Corrigé complet — Bac S 2019 Antilles-Guyane (ancien programme)

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

Ex 1	**La cerise** Groupes caractéristiques · Chiralité et énantiomères · Mécanisme réactionnel · Montages de synthèse · Spectre RMN · Rendement d'une synthèse	9 pts	1 h 30	16 questions	p. 2
Ex 2	**Saut à la perche** Graphe de vitesse et accélération · Mouvement rectiligne uniformément accéléré · Énergies cinétique, potentielle et mécanique · Deuxième loi de Newton · Chute libre · Équations horaires	6 pts	1 h	12 questions	p. 8
Ex 3	**Ballon de chauffage sanitaire** Modes de transfert thermique · Variation d'énergie interne · Flux et résistance thermiques · Énergie et puissance · Loi de Wien · Taille d'une image numérique	5 pts	50 min	10 questions	p. 13
Ex 4	**Spécialité : Race for water** Puissance et énergie · Rendement d'une conversion · Panneaux photovoltaïques · Pile à combustible et dihydrogène · Bilan énergétique · Résolution de problème	5 pts	50 min	2 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 cerise

Bac S 2019 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 30**

1 Écrire la formule semi-développée de la vitamine B5, entourer les groupes caractéristiques et nommer les familles de fonctions correspondantes.

Dans la formule topologique, chaque sommet ou extrémité de segment est un atome de carbone, complété par des atomes d'hydrogène jusqu'à quatre liaisons. On obtient la formule semi-développée ci-dessous.

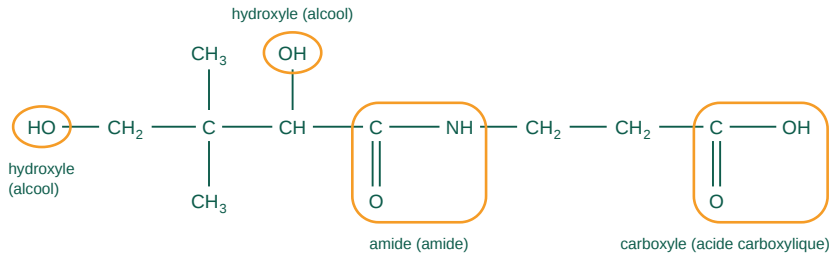
La molécule possède quatre groupes caractéristiques :

- deux groupes hydroxyle $-\mathrm{OH}$: famille des alcools ;
- un groupe amide $-\mathrm{CO}-\mathrm{NH}^-$: famille des amides ;
- un groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$: famille des acides carboxyliques.

Deux groupes hydroxyle (alcool), un groupe amide (amide), un groupe carboxyle (acide carboxylique).

PIÈGE
Le $-\mathrm{OH}$ du groupe carboxyle n'est pas un groupe hydroxyle d'alcool, et le $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ lié à l'azote n'est pas une cétone : on entoure $-\mathrm{COOH}$ en entier et $-\mathrm{CO}-\mathrm{NH}^-$ en entier.

MÉTHODE
Pour vérifier la formule semi-développée, compter les liaisons : quatre autour de chaque carbone, trois autour de l'azote, deux autour de chaque oxygène. Formule brute obtenue : $\mathrm{C_9H_{17}NO_5}$.



1 · Formule semi-développée de l'acide pantothénique ; en orange, les groupes caractéristiques entourés, avec la famille entre parenthèses.

2 Déterminer si la molécule de vitamine B5 est chirale. Possède-t-elle des stéréoisomères de configuration ? Si oui, les dessiner en représentation de Cram et indiquer leur relation d'isomérie.

Le carbone qui porte le groupe $-\mathrm{OH}$ central est lié à quatre atomes ou groupes d'atomes tous différents : $-\mathrm{H}$, $-\mathrm{OH}$, $\mathrm{R_1} = -\mathrm{C(CH_3)_2}-\mathrm{CH_2}-\mathrm{OH}$ et $\mathrm{R_2} = -\mathrm{CO}-\mathrm{NH}-\mathrm{CH_2}-\mathrm{CH_2}-\mathrm{COOH}$. C'est un atome de carbone asymétrique, noté $\mathrm{C^*}$.

La molécule possède un seul atome de carbone asymétrique : elle est chirale, c'est-à-dire non superposable à son image dans un miroir plan.

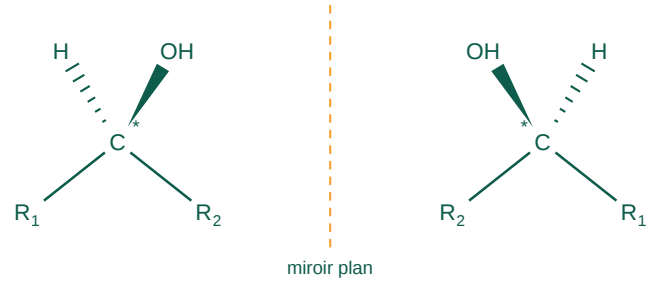
Elle possède donc deux stéréoisomères de configuration, représentés ci-dessous (trait plein : liaison dans le plan ; triangle plein : liaison vers l'avant ; hachures : liaison vers l'arrière). Ils sont images l'un de l'autre dans un miroir et non superposables.

La molécule est chirale ; ses deux stéréoisomères de configuration sont des **énantiomères**.

PIÈGE
Le carbone voisin, qui porte deux groupes $-\mathrm{CH_3}$ identiques, n'est pas asymétrique. Un carbone engagé dans une double liaison $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ ne l'est jamais : il n'a que trois voisins.

COMPRENDRE
La chiralité, la représentation de Cram et les stéréoisomères de configuration ne figurent plus au programme actuel de la spécialité de Terminale.

MÉTHODE
Pour dessiner l'énantiomère, on garde le même dessin et on échange deux des quatre substituants, ou on trace l'image dans un miroir : les deux procédés donnent la même molécule.



2 · Les deux énantiomères en représentation de Cram : chacun est l'image de l'autre dans un miroir plan.

1.1 Justifier le nom donné, en nomenclature officielle, à la molécule responsable de l'arôme de cerise.

La molécule, de formule $C_6H_5-COO-CH_2-CH_3$, possède un groupe ester $-COO-$. Le nom d'un ester comporte deux parties :

- la première désigne la chaîne qui contient l'atome de carbone du groupe $C{=}O$; elle dérive du nom de l'acide carboxylique correspondant, la terminaison « -oïque » devenant « -oate ». Ici $C_6H_5-CO^-$ vient de l'acide benzoïque : benzo**ate** ;
- la seconde désigne le groupe alkyle lié à l'atome d'oxygène : $-CH_2-CH_3$, à deux atomes de carbone, est le groupe **éthyle**.

$C_6H_5-COO-CH_2-CH_3$ est bien le benzoate d'éthyle.

PIÈGE
Ne pas inverser les deux parties : le groupe nommé en « -oate » est celui qui porte le $C{=}O$, pas celui qui est lié à l'oxygène par une liaison simple.

1.2 Représenter la formule semi-développée de l'éthanol.

L'éthanol est un alcool dont la chaîne comporte deux atomes de carbone (préfixe « éth- », terminaison « -ol »).

CH_3-CH_2-OH

1.3 Écrire la formule de la molécule X produite lors de la réaction d'estérification. Justifier.

Formules brutes : acide benzoïque $C_7H_6O_2$, éthanol C_2H_6O, benzoate d'éthyle $C_9H_{10}O_2$.

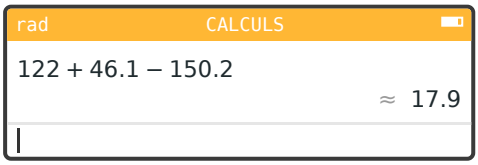
Les réactifs apportent 9 atomes C, 12 atomes H et 3 atomes O ; l'ester en contient 9 C, 10 H et 2 O. Par conservation des éléments, X contient 2 atomes H et 1 atome O :

$$C_7H_6O_2 + C_2H_6O \rightleftharpoons C_9H_{10}O_2 + H_2O$$

X est la molécule d'eau H_2O.

COMPRENDRE
Vérification avec les données : $122 + 46{,}1 - 150{,}2 = 17{,}9\ g\cdot mol^{-1}$, soit la masse molaire de l'eau ($18\ g\cdot mol^{-1}$) à l'arrondi près. Une estérification produit toujours un ester et de l'eau.

À LA CALCULATRICE



1.4 Indiquer les sites accepteurs et donneurs de doublets d'électrons mis en jeu dans l'étape 1 du mécanisme.

Site donneur de doublet d'électrons : l'atome d'oxygène du groupe $C{=}O$ de l'acide benzoïque, qui porte deux doublets non liants.

Site accepteur de doublet d'électrons : l'ion H^+, qui porte une charge positive et ne possède aucun électron.

Donneur : atome O du groupe $C{=}O$; accepteur : ion H^+.

MÉTHODE
Site donneur : doublet non liant, liaison multiple ou charge négative. Site accepteur : charge positive, entière ou partielle. Dans l'étape (1), la nouvelle liaison $O{-}H$ indique quels atomes sont concernés.

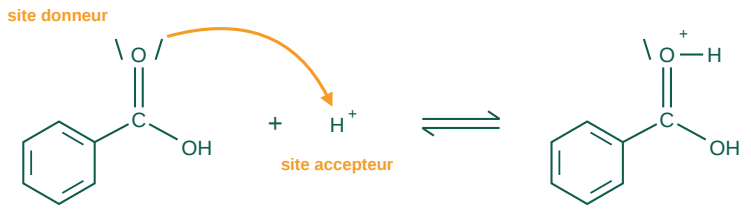
1.5 Utiliser le modèle de la flèche courbe pour rendre compte de l'étape 1 et représenter ces flèches sur l'annexe.

Une seule liaison est formée dans l'étape (1) : la liaison $O{-}H$. Elle provient d'un doublet non liant de l'atome d'oxygène du groupe $C{=}O$, qui devient le doublet liant.

On trace donc une flèche courbe qui part de ce doublet non liant (site donneur) et pointe vers l'ion H^+ (site accepteur). L'atome d'oxygène porte ensuite la charge positive.

Une flèche courbe, du doublet non liant de O vers H^+ (voir l'annexe complétée).

PIÈGE
La flèche représente le déplacement d'un doublet d'électrons : elle part toujours du doublet du site donneur, jamais de l'ion H^+ ni d'une charge positive.



1.5 · Annexe, étape (1) : la flèche courbe part d'un doublet non liant de l'oxygène et pointe vers l'ion H^+.

1.6 Identifier les étapes du mécanisme réactionnel correspondant à des réactions d'addition et d'élimination.

Étape (2) : deux espèces s'unissent en une seule et la double liaison $C{=}O$ devient une liaison simple. C'est une **addition**.

Étape (4) : une espèce se scinde en deux en libérant une petite molécule, X (l'eau). C'est une **élimination**.

Les étapes (1), (3) et (5) sont des transferts d'ion H^+ : fixation en (1), déplacement d'un atome d'oxygène à un autre en (3), libération en (5).

Addition : étape (2) ; élimination : étape (4).

MÉTHODE
Addition : deux réactifs, un seul produit, une liaison multiple disparaît. Élimination : un seul réactif, deux produits, dont une petite molécule. Substitution : un atome ou un groupe en remplace un autre.

1.7 Quel rôle joue l'ion H^+ dans cette réaction ? Justifier.

L'ion H^+ est consommé dans l'étape (1) et régénéré dans l'étape (5) : il n'apparaît pas dans l'équation de la réaction.

Il est apporté par l'acide sulfurique, qui n'est pas un réactif de l'estérification, et sa présence rend la réaction plus rapide.

L'ion H^+ est un **catalyseur** de la réaction.

COMPRENDRE
Un catalyseur diminue la durée de la transformation sans modifier l'état final : le rendement à l'équilibre est le même avec ou sans acide sulfurique.

2.1 Choisir le montage qui permet de réaliser la synthèse du benzoate d'éthyle (étapes a et b). Expliquer son fonctionnement et son intérêt.

Il s'agit du **montage B**, le chauffage à reflux : un ballon chauffé, surmonté d'un réfrigérant à boules vertical.

Fonctionnement : le mélange est porté à ébullition ; les vapeurs montent dans le réfrigérant, se liquéfient au contact de la paroi refroidie par la circulation d'eau et retombent dans le ballon.

Intérêt : la température est un facteur cinétique, chauffer accélère la réaction ; le reflux évite toute perte de réactifs ou de produits par évaporation.

Montage B (chauffage à reflux) : on chauffe pour accélérer la réaction, sans perte de matière.

PIÈGE
Dire seulement « on chauffe » ne suffit pas : il faut les deux idées, accélérer la réaction et éviter les pertes de matière grâce à la liquéfaction des vapeurs.

2.2 Choisir le montage qui permet d'éliminer l'éthanol restant (étape c). Expliquer pourquoi l'élimination de l'éthanol est possible par cette méthode.

Données utiles températures d'ébullition : éthanol $78\ ^\circ C$; benzoate d'éthyle $212\ ^\circ C$; acide sulfurique $337\ ^\circ C$

Il s'agit du **montage A**, la distillation fractionnée : le ballon est surmonté d'une colonne de Vigreux, d'un thermomètre en tête de colonne et d'un réfrigérant droit incliné.

L'éthanol, introduit en large excès, est l'espèce la plus volatile du mélange : sa température d'ébullition ($78\ ^\circ C$) est nettement inférieure à celles des autres espèces, en particulier de l'ester ($212\ ^\circ C$). Il se vaporise donc le premier, monte dans la colonne, se liquéfie dans le réfrigérant et est recueilli dans le distillat ; l'ester reste dans le ballon.

Montage A (distillation fractionnée) : l'éthanol a la température d'ébullition la plus basse du mélange.

COMPRENDRE
Le montage C est une distillation simple, sans colonne : la séparation y est moins bonne. La valeur $122\ ^\circ C$ donnée pour l'acide benzoïque est en réalité sa température de fusion ; cela ne change pas la conclusion.

2.3 Indiquer les précautions à prendre lors de la manipulation de l'acide sulfurique concentré.

Le pictogramme indique que l'acide sulfurique concentré est corrosif : il provoque de graves brûlures de la peau et des lésions des yeux.

Il faut donc porter une blouse fermée, des gants et des lunettes de protection, et manipuler sous la hotte. On l'ajoute lentement au mélange, en agitant.

Blouse, gants, lunettes de protection ; manipulation sous hotte et ajout lent.

2.4 Montrer que les données du spectre RMN sont compatibles avec le produit formé dans la synthèse.

Le benzoate d'éthyle $C_6H_5-COO-CH_2-CH_3$ possède 10 atomes d'hydrogène répartis en trois ensembles : le spectre doit présenter trois signaux, d'intégrations 5, 2 et 3. C'est le cas.

- Multiplet de 8,1 à 7,4 ppm, 5 H : les cinq atomes H du cycle $C_6H_5{}^-$.
- Quadruplet à 4,4 ppm, 2 H : les atomes H du groupe $-CH_2-$. Ils ont 3 voisins (ceux du $-CH_3$), d'où $3+1=4$ pics. Liés à un carbone voisin d'un atome d'oxygène, ils ont un déplacement chimique élevé.
- Triplet à 1,4 ppm, 3 H : les atomes H du groupe $-CH_3$. Ils ont 2 voisins (ceux du $-CH_2-$), d'où $2+1=3$ pics.

Nombre de signaux, intégrations (5, 2, 3) et multiplicités correspondent au benzoate d'éthyle.

COMPRENDRE
Le spectre ne présente aucun signal du proton de $-COOH$ ni de $-OH$: il ne reste ni acide benzoïque ni éthanol. La spectroscopie RMN ne figure plus au programme actuel de la spécialité.

MÉTHODE
Trois vérifications : le nombre de signaux (groupes de protons équivalents), l'intégration (nombre de protons de chaque groupe) et la multiplicité (règle des $n+1$ pics pour n protons voisins).

2.5 Quelle autre méthode aurait-on pu utiliser pour réaliser l'identification du produit formé ? Justifier.

On aurait pu réaliser le spectre infrarouge (IR) du produit : il renseigne sur les liaisons présentes, donc sur les groupes caractéristiques.

Le spectre de l'ester doit présenter la bande fine et intense de la liaison $C=O$ d'un ester, et ne plus présenter la bande large de la liaison $O-H$ de l'acide carboxylique ou de l'alcool de départ.

D'autres réponses sont acceptables : une chromatographie sur couche mince avec un dépôt de benzoate d'éthyle de référence, ou la mesure de la température d'ébullition ($212\ ^\circ C$).

La spectroscopie infrarouge : bande $C=O$ de l'ester présente, bande $O-H$ absente.

2.6 Déterminer la valeur du rendement de la synthèse réalisée au laboratoire.

Données utiles $m_{acide}=2{,}00$ g ; $M_{acide}=122\ g\cdot mol^{-1}$; $V_{éthanol}=20$ mL ; $\rho_{éthanol}=0{,}79\ g\cdot mL^{-1}$; $M_{éthanol}=46{,}1\ g\cdot mol^{-1}$; $m_{ester}=1{,}48$ g ; $M_{ester}=150{,}2\ g\cdot mol^{-1}$

Quantités de matière initiales :

$$n_{acide}=\frac{m_{acide}}{M_{acide}}=\frac{2{,}00}{122}=1{,}64\times10^{-2}\ mol$$

$$n_{éthanol}=\frac{\rho_{éthanol}\,V_{éthanol}}{M_{éthanol}}=\frac{0{,}79\times20}{46{,}1}=0{,}34\ mol$$

Une mole d'acide réagit avec une mole d'éthanol et $n_{acide}<n_{éthanol}$: l'acide benzoïque est le réactif limitant. Si la transformation était totale, on obtiendrait $n_{max}=n_{acide}=1{,}64\times10^{-2}$ mol d'ester.

Quantité d'ester obtenue :

$$n_{ester}=\frac{m_{ester}}{M_{ester}}=\frac{1{,}48}{150{,}2}=9{,}85\times10^{-3}\ mol$$

Rendement :

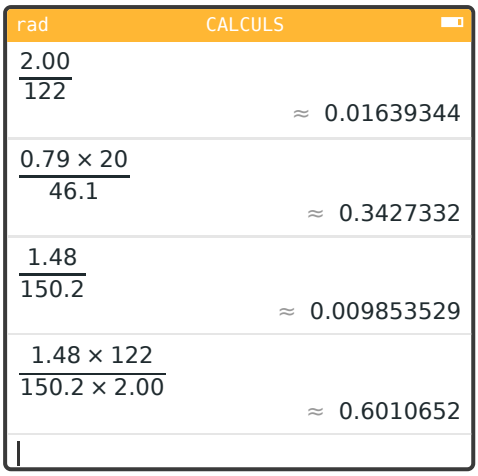
$$\eta=\frac{n_{ester}}{n_{max}}=\frac{9{,}85\times10^{-3}}{1{,}64\times10^{-2}}=0{,}601$$

$\eta=60{,}1\ \%$

PIÈGE
Calculer le rendement sans identifier le réactif limitant, ou à partir de l'éthanol. Le rapport des masses $1{,}48\div2{,}00$ n'est pas un rendement : l'acide et l'ester n'ont pas la même masse molaire.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les masses et M_{acide}. Vérification par les masses : la masse maximale d'ester est $1{,}64\times10^{-2}\times150{,}2=2{,}46$ g, et $1{,}48\div2{,}46=0{,}60$.

À LA CALCULATRICE



2.7 Proposer une ou plusieurs hypothèses pour justifier que ce rendement est inférieur à 100 %.

- L'estérification est une transformation limitée, comme l'indique la double flèche de l'équation : elle conduit à un état d'équilibre où il reste de l'acide benzoïque, même avec un excès d'éthanol.
- La réaction est lente : après 2 h de chauffage, l'état final n'est peut-être pas atteint.
- Une partie de l'ester est perdue pendant le traitement : distillation, transvasements, décantation, lavage, séchage.

Transformation limitée (équilibre), durée de chauffage insuffisante et pertes lors des étapes de séparation.

COMPRENDRE
Le lavage à l'hydrogénocarbonate de sodium (étape e) élimine l'acide benzoïque restant et l'acide sulfurique : leur présence montre bien que l'acide n'a pas été entièrement consommé.

Saut à la perche

Bac S 2019 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h**

1.1 Entre 3,0 s et 4,0 s, comment peut-on qualifier le mouvement du perchiste ? Justifier.

Sur la figure 2, entre 3,0 s et 4,0 s, la courbe est un palier horizontal : la vitesse garde une valeur constante, $v \approx 5{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. De plus, le perchiste court en ligne droite sur la piste d'élan, le long de l'axe (Ox).

Entre 3,0 s et 4,0 s, le mouvement est **rectiligne uniforme**.

PIÈGE
Répondre seulement « uniforme ». Qualifier un mouvement demande deux mots : la trajectoire (rectiligne) et l'évolution de la vitesse (uniforme), chacun justifié.

1.2 Entre 5,5 s et 6,5 s, estimer la valeur de l'accélération du perchiste.

Données utiles figure 2 : $v \approx 7{,}2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ à 5,5 s ; $v \approx 8{,}5\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ à 6,5 s

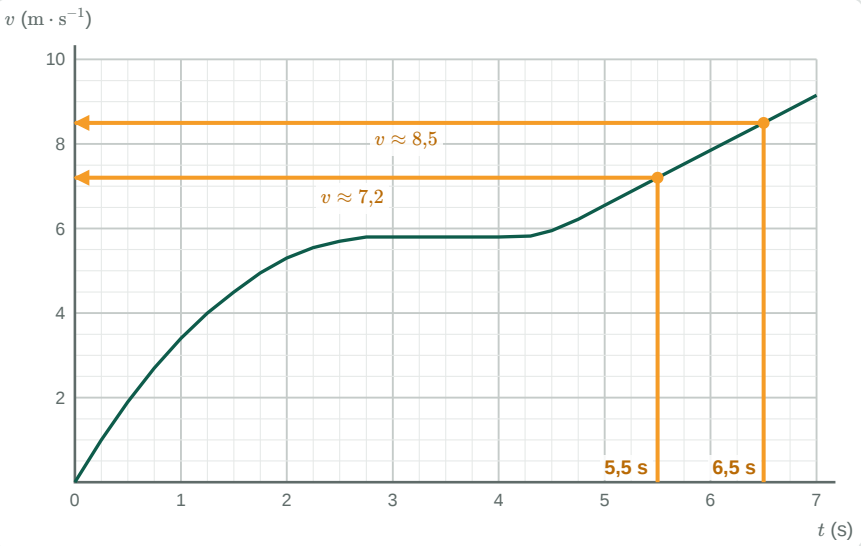
Le mouvement se fait selon (Ox) : l'accélération est $a = \dfrac{\text{d}v}{\text{d}t}$, c'est-à-dire le coefficient directeur de la courbe $v(t)$. Entre 5,5 s et 6,5 s, cette courbe est un segment de droite, donc :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8{,}5 - 7{,}2}{6{,}5 - 5{,}5}$$

$a \approx 1{,}3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

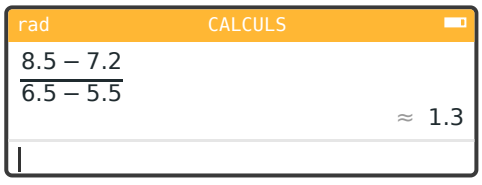
COMPRENDRE
C'est une estimation : selon la lecture, on trouve entre 1,2 et $1{,}5\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$. Deux chiffres significatifs suffisent, comme pour les vitesses lues sur le graphe.

MÉTHODE
Accélération sur un graphe $v(t)$: repérer une portion rectiligne, lire deux points éloignés, calculer la pente $\Delta v / \Delta t$.



1.2 · Figure 2 du sujet : lectures de la vitesse à 5,5 s et à 6,5 s

À LA CALCULATRICE



1.3 Entre 5,5 s et 6,5 s, comment peut-on qualifier le mouvement du perchiste ? Justifier.

Entre 5,5 s et 6,5 s, la courbe $v(t)$ est une portion de droite croissante : la vitesse est une fonction affine du temps, $v = a\,t + b$. L'accélération $a = \dfrac{\text{d}v}{\text{d}t}$ est donc constante et positive (valeur de la question 1.2). La trajectoire reste une droite.

Entre 5,5 s et 6,5 s, le mouvement est **rectiligne uniformément accéléré**.

PIÈGE
Écrire « accéléré » sans « uniformément ». C'est le caractère rectiligne du graphe $v(t)$ qui prouve que l'accélération est constante.

2.1 Déterminer, à partir des courbes d'énergies, la valeur de la vitesse à l'instant $t_1 = 7{,}1$ s. Vérifier si elle est cohérente avec la vitesse à la fin de la course d'élan.

Données utiles figure 3 : $E_c(t_1) \approx 3{,}0 \times 10^3$ J ; $m = 70$ kg ; figure 2 : $v \approx 9{,}2$ m · s^{-1} à 7,0 s

L'énergie cinétique du perchiste est $E_c = \dfrac{1}{2} m v^2$, donc $v = \sqrt{\dfrac{2 E_c}{m}}$.

$$v(t_1) = \sqrt{\frac{2 \times 3{,}0 \times 10^3}{70}} = 9{,}3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Sur la figure 2, la course d'élan se termine à 7,0 s avec une vitesse d'environ $9{,}2$ m · s^{-1}. L'écart est de l'ordre de 1 %, inférieur à la précision des lectures.

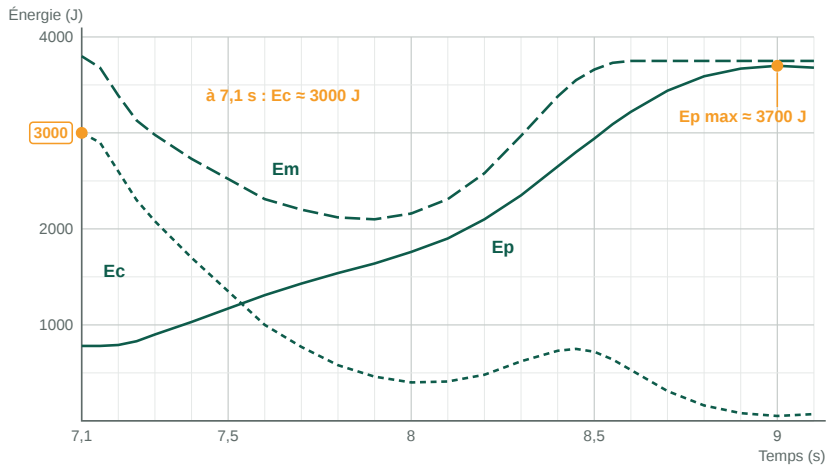
$v(t_1) = 9{,}3$ m · s^{-1}, valeur cohérente avec la fin de la course d'élan (environ $9{,}2$ m · s^{-1}).

PIÈGE
Lire la mauvaise courbe. La légende distingue E_c (pointillés courts, 3000 J à t_1) de E_m (tirets longs, 3800 J). Oublier la racine carrée est l'autre erreur fréquente.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\sqrt{\dfrac{2 \times 3.0 \times 10^3}{70}}$ ≈ 9.258201



2.1 · Figure 3 du sujet : lecture de E_c à t_1 (question 2.1) et du maximum de E_p (question 2.2)

2.2 Déterminer, à partir des courbes, la valeur de la hauteur H du saut (distance entre le sol et la position la plus haute du perchiste) et comparer avec la valeur des données.

Données utiles figure 3 : $E_{p,\max} \approx 3{,}7 \times 10^3$ J ; $m = 70$ kg ; $g = 9{,}8$ m · s^{-2} ; $H = 5{,}4$ m

Avec l'origine des énergies potentielles au niveau du sol, $E_p = m g z$. La position la plus haute correspond au maximum de E_p, atteint vers 9,0 s : $E_{p,\max} = m g H$.

$$H = \frac{E_{p,\max}}{m g} = \frac{3{,}7 \times 10^3}{70 \times 9{,}8} = 5{,}4 \text{ m}$$

$H = 5{,}4$ m : on retrouve la valeur donnée dans l'énoncé.

COMPRENDRE
À t_1, E_p vaut déjà environ 780 J et non zéro : le centre de masse du perchiste debout se trouve à un peu plus d'un mètre du sol.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{3.7 \times 10^3}{70 \times 9.8}$ ≈ 5.393586

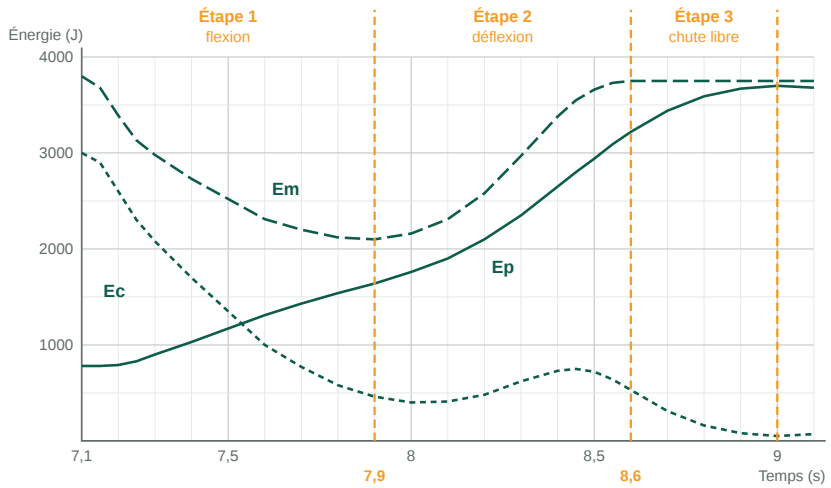
2.3 Identifier, sur la figure 3, les différentes étapes de la phase ascendante, en indiquant pour chaque étape l'instant du début et celui de la fin.

On suit l'énergie mécanique E_m du perchiste.

- **Étape 1, flexion : de 7,1 s à 7,9 s environ.** E_m diminue (de 3800 J à 2100 J) : le perchiste cède de l'énergie à la perche, qui se déforme.
- **Étape 2, déflexion : de 7,9 s à 8,6 s environ.** E_m augmente jusqu'à 3750 J : la perche se redresse et rend l'énergie au perchiste.
- **Étape 3, « chute libre » ascendante : de 8,6 s à 9,0 s environ.** E_m est constante ; E_c diminue pendant que E_p augmente jusqu'à son maximum.

Étape 1 : 7,1 s à 7,9 s ; étape 2 : 7,9 s à 8,6 s ; étape 3 : 8,6 s à 9,0 s.

MÉTHODE
Quand un système échange de l'énergie avec un objet déformable, c'est sa courbe E_m qui raconte l'échange : elle baisse quand il donne, monte quand il reçoit, reste plate en chute libre.



2.3 · Figure 3 du sujet : les trois étapes se repèrent sur la courbe E_m (elle descend, remonte, puis reste constante)

2.4 Comparer les énergies mécaniques du perchiste aux instants $t_1 = 7{,}1$ s et $t_2 = 9$ s. Interpréter.

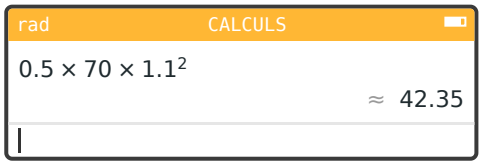
Sur la figure 3 : $E_m(t_1) \approx 3{,}8 \times 10^3$ J et $E_m(t_2) \approx 3{,}75 \times 10^3$ J. Ces deux valeurs sont égales à la précision de la lecture (écart d'environ 1 %).

Interprétation : la perche a restitué au perchiste pratiquement toute l'énergie qu'il lui avait cédée pendant la flexion, et les pertes (frottements, déformation) sont négligeables. Sur l'ensemble de la phase ascendante, l'énergie cinétique acquise pendant l'élan a été convertie en énergie potentielle de pesanteur.

$E_m(t_2) \approx E_m(t_1) \approx 3{,}8 \times 10^3$ J : l'énergie mécanique du perchiste est la même au début et à la fin de la phase ascendante.

COMPRENDRE
À t_2, il reste $E_c \approx 50$ J : le perchiste avance encore horizontalement pour franchir la barre. Avec $v_0 = 1{,}1\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (partie 3), $\frac{1}{2} m v_0^2 \approx 42$ J, du même ordre.

À LA CALCULATRICE



2.5 Comment évoluerait la performance du perchiste si sa vitesse à l'instant t_1 était plus élevée ?

Si $v(t_1)$ augmente, $E_c(t_1) = \frac{1}{2} m v^2$ augmente, donc $E_m(t_1)$ aussi. Or l'énergie mécanique se retrouve intégralement à t_2 (question 2.4), presque entièrement sous forme d'énergie potentielle $m g H$: la hauteur H atteinte est plus grande.

Avec une vitesse plus élevée à t_1, le perchiste monte plus haut : sa performance s'améliore.

COMPRENDRE
L'énergie cinétique varie comme v^2 : 5 % de vitesse en plus apportent environ 10 % d'énergie cinétique en plus. D'où l'importance de la course d'élan.

3.1 Énoncer la seconde loi de Newton.

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquées à un système est égale à la dérivée par rapport au temps de son vecteur quantité de mouvement $\vec{p} = m \vec{v}_G$:

$$\sum \overrightarrow{F}_{\text{ext}} = \frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t}$$

Si la masse du système est constante : $\sum \overrightarrow{F}_{\text{ext}} = m \vec{a}_G$

PIÈGE
Oublier « dans un référentiel galiléen » : sans cette précision, l'énoncé est incomplet.

COMPRENDRE
La quantité de mouvement n'est plus au programme actuel de spécialité : on y énonce directement la loi sous la forme $\sum \overrightarrow{F}_{\text{ext}} = m \vec{a}_G$, pour un système de masse constante.

3.2 En appliquant la seconde loi de Newton, montrer que les composantes du vecteur accélération $\vec{a}_G$ du perchiste sont $a_x = 0$ et $a_z = -g$.

Système : {perchiste}, assimilé à un point matériel G de masse m constante. Référentiel : terrestre, supposé galiléen.

Le perchiste est en chute libre : la seule force qu'il subit est son poids $\overrightarrow{P} = m \vec{g}$.

Seconde loi de Newton : $\overrightarrow{P} = m \vec{a}_G$, soit $m \vec{g} = m \vec{a}_G$, donc $\vec{a}_G = \vec{g}$.

Dans le repère (Oxz), l'axe (Oz) est vertical et orienté vers le haut, alors que $\vec{g}$ est vertical et dirigé vers le bas : $\vec{g}$ a pour coordonnées $(0\ ;\ -g)$.

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

MÉTHODE
Toujours les mêmes quatre temps : système, référentiel galiléen, bilan des forces, loi de Newton ; puis projection sur les axes en regardant leur orientation.

3.3 Avec le début de la phase descendante comme origine des temps, montrer que dans le repère (Oxz) les équations horaires s'écrivent $x(t) = v_0\, t$ et $z(t) = -\frac{1}{2} g\, t^2 + H$.

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

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

À $t = 0$, le vecteur vitesse $\vec{v}_0$ est horizontal : $v_x(0) = v_0$ et $v_z(0) = 0$, donc $C_1 = v_0$ et $C_2 = 0$. Ainsi $v_x(t) = v_0$ et $v_z(t) = -g\, t$.

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

$$x(t) = v_0\, t + C_3 \qquad z(t) = -\frac{1}{2} g\, t^2 + C_4$$

À $t = 0$, le perchiste est sur l'axe (Oz), à la hauteur H : $x(0) = 0$ et $z(0) = H$, donc $C_3 = 0$ et $C_4 = H$.

$x(t) = v_0\, t$ et $z(t) = -\frac{1}{2} g\, t^2 + H$

PIÈGE
Écrire les constantes sans les justifier. Chaque constante d'intégration vient d'une condition initiale lue sur le schéma : vitesse horizontale, position de départ à la verticale de O, à la hauteur H.

3.4 Quelle est la durée de la phase descendante ? Commenter le résultat.

Données utiles $H = 5{,}4$ m ; $h = 0{,}70$ m ; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $v_0 = 1{,}1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

La descente se termine à la date t_f où le perchiste touche le tapis, de hauteur h : $z(t_f) = h$.

$-\frac{1}{2}\,g\,t_f^2 + H = h$, soit $t_f^2 = \frac{2\,(H-h)}{g}$, et comme $t_f > 0$:

$$t_f = \sqrt{\frac{2\,(H-h)}{g}} = \sqrt{\frac{2\times(5{,}4-0{,}70)}{9{,}8}} = 0{,}98\ \text{s}$$

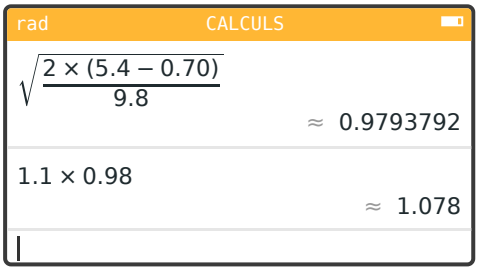
Commentaire : la chute dure environ une seconde, ce qui est réaliste pour une chute de 4,7 m. Pendant ce temps, le perchiste avance de $x(t_f) = v_0\,t_f = 1{,}1\times 0{,}98 = 1{,}1$ m : il retombe bien sur le tapis, juste derrière la barre.

$t_f = 0{,}98$ s : une chute brève, d'environ une seconde.

PIÈGE
Résoudre $z = 0$: le perchiste ne descend pas jusqu'au sol, il s'arrête sur le tapis à $z = h$. On trouverait 1,0 s au lieu de 0,98 s.

COMPRENDRE
À l'arrivée, la vitesse verticale vaut $g\,t_f \approx 9{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, soit près de $35\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: d'où l'épaisseur du tapis de réception.

À LA CALCULATRICE



Ballon de chauffage sanitaire

Bac S 2019 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Citer les trois modes de transfert thermique.

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

COMPRENDRE
Conduction : de proche en proche, sans déplacement de matière (paroi). Convection : avec déplacement de matière (eau, air). Rayonnement : par ondes électromagnétiques, possible même dans le vide.

1.2 L'eau du ballon est chauffée de 15 °C à 65 °C, pertes négligées. Calculer la durée de chauffage et vérifier qu'elle est cohérente avec la valeur du fabricant.

Données utiles $V = 200\ \text{L} = 0{,}200\ \text{m}^3$; $P = 2200\ \text{W}$; $c_{eau} = 4180\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $\rho_{eau} = 1000\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; temps de chauffe annoncé : 5 h 17 min

Masse d'eau : $m = \rho_{eau}\, V = 1000 \times 0{,}200 = 200$ kg.

L'eau reste liquide ; sa variation d'énergie interne est $\Delta U = m\, c_{eau}\, (\theta_f - \theta_i)$.

Sans pertes, toute l'énergie électrique reçue par la résistance est transférée à l'eau : $P\,\Delta t = \Delta U$, donc

$$\Delta t = \frac{\rho_{eau}\, V\, c_{eau}\, (\theta_f - \theta_i)}{P}$$

$$\Delta t = \frac{1000 \times 0{,}200 \times 4180 \times (65 - 15)}{2200} = 1{,}90 \times 10^4\ \text{s}$$

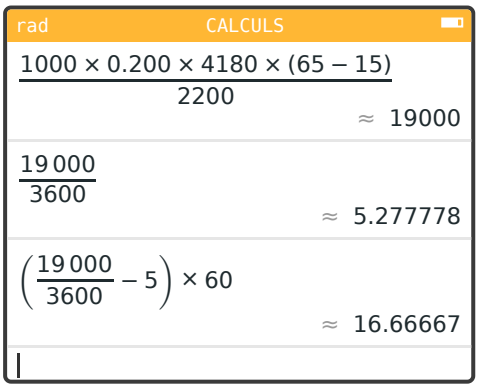
Conversion : $\dfrac{1{,}90 \times 10^4}{3600} = 5{,}28$ h, soit 5 h et $0{,}28 \times 60 \approx 17$ min.

$\Delta t = 1{,}90 \times 10^4\ \text{s} \approx 5\ \text{h}\ 17\ \text{min}$: la durée calculée est identique au temps de chauffe annoncé par le fabricant.

PIÈGE
Laisser le volume en litres alors que ρ_{eau} est en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$: le résultat est alors mille fois trop grand. Et 5,28 h ne signifie pas 5 h 28 min.

COMPRENDRE
Un écart de température a la même valeur en °C et en K : inutile d'ajouter 273. Le résultat est donné à la minute près pour être comparé à la valeur du fabricant.

À LA CALCULATRICE



1.3.1 Montrer que le flux thermique à travers les parois du ballon, entre l'eau à 65 °C et l'air extérieur à 20 °C, vaut $\Phi = 67$ W.

Données utiles $S = 2{,}9\ \text{m}^2$; $e = 70\ \text{mm}$; $\lambda = 0{,}036\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Les parois ont une épaisseur négligeable : seule la laine de roche s'oppose au transfert. Avec $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda\, S}$ et $\Phi = \dfrac{\Delta T}{R_{th}}$:

$$\Phi = \frac{\lambda\, S\, \Delta T}{e} = \frac{0{,}036 \times 2{,}9 \times (65 - 20)}{70 \times 10^{-3}} = 67\ \text{W}$$

$\Phi = 67$ W : c'est bien la valeur annoncée.

PIÈGE
Oublier de convertir l'épaisseur : $e = 70\ \text{mm} = 70 \times 10^{-3}$ m, sinon le flux est mille fois trop faible.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.036 \times 2.9 \times (65 - 20)}{70 \times 10^{-3}} \approx 67.11429$$

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme λ, S et e. Le flux va spontanément de l'eau chaude vers l'air plus froid : c'est une perte pour le ballon.

1.3.2 En déduire l'énergie perdue par le ballon en une journée, exprimée en Wh.

Données utiles $\Phi = 67$ W (Q1.3.1) ; $\Delta t = 24$ h

Le flux thermique est l'énergie transférée par unité de temps : $\Phi = \dfrac{E}{\Delta t}$, donc $E = \Phi\,\Delta t$.

Avec Φ en W et Δt en h, l'énergie s'obtient directement en Wh :

$$E = 67 \times 24 = 1{,}6 \times 10^{3}\ \text{Wh}$$

$E = 1{,}6 \times 10^{3}$ Wh perdus en une journée.

MÉTHODE

Le wattheure est l'énergie transférée en une heure sous une puissance de 1 W : $1\ \text{Wh} = 3600$ J. Pour un résultat en Wh, garder la durée en heures.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$67 \times 24 = 1\,608$$

1.4 À l'aide du résultat précédent, évaluer le coefficient de refroidissement C_r du ballon. Est-il cohérent avec la donnée du fabricant ?

Données utiles $E = 1{,}6 \times 10^{3}$ Wh par jour (Q1.3.2) ; $V = 200$ L ; eau à 65 °C, air à 20 °C ; fabricant : $C_r = 0{,}18\ \text{Wh} \cdot \text{jour}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$

D'après son unité, C_r est l'énergie perdue par jour, par litre d'eau et par kelvin d'écart avec l'air ambiant. Ici l'énergie E est perdue en un jour par $V = 200$ L pour un écart $\Delta T = 65 - 20 = 45$ K :

$$C_r = \frac{E}{V\,\Delta T} = \frac{1{,}6 \times 10^{3}}{200 \times 45} = 0{,}18\ \text{Wh} \cdot \text{jour}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_r = 0{,}18\ \text{Wh} \cdot \text{jour}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$: valeur égale à celle du fabricant, le résultat est cohérent.

MÉTHODE

Quand une grandeur n'est définie que par une phrase, son unité donne la formule : des $\text{Wh} \cdot \text{jour}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$ s'obtiennent en divisant une énergie journalière par un écart de température et par un volume en litres.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1.6 \times 10^{3}}{200 \times 45} \approx 0.1777778$$

1.5 La réglementation thermique RT 2012 est-elle respectée pour ce ballon ?

Données utiles RT 2012 : $C_r \leqslant 2 \times V^{\alpha}$ avec $\alpha = -0{,}4$ et V en litres ; $C_r = 0{,}18\ \text{Wh} \cdot \text{jour}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q1.4)

Valeur maximale autorisée pour un ballon de 200 L :

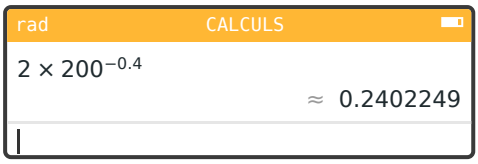
$$C_{r,\max} = 2 \times V^{\alpha} = 2 \times 200^{-0{,}4} = 0{,}24\ \text{Wh} \cdot \text{jour}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_r = 0{,}18 < 0{,}24$: la constante de refroidissement est inférieure à la limite, le ballon respecte la RT 2012.

PIÈGE

Dans cette formule réglementaire, V est en litres et non en m^3. Attention aussi à l'exposant négatif : le saisir entre parenthèses.

À LA CALCULATRICE



2.1 Vérifier que la plage spectrale de la caméra permet de mesurer la température de sortie du ballon.

Données utiles loi de Wien : $\lambda_{max}\,T = 2{,}898 \times 10^{-3}$ m · K ; température attendue : 65 °C ; plage spectrale : 7,5 µm – 13 µm

Température attendue en sortie : $T = 65 + 273 = 338$ K.

D'après la loi de Wien, le rayonnement émis par le tuyau est maximal pour la longueur d'onde

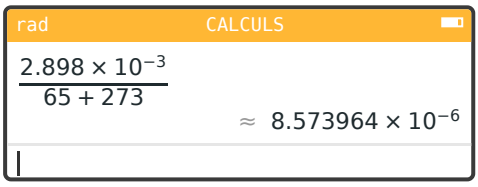
$$\lambda_{max} = \frac{2{,}898 \times 10^{-3}}{T} = \frac{2{,}898 \times 10^{-3}}{338} = 8{,}57 \times 10^{-6}\ \text{m} = 8{,}57\ \mu\text{m}$$

$7{,}5\ \mu\text{m} < \lambda_{max} = 8{,}57\ \mu\text{m} < 13\ \mu\text{m}$: le maximum d'émission se trouve dans la plage spectrale, la caméra convient.

PIÈGE
Utiliser la température en °C dans la loi de Wien : avec 65 au lieu de 338 K, on trouve 45 µm et on conclut à tort que la caméra ne convient pas.

COMPRENDRE
La loi de Wien ne figure plus au programme de spécialité de Terminale (elle est vue en enseignement scientifique) ; elle est donnée ici, il suffit de l'appliquer.

À LA CALCULATRICE



2.2 Estimer une valeur approchée de la température à la sortie du ballon en justifiant la méthode utilisée.

Sur la photographie, l'échelle de niveaux de gris va du noir (20 °C) au blanc (67 °C) : plus une zone est claire, plus elle est chaude.

Le tuyau de sortie d'eau chaude, repéré par le viseur, apparaît presque blanc : sa teinte correspond à l'extrémité chaude de l'échelle, juste en dessous de 67 °C.

La température à la sortie du ballon est voisine de 65 °C, la valeur recommandée par la notice.

COMPRENDRE
Une estimation suffit : aucune mesure de longueur sur l'échelle de teintes n'est attendue. Le tuyau d'arrivée d'eau froide, lui, apparaît noir, proche de 20 °C.

2.3 Chaque pixel de la photographie en niveaux de gris est codé sur 8 bits. Calculer la taille de cette image en octets, puis celle de la même image en couleur.

Données utiles image de 120×120 pixels ; 1 octet = 8 bits

Nombre de pixels : $120 \times 120 = 14\,400$ pixels.

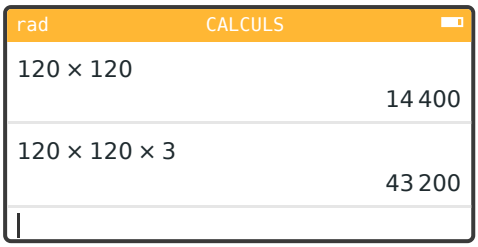
En niveaux de gris, chaque pixel occupe 8 bits, soit 1 octet : la taille est $14\,400 \times 1 = 14\,400$ octets.

En couleur (codage RVB), chaque pixel est décrit par trois composantes, rouge, verte et bleue, de 1 octet chacune : $14\,400 \times 3 = 43\,200$ octets.

Niveaux de gris : $14\,400$ octets ; couleur : $43\,200$ octets.

COMPRENDRE
Ce que le document appelle « résolution » est en réalité la définition de l'image (nombre de pixels). Le codage des images n'est plus au programme de spécialité de Terminale.

À LA CALCULATRICE



2.4 La carte SD a une capacité de 2 Gbit. Combien d'images en couleurs peut-elle stocker ? Ce résultat est-il cohérent avec les caractéristiques données par le constructeur ?

Données utiles image couleur : $43\,200$ octets (Q2.3) ; capacité : $2\ \text{Gbit} = 2 \times 10^9$ bits ; constructeur : 5000 images RGB au maximum

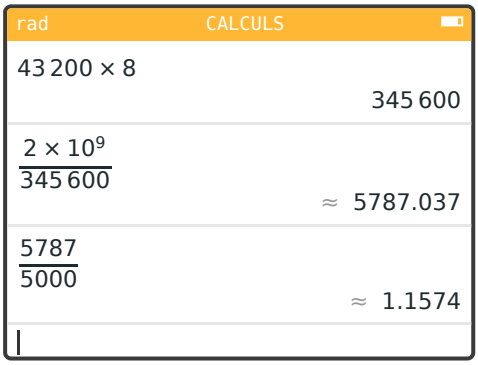
Taille d'une image couleur en bits : $43\,200 \times 8 = 345\,600$ bits.

Nombre d'images : $N = \dfrac{2 \times 10^9}{345\,600} = 5787{,}04$, soit 5787 images entières.

La carte peut contenir 5787 images en couleurs : même ordre de grandeur que les 5000 images annoncées, et un peu plus (environ 16 %), ce qui reste cohérent avec un nombre maximal garanti par le constructeur.

PIÈGE
La capacité est en bits, la taille de l'image en octets : diviser 2×10^9 par $43\,200$ donnerait huit fois trop d'images. Un nombre d'images s'arrondit à l'entier inférieur.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : Race for water

Bac S 2019 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Montrer que, en l'absence de vent, les besoins journaliers en énergie électrique (moteurs et besoins de l'équipage) correspondent à 340 kWh.

Données utiles deux moteurs de puissance $P_m = 5$ kW chacun ; navigation 24 heures sur 24 ; besoin quotidien de l'équipage : $E_{\text{éq}} = 100$ kWh

Sans vent, le kite est inutilisable : les deux moteurs fonctionnent toute la journée, soit pendant $\Delta t = 24$ h.

Énergie consommée par les moteurs en un jour :

$$E_{\text{mot}} = 2 \times P_m \times \Delta t = 2 \times 5 \times 24 = 240 \text{ kWh}$$

Besoins journaliers totaux :

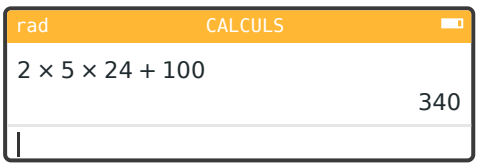
$$E_{\text{jour}} = E_{\text{mot}} + E_{\text{éq}} = 240 + 100 = 340 \text{ kWh}$$

$E_{\text{jour}} = 340$ kWh par jour sans vent : c'est la valeur attendue.

PIÈGE
Compter un seul moteur, ou seulement 12 h de fonctionnement : le navire avance 24 heures sur 24 (document 2) et il a deux moteurs de 5 kW (document 3).

MÉTHODE
$E = P \times \Delta t$: avec P en kW et Δt en h, l'énergie sort directement en kWh. Inutile de passer par les joules tant que toutes les énergies sont en kWh.

À LA CALCULATRICE



2 Montrer que la quantité maximale d'énergie que peut stocker le navire (batteries et dihydrogène) vaut environ 3 400 kWh. Problème : les réserves d'énergie du navire ont-elles pu retrouver, à la fin des 11 jours étudiés, leur niveau de départ (stock maximal le matin du 21 mai) ?

Données utiles 4 batteries de 188,5 kWh chacune ; $m(\mathrm{H_2}) = 200$ kg ; $M(\mathrm{H_2}) = 2{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; pile : 26 Wh par mole de $\mathrm{H_2}$; panneaux : $S = 500\ \mathrm{m^2}$, rendement 32 % ; soleil : 500 W par $\mathrm{m^2}$ pendant 12 h ; document 1 ; $E_{\text{jour}} = 340$ kWh (Q1)

Question 2.

Batteries : $E_{\text{bat}} = 4 \times 188{,}5 = 754\ \mathrm{kWh}$.

Dihydrogène : $n(\mathrm{H_2}) = \dfrac{m(\mathrm{H_2})}{M(\mathrm{H_2})} = \dfrac{200 \times 10^3}{2{,}0} = 1{,}0 \times 10^5\ \mathrm{mol}$, et la pile fournit 26 Wh par mole :

$$E_{\mathrm{H_2}} = 1{,}0 \times 10^5 \times 26 = 2{,}6 \times 10^6\ \mathrm{Wh} = 2{,}6 \times 10^3\ \mathrm{kWh}$$

Stock maximal : $E_{\max} = 754 + 2{,}6 \times 10^3 = 3{,}35 \times 10^3\ \mathrm{kWh}$, soit environ 3 400 kWh, comme annoncé.

Problème.

Hypothèses. Un jour de pluie, les panneaux ne produisent rien. Le kite tracte le navire pendant les 12 h de jour dès que le vent atteint 10 nœuds. Les conversions d'énergie (charge des batteries, électrolyse, pile) se font sans perte.

Production d'un jour ensoleillé. Puissance solaire reçue : $500 \times 500 = 2{,}5 \times 10^5\ \mathrm{W} = 250\ \mathrm{kW}$. Puissance électrique : $P_{\text{él}} = 0{,}32 \times 250 = 80\ \mathrm{kW}$. En 12 h :

$$E_{\text{sol}} = 80 \times 12 = 960\ \mathrm{kWh}$$

Consommation d'un jour de vent. Le jour, le kite remplace les moteurs ; ils ne fonctionnent que les 12 h de nuit :

$$E'_{\text{jour}} = 2 \times 5 \times 12 + 100 = 220\ \mathrm{kWh}$$

Bilan des 11 jours (document 1).

- Du 21 au 27 mai (7 jours, pluie, pas de vent) : $-7 \times 340 = -2\,380$ kWh.
- Les 28 et 29 mai (pluie, vent) : $-2 \times 220 = -440$ kWh.
- Le 30 mai (soleil, pas de vent) : $960 - 340 = +620$ kWh.
- Le 31 mai (soleil, vent) : $960 - 220 = +740$ kWh.

Au soir du 29 mai, il reste $3\,354 - 2\,380 - 440 = 534$ kWh : le stock n'a jamais été épuisé, le navire a pu avancer sans interruption.

Au soir du 31 mai : $E_{\text{fin}} = 534 + 620 + 740 = 1\,894\ \mathrm{kWh}$, soit $\dfrac{1\,894}{3\,354} = 56\ \%$ du stock de départ. Il manque $3\,354 - 1\,894 = 1\,460$ kWh.

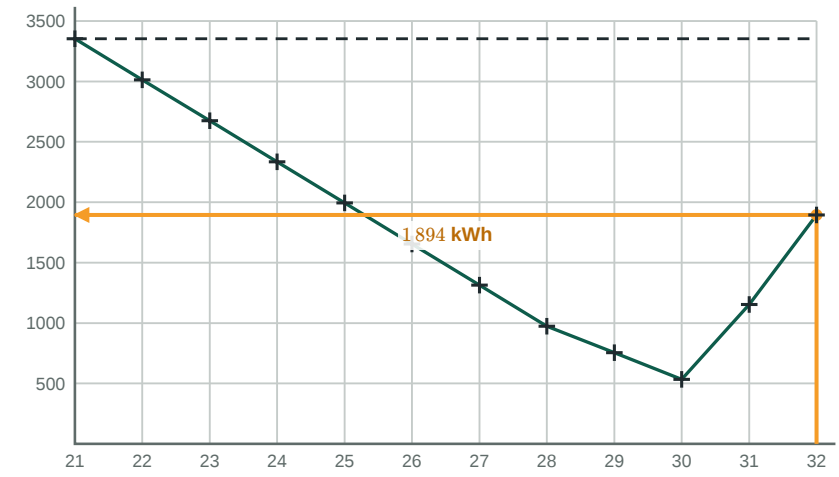
Regard critique. Les pertes négligées (électrolyse, charge) réduiraient encore le stock final. À l'inverse, un ciel couvert laisse passer un peu de lumière : la production des 9 jours de pluie n'est pas tout à fait nulle. Mais l'écart est trop grand pour changer la conclusion : il faudrait encore deux à trois jours ensoleillés ($1\,460 \div 620 \approx 2{,}4$).

Non : au soir du 31 mai, les réserves valent environ $1{,}9 \times 10^3$ kWh, soit un peu plus de la moitié du stock de départ ($3{,}4 \times 10^3$ kWh).

PIÈGE
Laisser la masse de dihydrogène en kg : M est en $\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$. Oublier le rendement de 32 %, ou compter 24 h de soleil. Oublier que le kite reste plié la nuit : les moteurs consomment encore 120 kWh.

COMPRENDRE
$M(\mathrm{H_2})$ et « 26 Wh » n'ont que deux chiffres significatifs : $E_{\max} = 3{,}4 \times 10^3$ kWh. On garde 3 354 kWh dans les calculs intermédiaires et on arrondit seulement la réponse finale.

COMPRENDRE
Exercice de l'ancien enseignement de spécialité : la résolution de problème n'existe plus sous cette forme. Les notions utilisées (puissance, énergie, rendement d'une conversion) restent au programme actuel.



2 · Énergie en réserve chaque matin, du 21 mai au 1er juin (32 = matin du 1er juin) ; en tirets, le stock maximal

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$4 \times 188.5 + \frac{\frac{200 \times 10^3}{2.0}}{1000} \times 26 \approx 3354$$

$$\frac{0.32 \times 500 \times 500 \times 12}{1000} \approx 960$$

$$2 \times 5 \times 12 + 100 = 220$$

$$3354 - 7 \times 340 - 2 \times 220 = 534$$

$$534 + 960 - 340 + 960 - 220 = 1\,894$$

$$\frac{1894}{3354} \approx 0.5646989$$