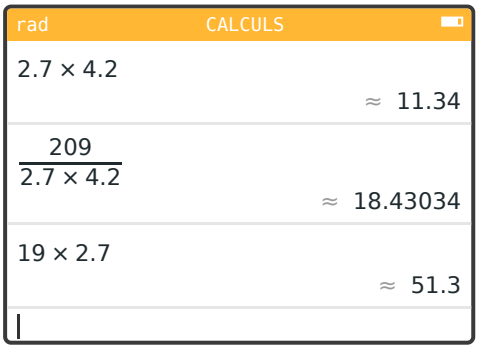
$$n = \frac{\Delta U}{E} = \frac{209}{2{,}7 \times 4{,}2} = 18{,}4$$

soit 19 panneaux, en arrondissant à l'entier supérieur pour couvrir le besoin.

Limites. Ce nombre suppose que toute l'énergie reçue est transmise à l'eau, ce qui est optimiste : le chauffage d'appoint compensera les pertes et les jours peu ensoleillés. Il faut aussi vérifier que le toit B peut porter 19 capteurs (environ $51\ \text{m}^2$) et que le bâtiment A, plus haut, ne lui fait pas d'ombre.

Implantation 2 : toit du bâtiment B (sud, 30°, rendement 100 %), avec 19 panneaux.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Arrondir 18,4 à 18 : avec 18 panneaux, le besoin journalier n'est pas couvert. Sur les plans, le sud est en haut et l'ouest à droite ; les lire comme une carte habituelle inverse l'orientation des toits.

COMPRENDRE
Avec le bâtiment A (rendement 70 %), chaque capteur ne recevrait que $0{,}70 \times 11{,}34 \approx 7{,}9\ \text{kWh}$ par jour : il en faudrait 27 au lieu de 19.

MÉTHODE
Une synthèse se construit en trois temps : le besoin (question précédente), le choix argumenté par une valeur lue dans chaque document, puis le calcul et un regard critique sur ses hypothèses.

Spécialité : Le projet AmpaCity

Bac S 2015 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Estimer la durée qu'un câble traditionnel mettrait pour commencer à fondre s'il était parcouru par un courant de même intensité que celui du câble supraconducteur.

Données utiles $P = 40$ MW ; $U = 10$ kV ; $L = 1$ km ; cuivre : $\rho = 1{,}7 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$, $\mu = 8{,}92 \times 10^{3}\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $c = 390\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $T_f = 1356$ K ; coupe du câble : diamètre extérieur 50 mm

Démarche. Le conducteur en cuivre s'échauffe par effet Joule. Il commence à fondre quand sa température atteint $T_f = 1356$ K. On cherche la durée Δt au bout de laquelle l'énergie dissipée $P_J\,\Delta t$ est égale à la variation d'énergie interne ΔU du cuivre.

Hypothèses. Seul le cuivre (1) conduit et s'échauffe ; toute l'énergie dissipée reste dans le cuivre (aucun transfert vers l'isolant ni vers l'air) ; température initiale $T_i = 20\ °\text{C} = 293$ K ; ρ et c indépendants de la température.

Intensité du courant. $P = U\,I$ donc $I = \dfrac{P}{U} = \dfrac{40 \times 10^{6}}{10 \times 10^{3}} = 4{,}0 \times 10^{3}$ A.

Rayon du conducteur. Sur la coupe, le diamètre du cuivre mesure environ $0{,}44$ fois la cote de 50 mm : $2r \approx 22$ mm, soit $r \approx 11\ \text{mm} = 11 \times 10^{-3}$ m.

Résistance du câble. Avec $S = \pi r^2$:

$$R = \frac{\rho\,L}{\pi r^2} = \frac{1{,}7 \times 10^{-8} \times 1 \times 10^{3}}{\pi \times (11 \times 10^{-3})^2} = 4{,}5 \times 10^{-2}\ \Omega$$

Puissance dissipée. $P_J = R\,I^2 = 4{,}5 \times 10^{-2} \times (4{,}0 \times 10^{3})^2 = 7{,}2 \times 10^{5}$ W.

Masse de cuivre. $m = \mu\,V = \mu\,L\,\pi r^2 = 8{,}92 \times 10^{3} \times 1 \times 10^{3} \times \pi \times (11 \times 10^{-3})^2 = 3{,}4 \times 10^{3}$ kg.

Énergie nécessaire. $\Delta U = m\,c\,(T_f - T_i) = 3{,}4 \times 10^{3} \times 390 \times (1356 - 293) = 1{,}4 \times 10^{9}$ J.

Durée. $\Delta U = P_J\,\Delta t$, donc, avec les valeurs non arrondies :

$$\Delta t = \frac{\Delta U}{R\,I^2} = \frac{1{,}4 \times 10^{9}}{7{,}2 \times 10^{5}} = 2{,}0 \times 10^{3}\ \text{s}$$

$\Delta t \approx 2{,}0 \times 10^{3}$ s, soit environ 33 min : le câble traditionnel commencerait à fondre au bout d'une demi-heure.

PIÈGE
Prendre 25 mm pour le rayon du cuivre : 50 mm est le diamètre du câble entier, gaines comprises. Autre oubli fréquent : convertir 1 km, 40 MW et les millimètres en unités SI.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme ρ, P et le rayon lu sur la photo. C'est une estimation : en réalité le câble cède de la chaleur à l'extérieur, mais ρ augmente avec la température ; l'ordre de grandeur reste la demi-heure.

MÉTHODE
Résolution de problème : 1) traduire la question en une égalité ($P_J\,\Delta t = \Delta U$) ; 2) lister les grandeurs manquantes ; 3) les tirer des documents ; 4) annoncer les hypothèses ; 5) calculer puis commenter le résultat.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{40 \times 10^{6}}{10 \times 10^{3}}$ ≈ 4000

$\dfrac{1.7 \times 10^{-8} \times 1 \times 10^{3}}{\pi \times (11 \times 10^{-3})^{2}}$ ≈ 0.04472122

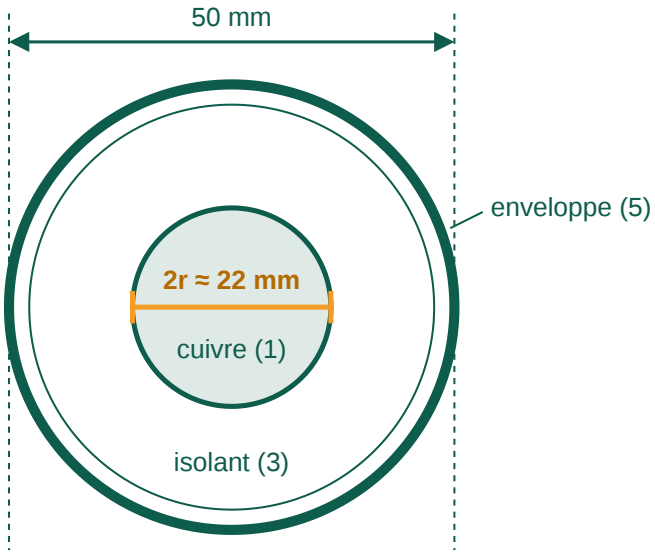
$0.04472122368 \times 4000^{2}$ ≈ 715539.6

$8.92 \times 10^{3} \times 1 \times 10^{3} \times \pi \times (11 \times 10^{-3})^{2}$ ≈ 3390.784

$3390.783783 \times 390 \times (1356 - 293)$ ≈ 1.405717×10^{9}

$\dfrac{1\,405\,717\,233}{715\,539.5789}$ ≈ 1964.556

$\dfrac{1964.555525}{60}$ ≈ 32.74259



1 · Coupe du câble : lecture du diamètre du conducteur en cuivre

2 Discuter de l'intérêt d'utiliser un composant siège du phénomène de supraconductivité dans le projet AmpaCity.

Données utiles $P_J = 7{,}2 \times 10^5$ W (question 1) ; $P = 40$ MW ; courbe résistance-température du supraconducteur

D'après la courbe, la résistance d'un supraconducteur est nulle tant que sa température reste inférieure à la température critique T_C. Alors $P_J = R\,I^2 = 0$: le câble ne s'échauffe pas et aucune énergie n'est dissipée par effet Joule pendant le transport.

Avec un câble en cuivre de même diamètre, la même intensité de $4{,}0 \times 10^3$ A est impossible à maintenir : le conducteur fondrait en une demi-heure environ, et il dissiperait $\dfrac{P_J}{P} = \dfrac{7{,}2 \times 10^5}{40 \times 10^6} \approx 1{,}8\ \%$ de la puissance transportée sur un seul kilomètre.

Le supraconducteur permet donc de transporter une forte puissance sous une tension modérée (10 kV) dans un câble de faible section, sans « pertes » en ligne.

Limite : il faut maintenir le câble à très basse température, en dessous de T_C, ce qui demande une installation de refroidissement qui consomme elle-même de l'énergie.

Intérêt : résistance nulle sous T_C, donc pas d'effet Joule ; un câble de même diamètre transporte 40 MW sans s'échauffer ni perdre d'énergie, au prix d'un refroidissement permanent.

PIÈGE
Répondre sans s'appuyer sur la question 1 ni sur la courbe. « Discuter » attend un argument chiffré, l'exploitation du document sur T_C et au moins une limite.

COMPRENDRE
Pour limiter l'effet Joule, un réseau classique élève la tension, ce qui diminue I à puissance égale. Le supraconducteur évite une ligne à très haute tension en pleine ville.

À LA CALCULATRICE

