

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :

 Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

ÉPREUVES COMMUNES DE CONTRÔLE CONTINU

CLASSE : Première

E3C : ☐ E3C1 ☒ E3C2 ☐ E3C3

VOIE : ☒ Générale ☐ Technologique ☐ Toutes voies (LV)

ENSEIGNEMENT : physique-chimie

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2 h

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui ☐ Non

☐ Ce sujet contient des parties à rendre par le candidat avec sa copie. De ce fait, il ne peut être dupliqué et doit être imprimé pour chaque candidat afin d'assurer ensuite sa bonne numérisation.

Nombre total de pages : 8

PARTIE A

Goût et couleur du sirop de menthe (10 points)

La plupart des sirops de menthe commerciaux partagent un goût mentholé et une couleur verte.

L'objectif de l'exercice est d'une part d'étudier des voies de synthèse de deux molécules au goût mentholé - la menthone et l'éthanoate de menthyle- et d'autre part, de proposer une méthode de dosage d'un colorant présent dans le sirop, le bleu patenté V, afin d'estimer la quantité maximale de sirop qui peut être consommé sans risque pour la santé.

1. Goût de menthe : le menthol et ses dérivés

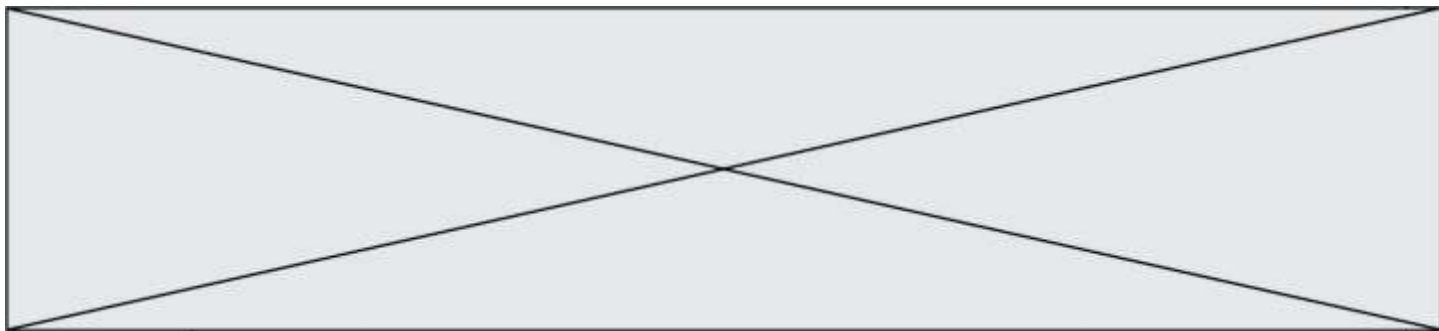
Le menthol tire son nom de l'essence de menthe. C'est un composé qui est utilisé fréquemment dans les industries agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique.

La menthone, qui entre dans la composition de certains parfums et arômes naturels, est obtenue par oxydation en milieu acide du menthol.

L'éthanoate de menthyle, présent dans l'huile essentielle de menthe, contribue à l'odeur et au goût de la menthe poivrée. Il peut être obtenu à partir d'acide éthanoïque et de menthol.

Données :

- Formules brutes et semi-développées du menthol, de la menthone et de l'éthanoate de menthyle :



menthol	menthone	éthanoate de menthyle
$C_{10}H_{20}O$	$C_{10}H_{18}O$	$C_{12}H_{22}O_2$

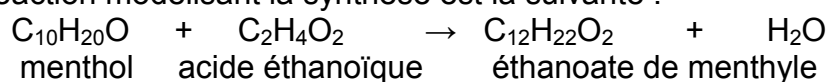
1.1. Indiquer les familles de composés auxquelles appartiennent le menthol, la menthone. Justifier.

1.2. La menthone peut être obtenue au laboratoire par oxydation du menthol par le trioxyde de chrome CrO_3 .

Écrire la demi-équation électronique associée au couple menthone / menthol et justifier que le terme d'oxydation pour le passage du menthol à la menthone.

1.3. Synthèse de l'éthanoate de menthyle à partir d'acide éthanoïque et de menthol.

L'équation de la réaction modélisant la synthèse est la suivante :



Protocole de synthèse en laboratoire :

- étape 1 : verser dans un ballon 15,6 g de menthol, puis, avec précaution, 11,0 mL d'acide éthanoïque pur, et enfin, quelques gouttes d'acide sulfurique concentré ;
- étape 2 : chauffer à reflux le mélange réactionnel durant 40 minutes environ ;
- étape 3 : verser le mélange obtenu dans un bécher contenant 100 mL de solution aqueuse de chlorure de sodium ;
- étape 4 : extraire la phase organique contenant l'éthanoate de menthyle à l'aide d'une ampoule à décanter ;
- étape 5 : laver la phase organique avec une solution saturée d'hydrogénocarbonate de sodium, on observe une effervescence ;
- étape 6 : agiter prudemment quelques instants en dégazant régulièrement, puis éliminer la phase aqueuse ;
- étape 7 : sécher la phase organique avec du sulfate de magnésium anhydre.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /

 Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

Quelques propriétés des espèces chimiques de la synthèse :

Nom	Formule brute	Masse molaire (g.mol ⁻¹)	Masse volumique (g.mL ⁻¹)	Miscibilité avec l'eau
Menthol	C ₁₀ H ₂₀ O	156	0,89	partielle
Acide éthanoïque $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{O} \end{array}$	C ₂ H ₄ O ₂	60	1,05	presque totale
Éthanoate de menthyle	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	198	0,92	très faible

- Électronégativités de quelques éléments :

O : 3,2 C : 2,6 H : 2,2

1.3.1. Justifier le nom de l'acide éthanoïque.

1.3.2. Indiquer l'intérêt d'utiliser un chauffage à reflux durant la synthèse.

1.3.3. Expliquer la très forte miscibilité de l'acide éthanoïque avec l'eau.

1.3.4. Justifier la présence de deux phases dans le bécher à l'issue de l'étape 3 du protocole.

1.3.5. Montrer que le menthol est le réactif limitant.

1.3.6. À la fin de la synthèse on a obtenu un volume égal à 13 mL d'éthanoate de menthyle.

Déterminer le rendement de la réaction.

2. Couleur du sirop : dosage du bleu patenté V

Dans de nombreux sirops commerciaux la couleur verte est obtenue en mélangeant deux colorants couramment utilisés dans l'industrie agroalimentaire : la tartrazine (E102) et le bleu patenté V (E131).

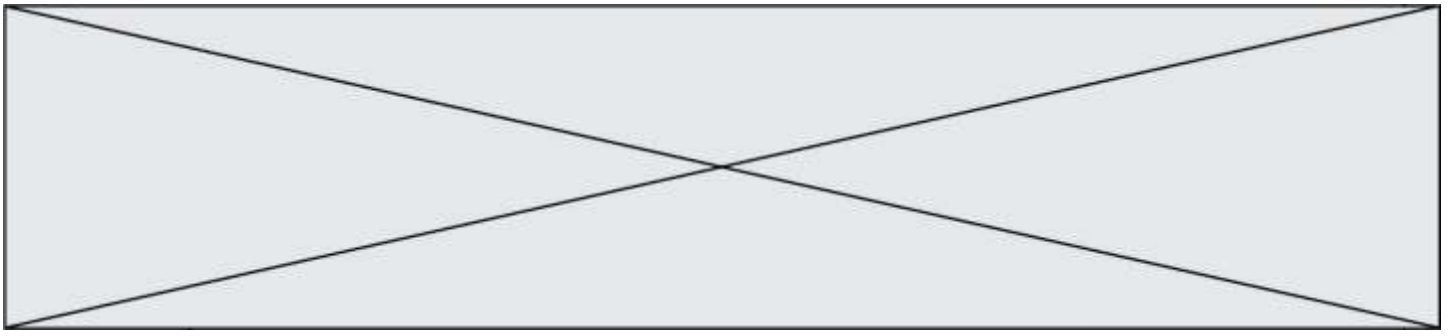
L'Autorité européenne de sécurité des aliments conseille que la consommation de bleu patenté V reste inférieure à 5 mg/kg de masse corporelle par jour pour toute catégorie de population (enfants, adultes, seniors).

<http://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/pub/2818>

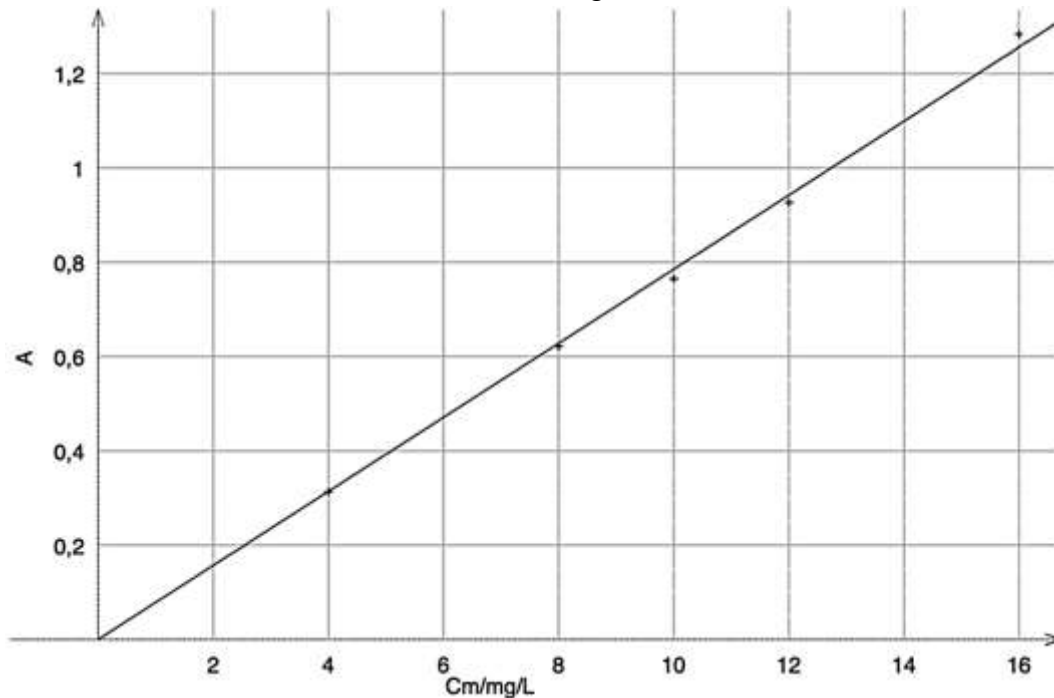
Pour déterminer le risque de dépasser cette recommandation européenne, on se propose d'effectuer un dosage du bleu patenté V dans un sirop commercial.

On prépare l'échelle de teinte suivante à partir d'une solution mère de bleu patenté V, notée S₀, de concentration en masse égale à 16 mg·L⁻¹ :

Solution fille	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Concentration en masse	12 mg·L ⁻¹	10 mg·L ⁻¹	8,0 mg·L ⁻¹	4,0 mg·L ⁻¹



On mesure l'absorbance de chaque solution à la longueur d'onde 630 nm où seul le bleu patenté V absorbe. Après modélisation, on obtient le graphique représentant l'absorbance A en fonction de la concentration en masse C_m en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$:



Absorbance en fonction de la concentration en masse en bleu patenté V

Le fabricant de sirop conseille de diluer 7 fois le sirop (on ajoute de l'eau au sirop jusqu'à obtenir un volume 7 fois plus important que le volume du sirop pur) pour une dégustation optimale. La mesure de l'absorbance à 630 nm du sirop dilué 7 fois est égale à $A = 0,512$.

- 2.1. En déduire la concentration en masse en bleu patenté V du sirop dilué.
- 2.2. Pour une personne de 60 kg, déterminer le volume maximal de sirop dilué qu'elle peut ingérer en suivant la recommandation de l'Autorité européenne de sécurité. Conclure.

PARTIE B

Solar Impulse 2, l'avion solaire (10 points)

L'avion solaire Solar Impulse 2 restera dans l'histoire de l'aéronautique comme le premier avion à avoir bouclé avec succès un tour du monde (43 041 km parcourus en 17 étapes) sans une goutte de carburant et avec le Soleil comme unique source d'énergie. Au cours de ce tour du monde, cet avion piloté alternativement par les pilotes suisses Bertrand Picard et André Borschberg aura notamment :

- effectué sa première traversée de l'Atlantique entre New York et Séville ;

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

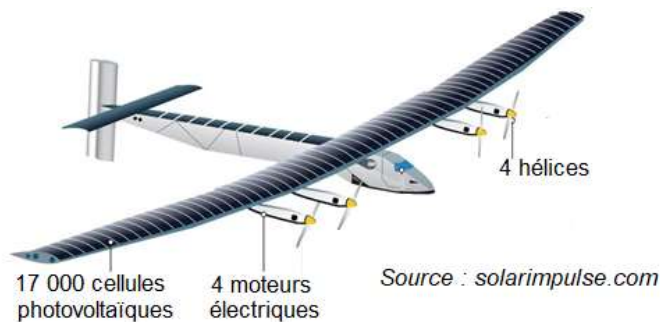
Né(e) le : / /

Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

- établi le plus long vol de l'histoire sans escale et sans pilote automatique (117 heures 52 minutes entre Nagoya et Hawaï).

Ce tour du monde aura été rendu possible grâce à des choix technologiques innovants et un profil de vol raisonné.



Partie 1 : le solaire photovoltaïque

Solar Impulse 2 est presque entièrement recouvert de panneaux solaires photovoltaïques. Les matériaux semi-conducteurs utilisés pour constituer les cellules photovoltaïques sont le résultat de nombreuses recherches.

On s'intéresse dans cette partie à la production d'électricité par l'effet photovoltaïque.

➤ L'effet photovoltaïque

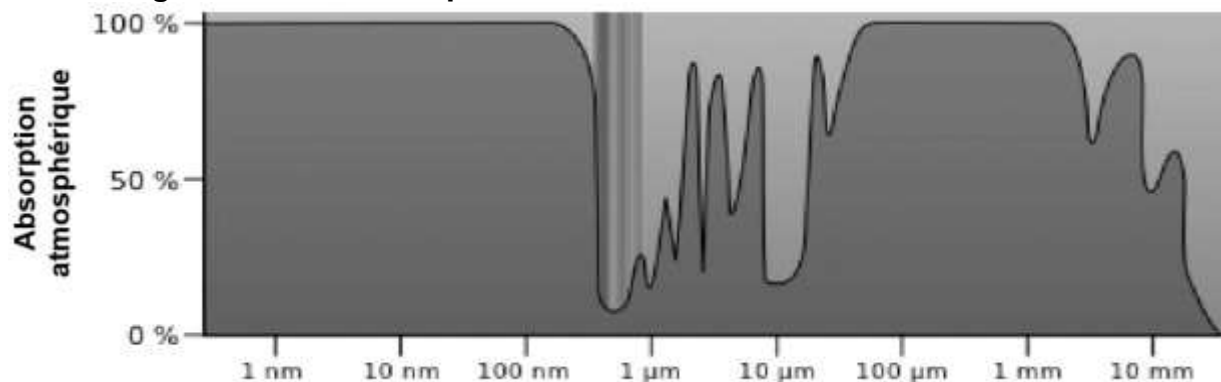
Dans un semi-conducteur exposé à la lumière, un photon d'énergie suffisante extrait un électron qui participe à la conduction de l'électricité.

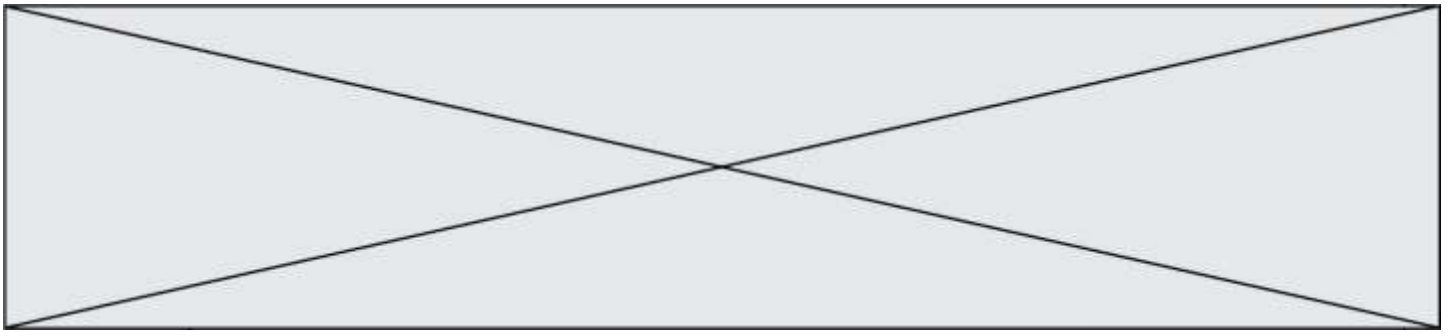
La valeur minimale d'énergie apportée par le photon doit être $E_{min} = 1,12 \text{ eV}$.

Données :

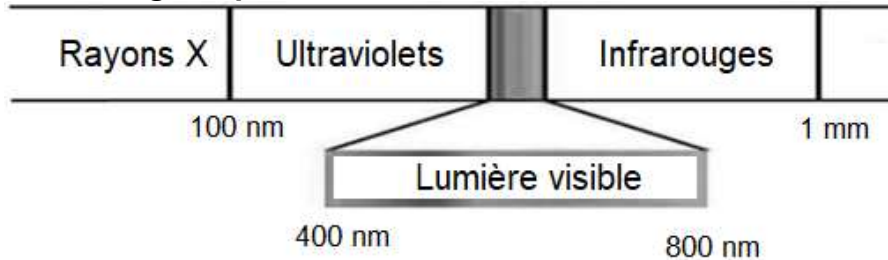
- électronvolt : $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- la valeur de la célérité c de la lumière dans le vide est supposée connue.

➤ Absorption atmosphérique du rayonnement solaire pour des radiations lumineuses de longueurs d'onde comprises entre 1 nm et 10 mm





➤ Les ondes électromagnétiques



1.1 Montrer qu'un photon d'énergie 1,12 eV est associé à un rayonnement de longueur d'onde λ voisine de 1 μm .

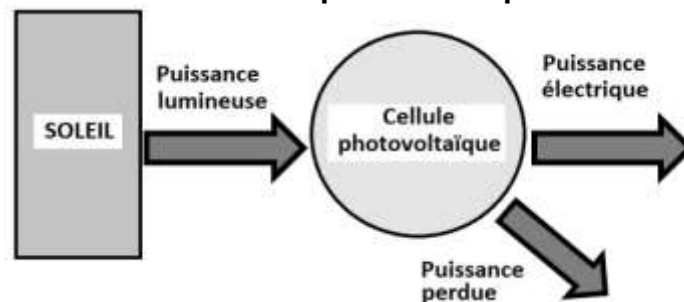
1.2 À quel domaine des ondes électromagnétiques ces ondes appartiennent-elles ?

1.3 Expliquer pourquoi les matériaux semi-conducteurs présentent un intérêt dans le fonctionnement des cellules photovoltaïques.

Partie 2 : les performances des panneaux solaires de Solar Impulse 2

On se propose d'étudier en laboratoire une cellule photovoltaïque « classique » afin de comparer son rendement à l'une des 17 000 cellules qui équipent l'avion Solar Impulse 2.

➤ Diagramme de puissance d'une cellule photovoltaïque



➤ Puissance lumineuse reçue

La puissance lumineuse P_{lum} reçue par la cellule photovoltaïque, exprimée en W, est égale au produit de l'éclairement E_{lum} , exprimé en W.m^{-2} , par la surface utile S de la cellule exprimée en m^2 : $P_{lum} = E_{lum} * S$.

➤ Étude d'une cellule photovoltaïque « classique » en laboratoire

Matériel à disposition :

- une lampe halogène ;
- un solarimètre ;
- une cellule photovoltaïque de surface utile $S = 26,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$;
- une résistance variable ;
- un ampèremètre ;
- un voltmètre ;
- des fils de connexion.

Symbole normalisé d'une cellule photovoltaïque :



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /

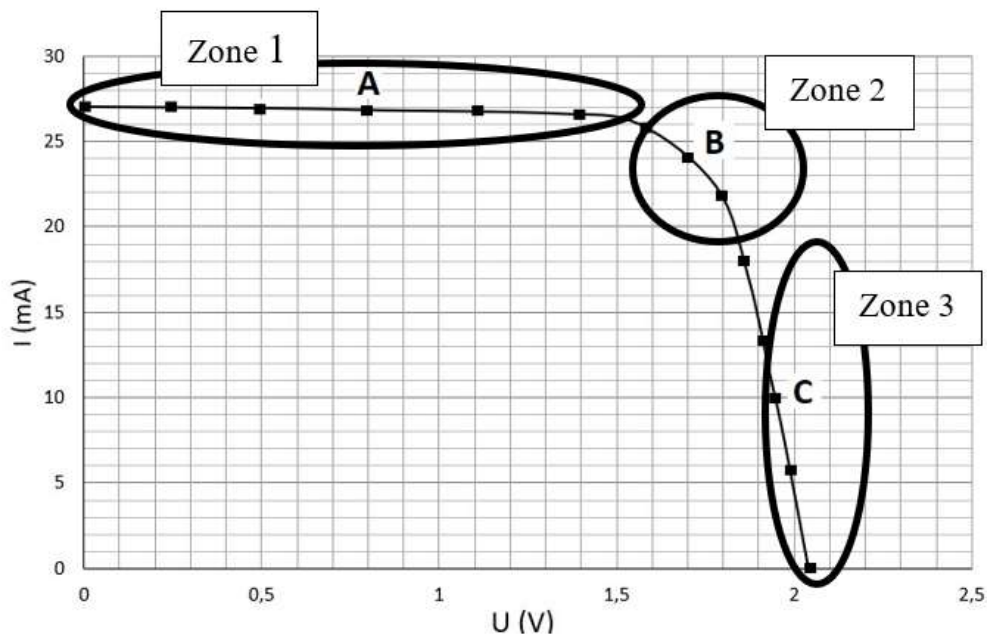
 Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

Protocole expérimental :

- ❶ brancher en série la cellule photovoltaïque et la résistance variable ;
- ❷ éclairer la cellule photovoltaïque à l'aide de la lampe halogène placée à 10 cm, et mesurer l'éclairement E_{lum} au niveau de la cellule photovoltaïque en utilisant le solarimètre (la distance lampe/cellule sera maintenue fixe tout au long de l'étude) ;
- ❸ pour différentes valeurs de la résistance R , relever les valeurs de la tension U aux bornes de la cellule et de l'intensité I du courant dans le circuit à l'aide des appareils de mesure correctement connectés ;
- ❹ tracer à l'aide d'un tableur grapheur la caractéristique $I = f(U)$ de la cellule photovoltaïque.

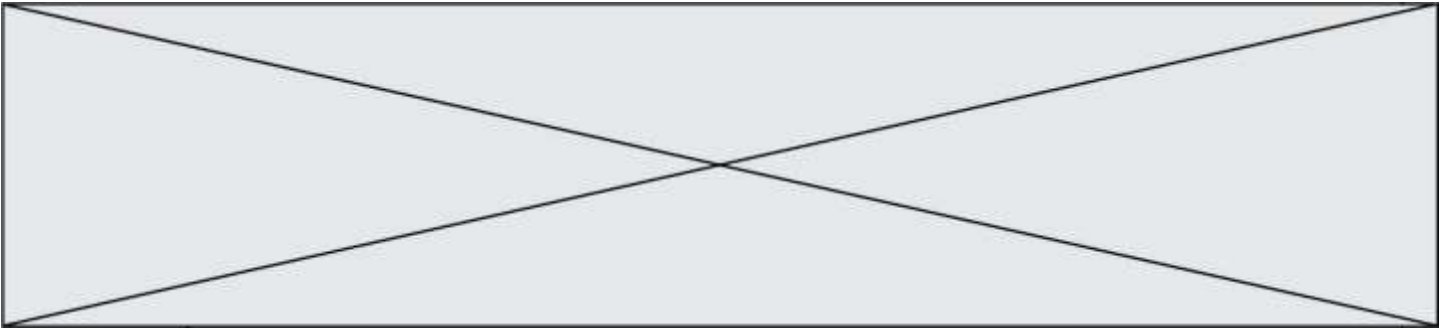
La caractéristique ci-dessous a été obtenue pour un éclairement $E_{lum} = 300 \text{ W.m}^{-2}$ (mesure effectuée avec le solarimètre).



➤ Rendement de différents types de convertisseurs d'énergie

Convertisseur d'énergie	Rendement moyen
Cellule photovoltaïque « classique »	15 % (conditions normalisées : $E_{soleil} = 1000 \text{ W.m}^{-2}$)
Éolienne domestique	20 %
Alternateur	90 %
Batterie automobile	70 %

2.1 Schématiser le montage électrique associé au protocole (le solarimètre ne sera pas représenté sur votre schéma).



2.2 Dans quelle zone (1, 2 ou 3) la puissance électrique délivrée par cette cellule est-elle la plus grande ? Justifier la réponse en déterminant la puissance électrique délivrée par la cellule aux points A, B et C.

On considère que la puissance électrique maximale délivrée par la cellule photovoltaïque étudiée est $P_{\text{elec_max}} = 0,041 \text{ W}$.

2.3 Montrer, en justifiant par un calcul, que le rendement maximal de la cellule photovoltaïque étudiée au laboratoire est $\eta_{\text{max}} = 5,2 \%$.

2.4 Pourquoi le rendement déterminé ne correspond-il pas à celui du tableau, alors que la cellule étudiée peut être considérée comme une cellule photovoltaïque « classique » ?

2.5 Les cellules photovoltaïques de Solar Impulse 2 ont un rendement de 23 %. Vous paraissent-elles performantes ? Justifier la réponse.