

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU
DÉVELOPPEMENT DURABLE (STI2D)

et

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE
spécialité PHYSIQUE ET CHIMIE EN LABORATOIRE
(STL SPCL)

- Session 2013 -

Épreuve de PHYSIQUE CHIMIE

- Candidats redoublants -

Ce sujet est à traiter par les candidats ayant présenté les épreuves terminales du baccalauréat lors d'une session précédente (programme limitatif)

Durée de l'épreuve : 3 heures

Coefficient : 4

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte **15** pages.

Les documents réponse sont à rendre avec la copie

L'usage d'une calculatrice est autorisé.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée.

BIENTÔT LES VACANCES

Maurice, passionné de cyclotourisme depuis de nombreuses années, aimerait comprendre la Physique qui se cache derrière ses efforts. Pour cela, il utilise le livre de François Piednoir « *Pédaler intelligent, la biomécanique du cycliste* » (Editeur : FFCT Fédération Française de Cyclotourisme) et son vieux livre de physique du lycée.

Suite à des ennuis de santé, il décide de s'équiper pour ses prochaines vacances d'un vélo à assistance électrique (V.A.E). Son choix se porte sur le modèle dont un descriptif technique est donné dans l'annexe B1.

Il souhaite voyager en gardant une grande autonomie (communication, alimentation,...), se protéger efficacement des rayons du soleil et privilégier des hébergements écoresponsables pour la nuit.

Afin de préparer son voyage dans de bonnes conditions, Maurice se pose un certain nombre de questions relatives aux sciences physiques et chimiques. Vous l'aidez à trouver les réponses à ses interrogations.

- Le sujet comporte quatre parties A, B, C et D indépendantes entre elles.
- Chaque partie nécessite d'utiliser les annexes (A, B, C et D) et **les documents réponses** (DR1 à DR6) placés à la fin du sujet **et à rendre avec votre copie**.

Partie A : les questions de Maurice.

Partie B : le vélo à assistance électrique (V.A.E.).

Partie C : les équipements personnels de Maurice.

Partie D : la santé et l'hygiène.

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.

A.1.2. Pourquoi le braquet (noté Br) est-il exprimé 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 développement est

$$Br = \frac{43}{17} = 2,53 \quad (\text{annexe A1 et A2})$$

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).

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

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.

ANNEXE A- Les questions de Maurice

A1 - Les données : Maurice et sa randonneuse

Maurice :

âge : 55 ans

taille : 1,70 m

masse : $m_1 = 70$ kg

Randonneuse de Maurice :

roues de 26 pouces (rayon $r = 315$ mm)

masse du vélo : $m_2 = 11,5$ kg

masse des bagages : $m_3 = 16$ kg

plateaux (nombre de dents) : 50-43-30

pignons : 13-14-15-17-19-21-23-25-28



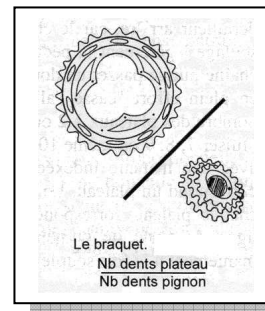
A2 - Définitions du braquet et du développement

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).

Par exemple, le braquet correspondant à un plateau de 43 dents et à un pignon de 18 dents s'écrit 43/18, soit $Br = 2,39$.

Le **développement D** est la distance parcourue (en m) à chaque tour de pédalier. Il dépend du braquet et du rayon r de la roue :

$$D = Br \times 2\pi \times r$$



A3 - La fréquence de pédalage f_p

Dans la pratique, la fréquence de pédalage f_p est très variable selon le moment, l'endroit, le cycliste, son style et ses motivations. Il y a de grands moulineurs et des cyclistes à fréquence plus lente.

Elle est élevée en compétitions (de l'ordre de 100 tours de pédalier par minute), plus modérée chez les cyclotouristes chez qui elle est située aux alentours de 70-80 tours de pédalier par minute.

A4 - Le principe d'inertie

« Pour un observateur terrestre, tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme, si les forces qui s'exercent sur lui se compensent ».

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

Avec son vélo à assistance électrique (V.A.E.), Maurice souhaite réaliser, en trente jours, un « Tour de France » d'une distance de 2400 km environ. Il prévoit quelques étapes de montagne. Vous devez lui expliquer :

- le fonctionnement de l'accumulateur,
- le principe de l'assistance électrique illustré par des cas concrets,
- les avantages du V.A.E. par rapport à sa "randonneuse".

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).
- 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.
- 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.
- 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 $P = 140 \text{ W}$.
- 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).

- 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).

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**.
- 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 ($\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$). Calculer la vitesse de rotation ω (en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ puis en $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$) si le moment du couple moteur vaut $40 \text{ N}\cdot\text{m}$ pour une puissance mécanique de 100 W .
- 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 $\text{---}\times\text{---}$.

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 $3,5 \text{ rad.s}^{-1}$.

Calculer pour une durée de 15 minutes :

- W_1 : travail fourni par Maurice ;
- W_2 : travail fourni par le moteur électrique ;
- W_3 : travail du poids ;

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 :

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

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 $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

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.

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} .

ANNEXE B - Les équipements du vélo à assistance électrique (V.A.E).

B1 - Extrait du descriptif technique

Motorisation électrique : Moteur 250 W ; 48V High Torque Brushless BionX

Nombre de programmes moteur : 4 en assistance / 4 en régénération + booster + mode piéton 6 km/h + récupération d'énergie.

Principe d'assistance : proportionnel à l'effort de pédalage - capteur de couple intégré au moteur.

Console Ordinateur de bord LCD avec indicateur de charge batterie - gâchette - Commande séquentielle de changement de mode et booster.

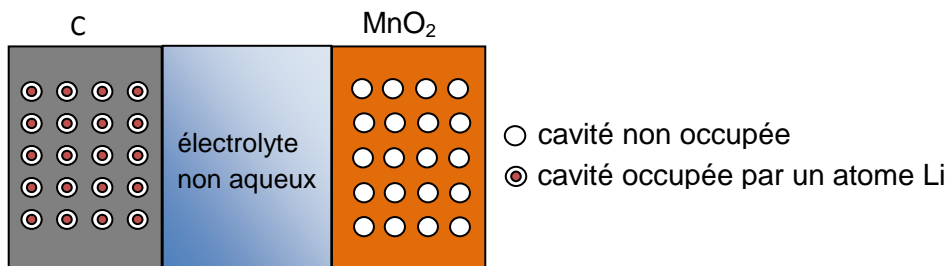
Batterie Li-Mn 48 V 8,8 Ah 422 Wh downtube amovible avec antivol et indicateur de charge intégré. Temps de recharge batterie : 5 à 7 h (80 à 100 %).

Autonomie mini 80 km ; autonomie maxi 130 km.

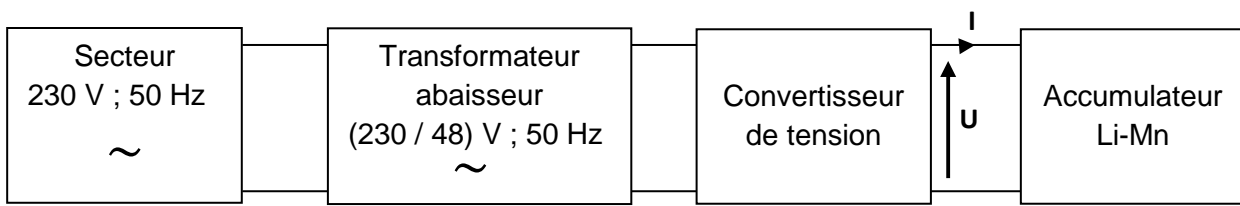
B2 - Principe d'un accumulateur Li-Mn

Dans un accumulateur Lithium-ion, des atomes de lithium s'intercalent dans les cavités des réseaux cristallins. On utilise une électrode en oxyde métallique lithié (LiMnO_2) et une électrode en carbone C séparés par un électrolyte : on obtient ainsi un accumulateur **déchargé**. Puis, à l'aide d'un générateur, 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.

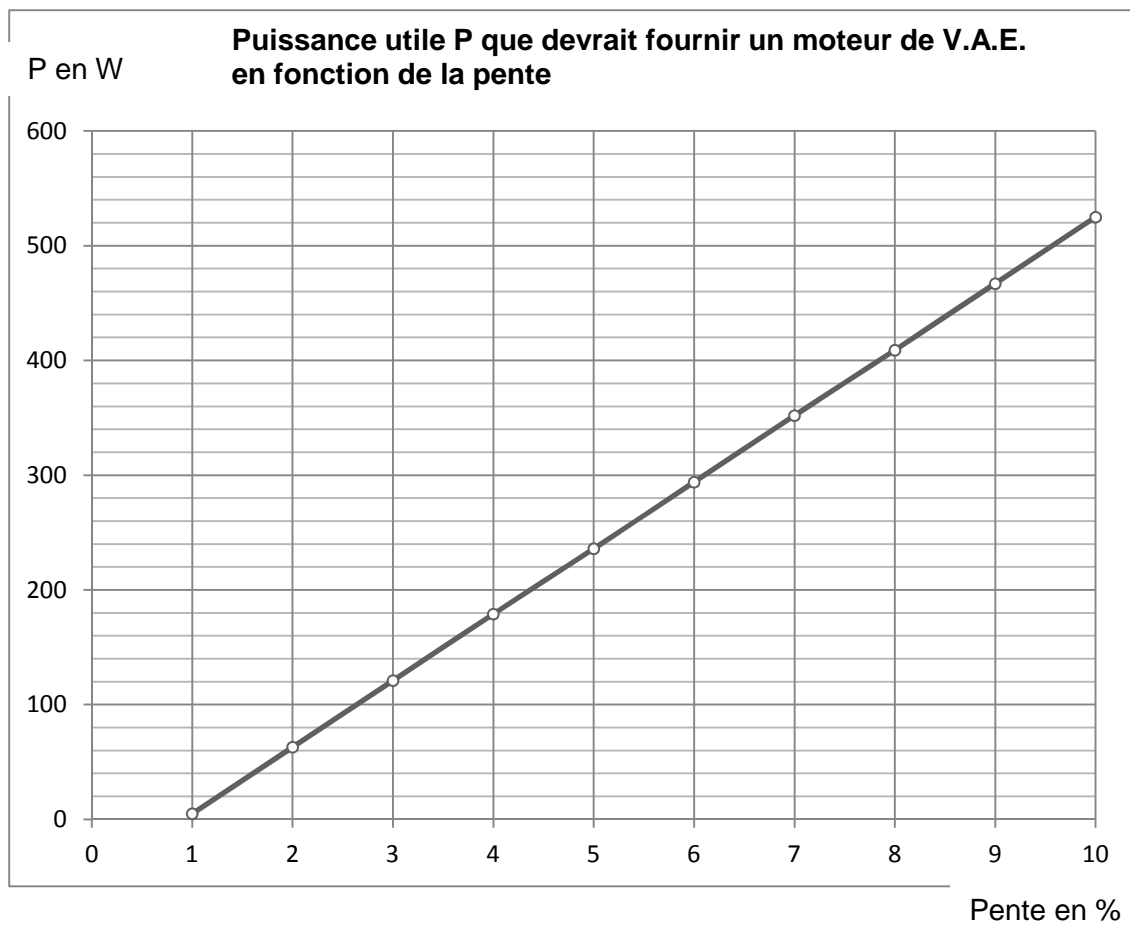
Théoriquement, 6 atomes C peuvent accueillir 1 atome Li. Lorsque toutes les cavités sont occupées, la batterie est chargée à son maximum de capacité. Le lithium est alors prêt pour le voyage retour ! Ci-dessous, un accumulateur chargé.



B3 - Recharge de l'accumulateur



B4 - Gain de puissance apporté par l'assistance électrique



Le graphique ci-dessus représente la puissance que devrait apporter le moteur électrique en fonction de la pente (exprimée en %) pour maintenir une vitesse constante de 15 km.h^{-1} lorsque la puissance de Maurice est de 60 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 : $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹

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.

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

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

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.

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} .

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*).

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 .

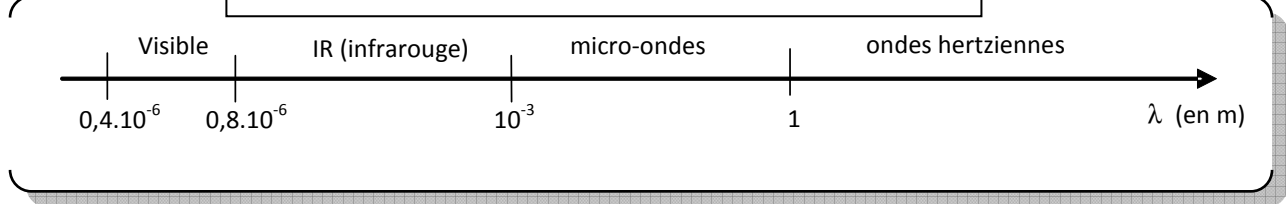
C.2.4. Calculer la masse m de dioxyde de carbone libéré lors de la combustion complète de tout le butane contenu dans une cartouche pleine (neuve).

On donne les masses molaires (en g.mol⁻¹) :

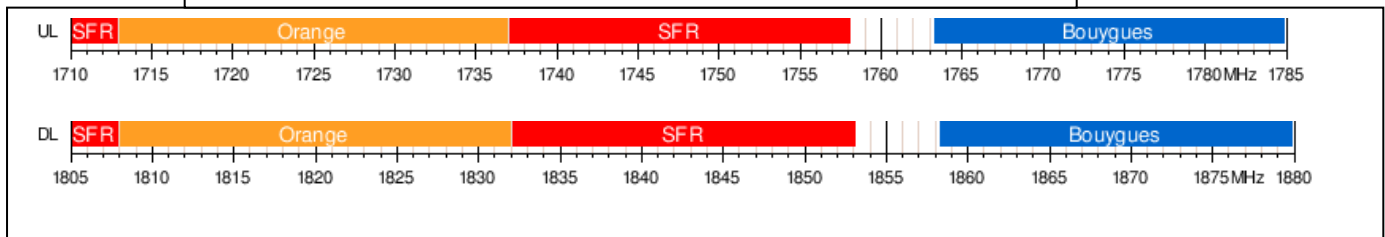
Hydrogène H	Carbone C	Oxygène O
1,0	12,0	16,0

ANNEXE C - Les équipements personnels de Maurice

C1 - Une partie du spectre électromagnétique



C2 - Allocation des fréquences sur la bande GSM 1800



C3 - Caractéristiques techniques d'une coque solaire

Caractéristiques techniques d'une coque solaire pour *smartphone* (extrait)

Equipée d'une batterie et d'un panneau solaire, cette coque rechargera facilement et rapidement votre appareil.

Chargement possible du chargeur solaire par port USB.

La coque permet également de protéger votre smartphone tout en vous permettant de continuer à prendre des photos ou d'avoir une conversation téléphonique !

Recharge environ 60 à 65 % de la batterie de votre smartphone en 1h30 environ.

Capacité de la batterie : 1600 mAh

Sortie : 5 V / 1 A Entrée : 5 V / 800 mA

Panneau solaire : 5,5 V / 120 mA (valeurs pour un éclairage maximum)



Enthalpie de combustion du butane : 49,51 MJ/kg

(c'est le pouvoir calorifique supérieur (PCS) : il tient compte de la chaleur latente de condensation de la vapeur d'eau formée lors de la combustion).

Pouvoir calorifique inférieur du butane (PCI) : 45,75 MJ/kg



C4 - Une cartouche de gaz contenant 190 g de gaz butane

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 $\lambda_1 = 350$ 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 $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s (constante de Planck), ν désigne la fréquence en Hz.
- La célérité de la lumière dans le vide c vaut $3,00 \cdot 10^8$ m.s⁻¹

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

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.

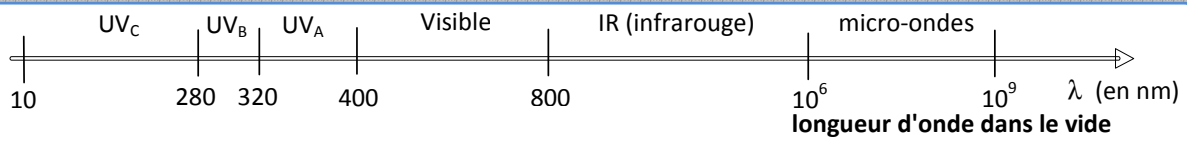
D.4. L'annexe D2, modifie-t-elle le jugement apporté à la question D3. Justifier la réponse.

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 minime. 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.

ANNEXE D - La santé et l'hygiène

D1 - Une partie du spectre électromagnétique



D2 - Principaux effets biologiques des rayonnements UV (extrait)

Effets biologiques	UV _A	UV _B
Production de vitamine D	faible	oui
« Bronzage » avec épaissement de l'épiderme	faible	oui
Pigmentation immédiate de la peau (sauf phototypes I et II)	oui	non
« Coup de soleil »	faible	oui
Domage à l'ADN	oui	oui
Cancers cutanés	oui	oui
Vieillessement cutané	oui	oui
Effets sur l'œil (cataracte...)	oui	oui

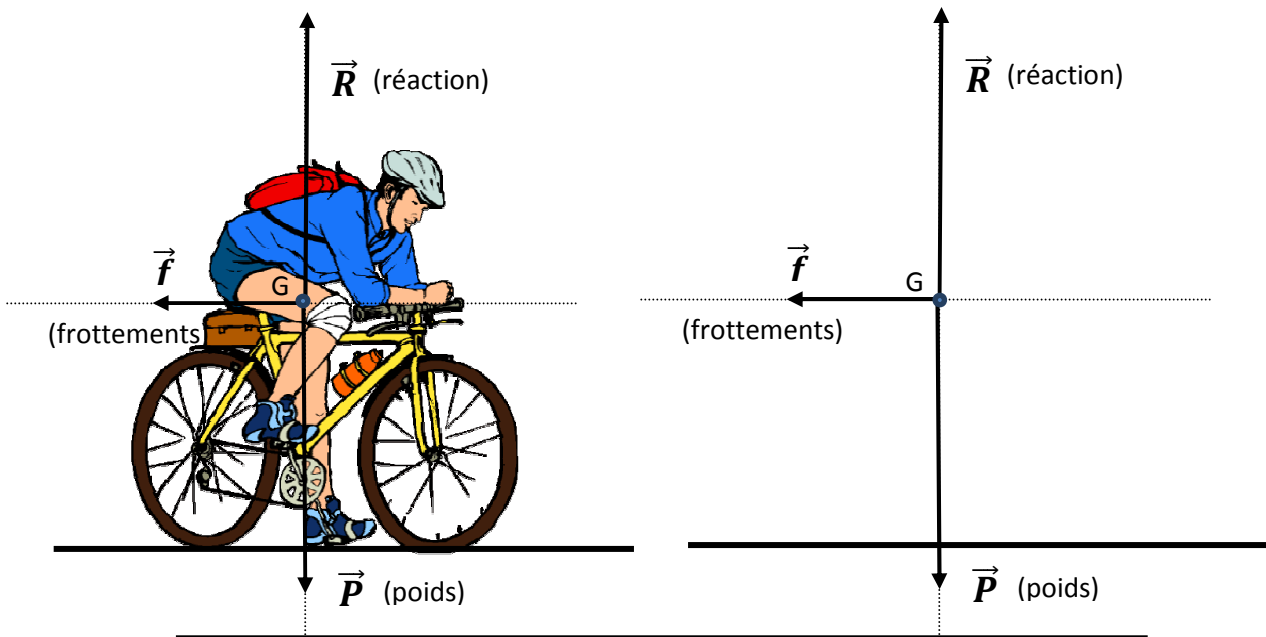
Les crèmes solaires

On distingue deux types de crèmes solaires pour se protéger du rayonnement ultraviolet :

- les crèmes solaires minérales dites "bio" qui agissent comme un écran physique : elles contiennent des fines particules (ZnO, TiO₂, talc,...) qui réfléchissent les UV. Par le passé, ces crèmes étaient assez difficiles à étaler, mais actuellement, l'utilisation de nanoparticules (dont l'innocuité est contestée...) corrige ce défaut.
- les crèmes solaires organiques qui agissent comme un filtre chimique : elles contiennent des molécules organiques (oxybenzone,...) qui absorbent les UV, tout comme la mélanine produite (avec un retard gênant...) par notre organisme. Elles sont faciles à étaler sur la peau, incolores, mais sont ensuite difficiles à éliminer dans les stations d'épuration et dangereuses en cas d'ingestion.

D3 - Les crèmes solaires

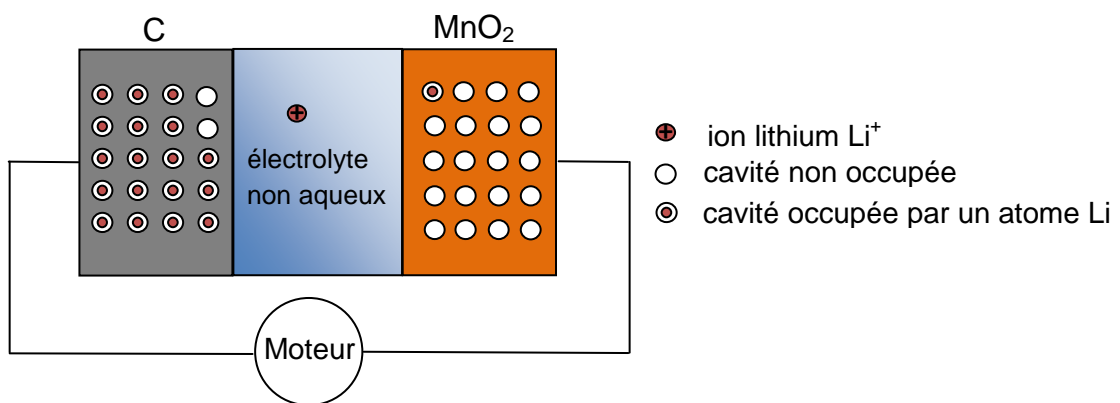
DOCUMENTS RÉPONSES A RENDRE AVEC LA COPIE (DR)



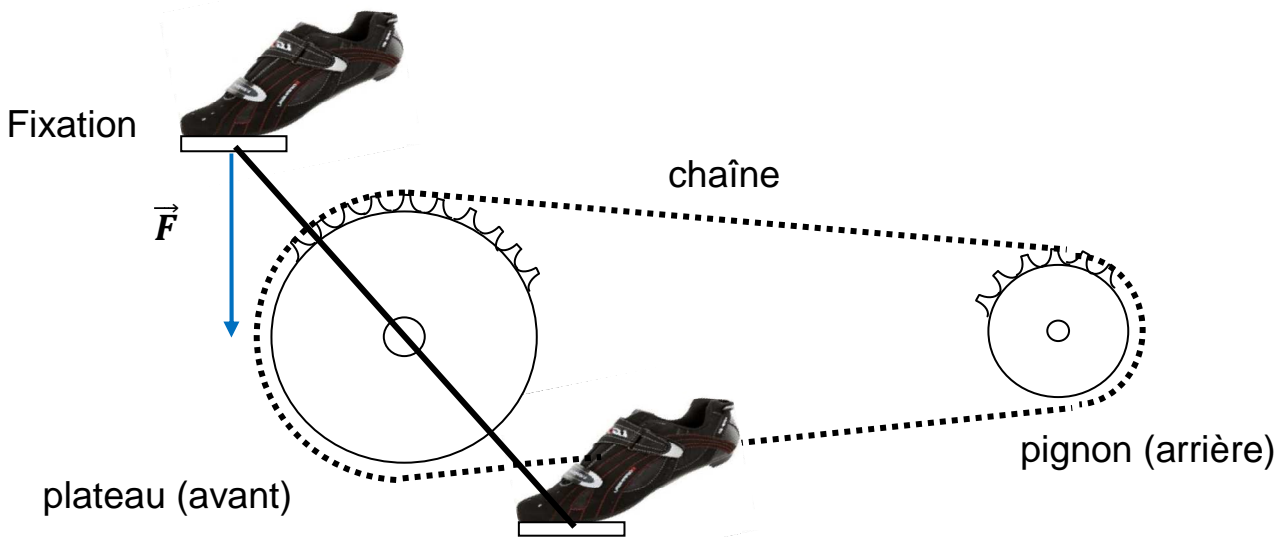
DR1 - Maurice roulant à vitesse constante sur une route horizontale

Electrode :
 Réaction :

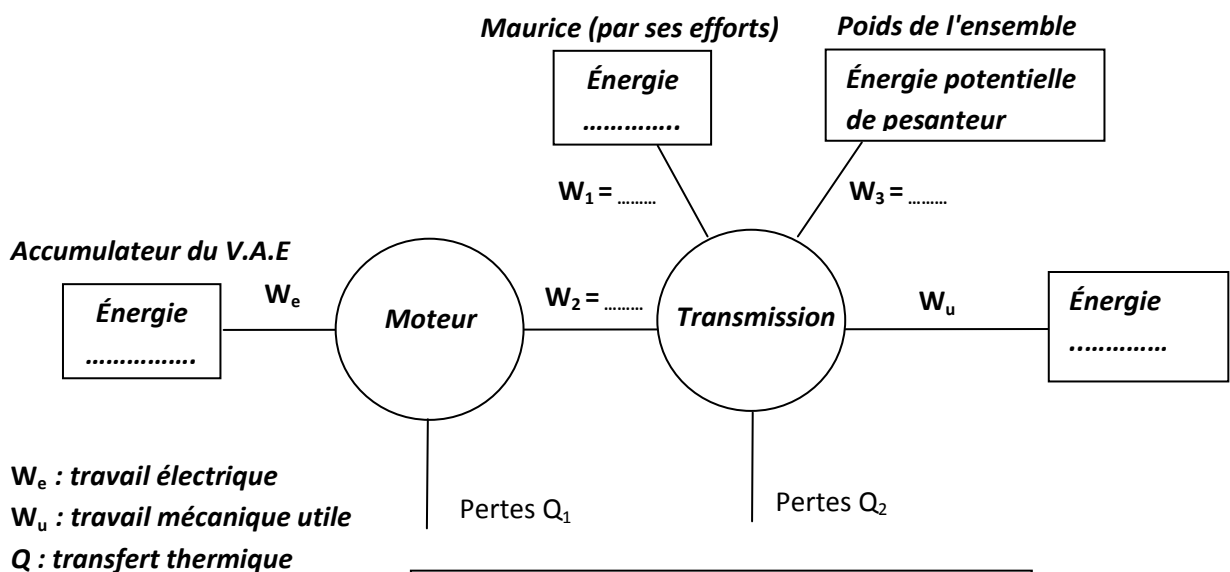
Electrode :
 Réaction :



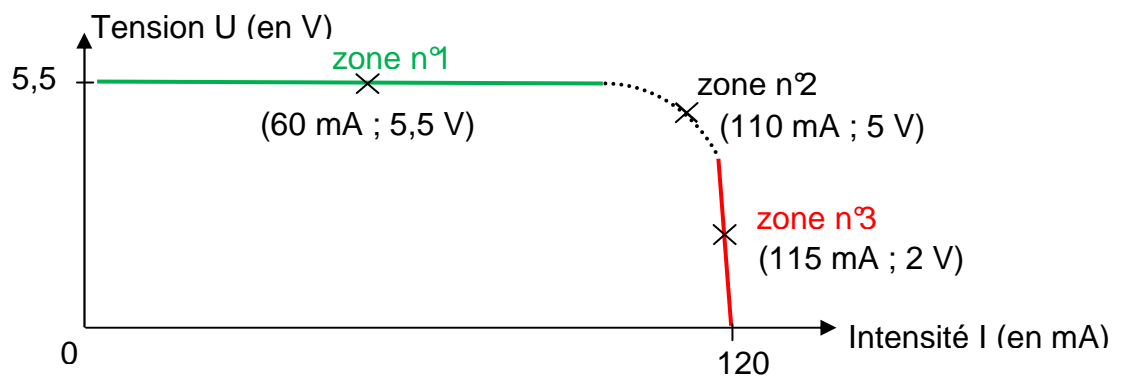
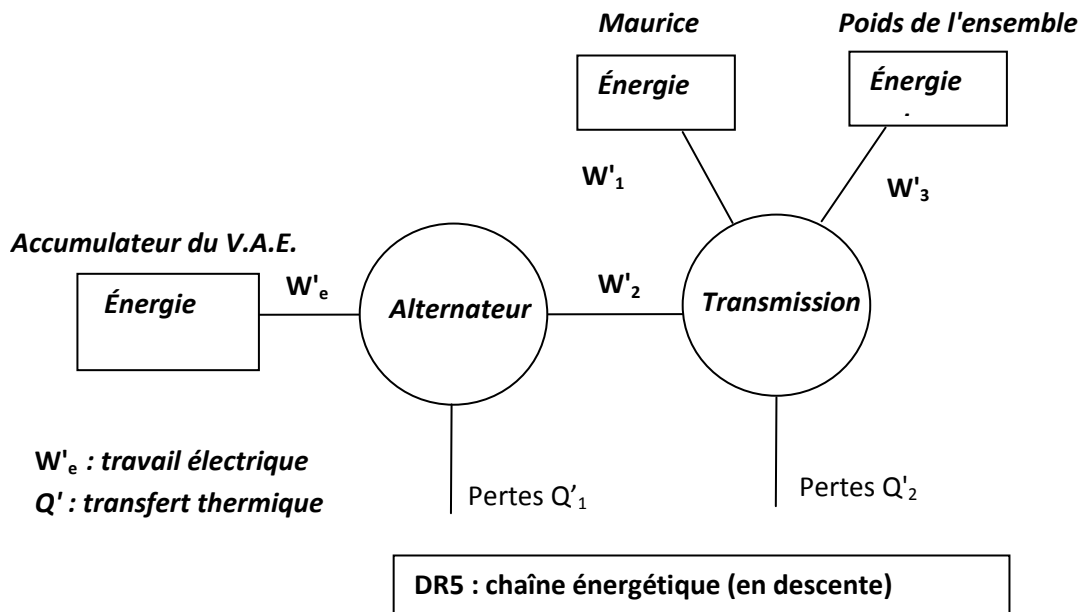
DR2 - Accumulateur Li-Mn alimentant le moteur du V.A.E.



DR3 - Schéma du système d'entraînement



DR4 : chaîne énergétique (route horizontale)



DR6 : Caractéristique tension-intensité $U = f(I)$ du panneau