

Partie A - Les questions de Maurice

Maurice s'interroge sur les notions de braquet, de développement, de « fréquence de pédalage » et de « force motrice » de sa bicyclette (sa « randonneuse »).
Aidez-le à comprendre.

A.1. Braquet et développement

A.1.1. En vous aidant de l'annexe A2, expliquer la signification d'un braquet 30/15.

D'après l'annexe A2, Le braquet Br est le rapport entre le nombre de dents de la couronne du pédalier (le plateau) et le nombre de dents de la couronne de la roue libre (le pignon).

Un braquet 30/15 correspond donc à un plateau de 30 dents et un pignon de 15 dents.

A.1.2. Pourquoi le braquet (noté Br) est-il exprimé sans unité ?

Il s'agit d'un rapport de deux grandeurs ayant la même unité, le résultat est donc sans unité.

A.2. Fréquence de pédalage

Avec un plateau de 43 dents, le braquet idéal d'un cyclotouriste que l'on notera Br_2 doit être le plus proche possible de 2,5.

A.2.1. Calculer le développement D (en m) de la bicyclette lorsque le braquet est $Br = \frac{43}{17} = 2,53$

(annexe A1 et A2)

D'après l'annexe A2 le développement est $D = Br \times 2\pi \times r$

D'après l'annexe A1, $r = 315 \text{ mm} = 0,315 \text{ m}$

Donc $D = Br \times 2\pi \times r = \frac{43}{17} \times 2\pi \times 0,315 = 5,01 \text{ m}$

A.2.2. En déduire la fréquence de pédalage f_p de Maurice, exprimée en $\text{tour} \cdot \text{min}^{-1}$, lorsqu'il roule à une vitesse $v = 22,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (la fréquence de pédalage correspond aux nombres de tours de pédalier effectués en une minute).

$v = 22,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = 375 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

D'après le résultat précédant, quand Maurice fait 1 tour de pédalier, il avance de 5,01 m :

1 tour	5,01 m
X tours	375 m

$$X = \frac{375 \times 1}{5,01} = 75 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

La fréquence de pédalage est donc de 75 tours par minute.

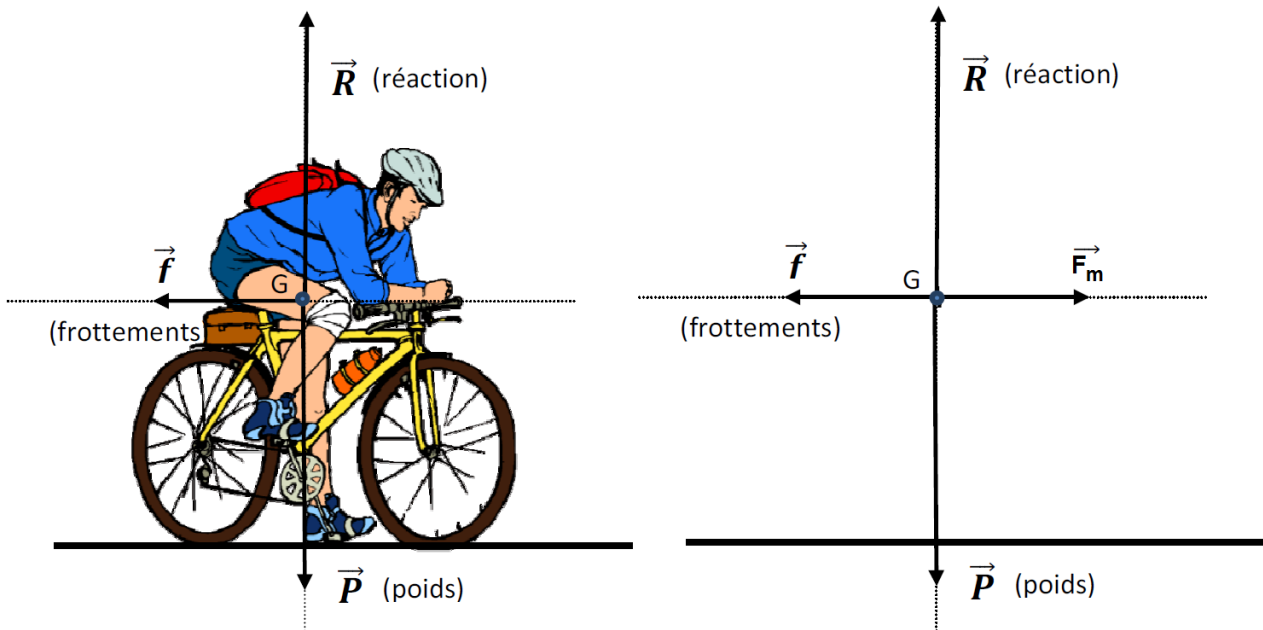
A.2.3. Vérifier que cette valeur est conforme aux fréquences de pédalages des cyclotouristes (annexe A3).

D'après le document A3, pour un cyclotouriste, elle est située aux alentours de 70-80 tours de pédalier par minute. La valeur trouvée est donc conforme.

A.3. La force motrice

Représenter à l'échelle **sur le document réponse DR1 à rendre avec la copie**, le vecteur force motrice \vec{F}_m qui permet à Maurice de rouler à vitesse constante sur une route rectiligne et horizontale. En utilisant l'annexe A4, justifier la réponse.

Pour que le mouvement soit rectiligne et uniforme, il faut que les forces qui s'exercent sur lui se compensent : la somme vectorielle de toutes les forces doit donc être nulle, on en déduit donc : $\vec{F}_m = -\vec{f}$



Partie B - Étude du vélo à assistance électrique (V.A.E.).

B.1. L'accumulateur Li-Mn

B.1.1. Vérifier si le choix du type d'accumulateur (batterie) est judicieux pour réaliser un trajet journalier moyen et pour recharger l'accumulateur (annexe B1).

Maurice veut faire 2400 km en 30 jours, soit en moyenne 80 km/jour. D'après l'annexe B1, cela correspond à l'autonomie minimale du dispositif choisi.

De plus, pour la recharge à 100%, il faut 7 h : ce qui est possible pendant la nuit.

B.1.2. Préciser à quelles grandeurs physiques correspondent les indications 8,8 Ah et 422 Wh qui figurent sur le descriptif technique en annexe B1.

L'indication 8,8 Ah correspond à la capacité de la batterie.

422 Wh correspond à l'énergie emmagasinée dans la batterie.

B.1.3. Calculer l'intensité I du courant constant pouvant être débité pendant une durée de 6 h jusqu'à la décharge complète de l'accumulateur.

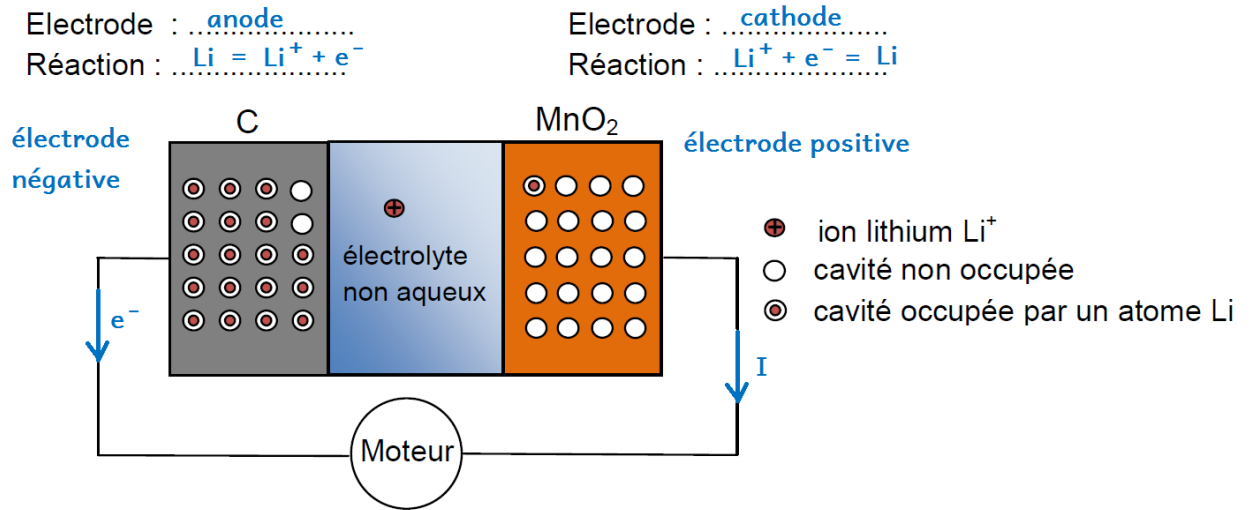
$$I = \frac{Q}{t} = \frac{8,8}{6} = 1,5 \text{ A}$$

B.1.4. Calculer la durée Δt d'utilisation de l'accumulateur (jusqu'à sa décharge complète) si la puissance consommée par le moteur et les équipements vaut $P = 140 \text{ W}$.

$$\Delta t = \frac{E}{P} = \frac{422}{140} = 3,0 \text{ h}$$

B.1.5. Après avoir consulté le principe de l'accumulateur Li-Mn (annexe B2), compléter le document réponse DR2 à rendre avec la copie en indiquant :

- les sens de déplacement des porteurs de charges (électron et ion lithium) et le sens du courant I lorsque la batterie se décharge.
- les polarités de l'accumulateur.
- les noms des électrodes et des réactions qui s'y produisent.



Justifier chacune des réponses et écrire notamment l'équation de la réaction chimique qui se produit au niveau de l'électrode en carbone (C).

Dans le document B2, on nous explique que, lors de la charge de l'accumulateur, « on force le lithium à passer, sous forme ionique Li⁺, à travers l'électrolyte, pour rejoindre l'électrode en carbone, où il rencontre un électron pour reformer un atome de lithium ».

Donc, lors de la décharge, il se produit la réaction contraire : $\text{Li} = \text{Li}^+ + \text{e}^-$ sur l'électrode de carbone : il s'agit d'une oxydation.

Les électrons partent donc de l'électrode de carbone (électrode négative)

Le courant circule dans le sens contraire de celui des électrons.

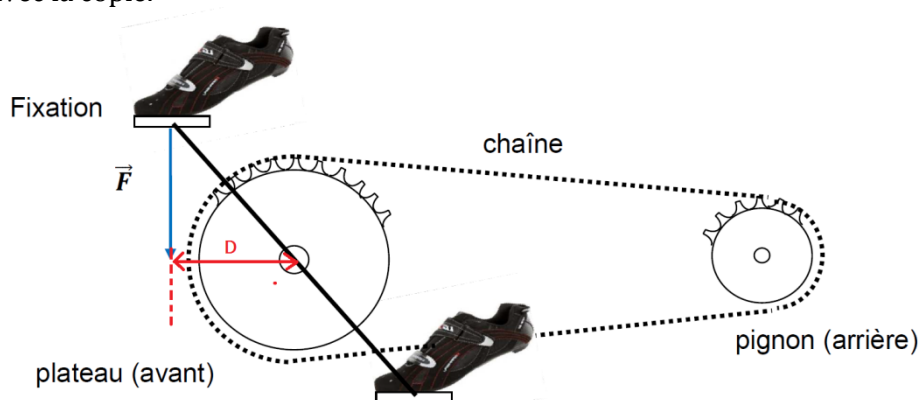
La réaction inverse se produit sur l'autre électrode (la cathode) : $\text{Li}^+ + \text{e}^- = \text{Li}$

B.1.6. Lors de la recharge de l'accumulateur, donner la nature (continue ou alternative) et la valeur de la tension U (annexe B3).

D'après le document B3, U est une tension continue de 48 V.

B.2. L'assistance électrique

B.2.1. Définir le moment de la force \vec{F} en donnant son expression et en complétant le document réponse DR3 à rendre avec la copie.



Le moment M de la force \vec{F} est égal au produit $F \times D$

B.2.2. Donner la relation du moment C du couple moteur en fonction de la puissance mécanique P du moteur et de la vitesse de rotation ω (rad.s⁻¹). Calculer la vitesse de rotation ω (en rad.s⁻¹) puis en tr.min⁻¹) si le moment du couple moteur vaut 40 N.m pour une puissance mécanique de 100 W.

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{C \times \theta}{\Delta t} = C \times \omega$$

$$\omega = \frac{P}{C} = \frac{100}{40} = 2,5 \text{ rad.s}^{-1}$$

$$\omega = 2,5 \text{ rad.s}^{-1} = \frac{2,5 \times 60}{2 \pi} = 24 \text{ tr.min}^{-1}$$

B.2.3. L'objectif est de compléter deux chaînes énergétiques qui correspondent à deux situations différentes explicitées ci-dessous.

Sur les documents réponses DR4 et DR5 à rendre avec la copie, indiquer les résultats numériques ainsi que tous les transferts par des flèches (\longrightarrow).

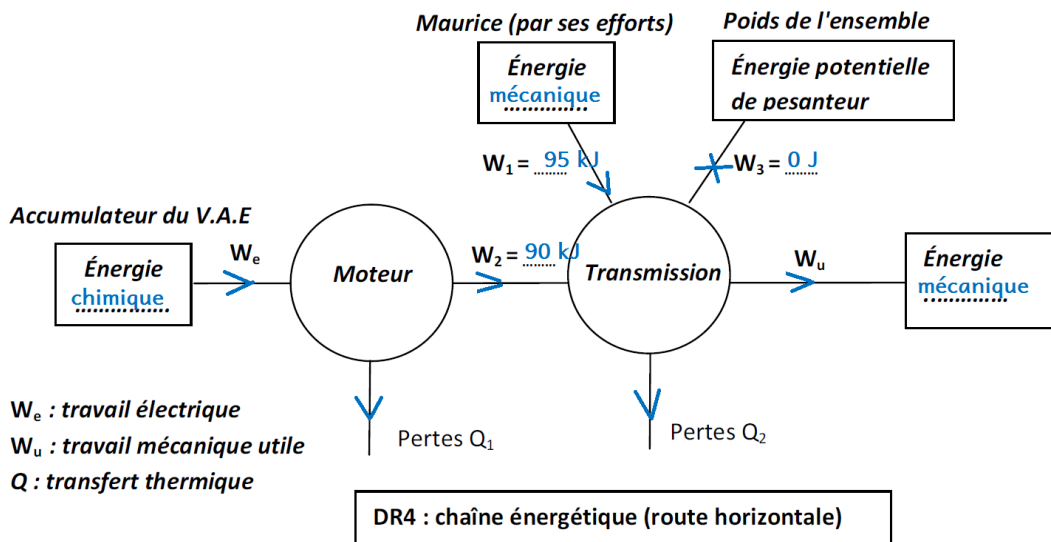
Une absence de transfert sera notée ---X--- .

a) Situation 1 DR4 (à rendre avec la copie)

La route est rectiligne et horizontale, Maurice circule à vitesse constante, il n'y a pas de vent, le moteur développe une puissance de 100 W, le moment moyen du couple (supposé constant) exercé par le cycliste vaut 30 N.m, la vitesse angulaire du pédalier est 3,5 rad.s⁻¹.

Calculer pour une durée de 15 min :

- W_1 : travail fourni par Maurice : $W_1 = P \times \Delta t = 30 \times 3,5 \times 15 \times 60 = 95 \text{ kJ}$
- W_2 : travail fourni par le moteur électrique : $W_2 = P \times \Delta t = 100 \times 15 \times 60 = 90 \text{ kJ}$
- W_3 : travail du poids : $W_3 = 0 \text{ J}$ (route horizontale)

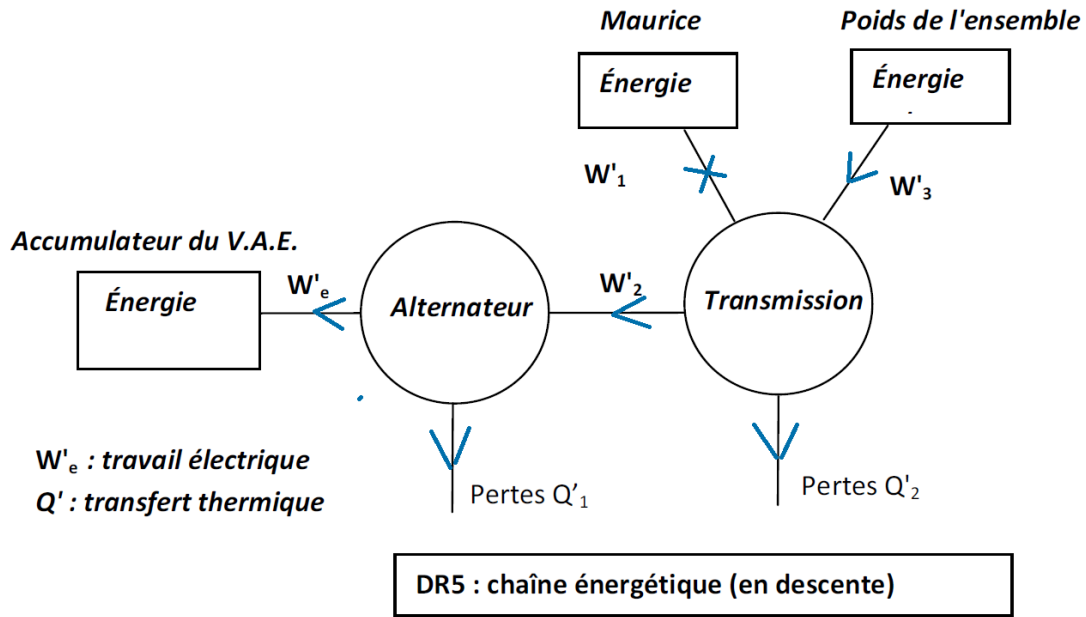


b) Situation 2 DR5 (à rendre avec la copie)

La route est en descente. Maurice ne pédale pas et ajuste son freinage pour maintenir sa vitesse constante à 35 km.h⁻¹.

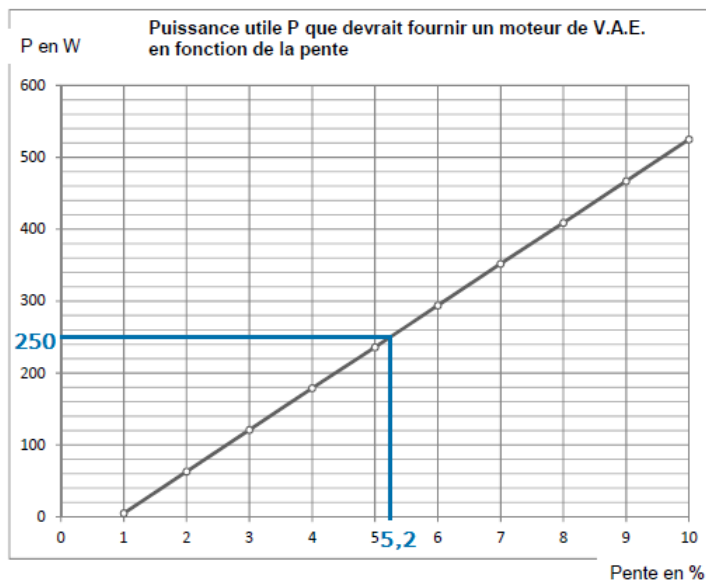
Indiquer uniquement les sens des transferts.

La législation impose que l'assistance électrique cesse à partir d'une vitesse de 25 km.h⁻¹
 Pour des raisons de sécurité, le moteur passe mode débrayé (il se coupe) lorsque l'on actionne les freins et bascule en mode récupération d'énergie (il fonctionne en alternateur).



B.2.4. Sachant que la puissance maximale utile du V.A.E. de Maurice est de 250 W, à l'aide de l'annexe B4 :

- a) Déterminer le pourcentage maximal de la pente sur laquelle Maurice peut rouler à 15 km.h⁻¹ en maintenant sa puissance musculaire égale à 60 W.



D'après l'annexe B4, le pourcentage maximal de pente est 5,2 %.

- b) Déterminer la puissance musculaire que devrait avoir Maurice pour maintenir sa vitesse constante à 15 km.h⁻¹ sur une montée à 6 % ?

D'après le document B4, pour une pente de 6 %, le VAE devrait fournir 300 W, or il n'en fournit que 250 W au maximum. Maurice doit donc fournir le complément, soit un total de 50 + 60 = 110 W

B.3. Les avantages chiffrés du V.A.E.

L'ascension de l'Alpe d'Huez (14,4 km ; 1120 m de dénivelé ; 21 virages et une pente moyenne de 8 %) avec le V.A.E. à une vitesse de 10 km.h⁻¹, nécessite une puissance de 308 W (puissance du moteur 248 W, puissance musculaire 60 W). Maurice souhaite déterminer la puissance musculaire qu'il aurait dû développer sans assistance électrique pour effectuer ce trajet avec sa randonneuse et ses bagages dans les mêmes conditions (voir données en annexe A1). Pour cela vous devez :

- B.3.1. Déterminer le travail du poids \vec{P} de l'ensemble {Maurice, vélo, bagages} lors de cette ascension ; on prendra $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

$$W(\vec{P}) = m \times g \times h$$

Avec m : masse du système | g : intensité du champ de pesanteur | h : dénivelé

$$W(\vec{P}) = (70 + 11,5 + 16) \times 9,81 \times 1120 = 1,07.10^6 \text{ J}$$

B.3.2. Sachant que l'énergie perdue lors de cette ascension, en raison de l'ensemble des frottements, est de 130 kJ, calculer l'énergie musculaire E qu'aurait dû développer Maurice.

L'énergie que Maurice aurait dû développer correspond à l'énergie servant à compenser le travail du poids et l'énergie perdue par les frottements :

$$E = 1,07.10^6 + 130.10^3 = 1,20.10^6 \text{ J}$$

B.3.3. Calculer la durée du trajet et en déduire la puissance musculaire qu'aurait dû développer Maurice pour faire l'ascension avec une vitesse constante de 10 km.h⁻¹.

- Maurice a effectué 14,4 km à la vitesse de 10 km.h⁻¹, l'ascension a donc duré 1,44 h.

$$- P = \frac{E}{t} = \frac{1,2.10^6}{1,44 \times 3600} = 231 \text{ W}$$

Partie C - Les équipements personnels de Maurice

C.1. Le téléphone mobile

Maurice souhaite comprendre la signification des caractéristiques et le fonctionnement de son téléphone mobile. C'est un smartphone, quadri-bande (850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz et 1900 MHz), disposant d'une coque munie d'une batterie et d'un panneau solaire photovoltaïque.

C.1.1. Calculer la longueur d'onde λ de l'onde électromagnétique porteuse **si sa fréquence vaut $f = 1820$ MHz du téléphone mobile.**

On donne la célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.10^8}{1820.10^6} = 0,165 \text{ m}$$

C.1.2. En vous aidant de l'annexe C1, indiquer à quel domaine du spectre électromagnétique appartient ce rayonnement. Justifier le fait que certains scientifiques disent qu'une utilisation prolongée du téléphone mobile peut s'accompagner d'effets indésirables.

D'après l'annexe C1, une onde dont la longueur d'onde est de 0,165 m appartient aux micro-ondes. On peut éventuellement penser que ces ondes ont des effets thermiques sur le corps humain.

C.1.3. Quel est, d'après l'annexe C2, le nom de l'opérateur téléphonique de Maurice.

D'après le document C2, une onde de fréquence $f = 1820$ MHz appartient à Orange.

C.1.4. À partir du document réponse DR6, préciser ce que représente les indications 5,5 V / 120 mA figurant sur la documentation du panneau solaire (annexe C3).

5,5 V : tension en circuit ouvert

120 mA : courant de court-circuit

C.1.5. À partir de la caractéristique tension-intensité $U = f(I)$ du panneau solaire, représentée sur le **document réponse DR6 à rendre avec la copie**, préciser la zone où le panneau solaire se comporte comme un générateur de tension.

Le panneau solaire se comporte comme un générateur de tension dans la zone où la tension est quasiment constante : la zone 1.

C.1.6. Dans quelle zone le panneau solaire fournit-il une puissance maximale P_{max} . Justifier la réponse et estimer la valeur de P_{max} .

La puissance est maximale dans la zone 2 : $P_{\text{max}} = 5 \times 0,1 = 0,5 \text{ W}$

C.2. La combustion du butane

Pour chauffer de l'eau en vue de préparer un thé ou un café, Maurice prévoit d'emporter avec lui un réchaud à gaz qui utilise une cartouche de gaz contenant du butane sous pression. Il souhaite savoir quelle masse d'eau pourrait être chauffée avec une cartouche neuve.

C.2.1. Rappeler les risques d'utilisation de la cartouche de gaz (annexe C4).

Les pictogrammes du document C4 indiquent les risques suivants :

- gaz inflammable.

- gaz sous pression.

C.2.2. Écrire l'équation de la réaction de combustion complète du butane C_4H_{10} dans le dioxygène, s'il se forme uniquement du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.



C.2.3. Calculer l'énergie maximale Q que peut fournir tout le butane contenu dans une cartouche de gaz (annexe C4). Expliquer pourquoi on peut s'attendre à une énergie utile Q' inférieure à Q .

On dispose de 190 g de gaz dont le pouvoir calorifique est 49,51 MJ/kg donc $Q = 49,51 \times 0,190 = 9,41 \text{ MJ}$ Q' sera forcément inférieure car il y a toujours des pertes.

C.2.4. Calculer la masse maximale d'eau m qu'il pourra chauffer de 15 °C à 100 °C avec le réchaud muni d'une cartouche de gaz neuve (pleine).

Données numériques : la capacité thermique massique de l'eau vaut $c = 4,2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$, ce qui signifie que pour augmenter de 1 °C la température d'1 kg d'eau (sans changement d'état), il faut fournir une énergie de 4,2 kJ.

$$m = \frac{Q}{c \times \Delta T} = \frac{9,41 \cdot 10^6}{4,2 \cdot 10^3 \times (100 - 15)} = 26 \text{ kg}$$

Partie D : la santé et l'hygiène

Le rayonnement ultraviolet (UV)

Ayant une peau très sensible au soleil, Maurice choisit de se protéger efficacement, tout en ayant un comportement éco-responsable quant au choix de sa protection solaire. Il vous demande de lui fournir des informations et des explications concernant le rayonnement solaire et les différents types de crèmes solaires disponibles sur le marché.

D.1. Calculer l'énergie E_1 d'un photon de longueur d'onde $\lambda_1 = 350 \text{ nm}$ (dans le vide) et préciser d'après l'annexe D1 le domaine dans lequel se situe le rayonnement correspondant et s'il est visible.

On rappelle que :

- L'énergie transportée par un photon vaut $E = h \cdot \nu$, où $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ (constante de Planck), ν désigne la fréquence en Hz.
- La célérité de la lumière dans le vide, c , vaut $3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

$$E_1 = h \cdot \nu = \frac{h \times c}{\lambda_1} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{350 \cdot 10^{-9}} = 5,68 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

D'après l'annexe D1, une longueur d'onde de 350 nm correspond au domaine des UV_A. Le photon est donc invisible.

D.2. Calculer l'énergie E_2 d'un photon de longueur d'onde $\lambda_2 = 300 \text{ nm}$ (dans le vide).

$$E_2 = \frac{h \times c}{\lambda_2} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} = 6,63 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

D.3. D'après les calculs précédents, et pour une même intensité du rayonnement, indiquer en justifiant la réponse, lequel de ces rayonnements semble, a priori, le plus nocif.

On peut penser, a priori, que le rayonnement le plus nocif est celui de plus haute énergie, donc le rayonnement de longueur d'onde 300 nm (UV_B).

D.4. L'annexe D2, modifie-t-elle le jugement apporté à la question D3. Justifier la réponse.

Les deux types d'UV ont des effets nocifs pour la santé, le document D2 ne permet pas de classer la nocivité des UV_A par rapport aux UV_B.

Maurice s'interroge quant à la crème solaire à utiliser pour protéger la peau des rayonnements.

Il souhaiterait utiliser de préférence une crème solaire "bio" dont l'impact sur l'environnement serait minimale. L'annexe D3 reproduit un extrait de presse sur les crèmes solaires.

D.5. Expliquer la différence de mode d'action entre les deux types de crèmes solaires et indiquer si la préférence de Maurice est justifiée.

Les crèmes minérale « bio » agissent par réflexion du rayonnement UV.

Les crèmes organiques agissent par absorption du rayonnement UV.

La préférence de Maurice pour les crèmes « bio » n'est pas justifiée car elles contiennent des nanoparticules dont on n'est pas sûr de l'innocuité...

