



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.

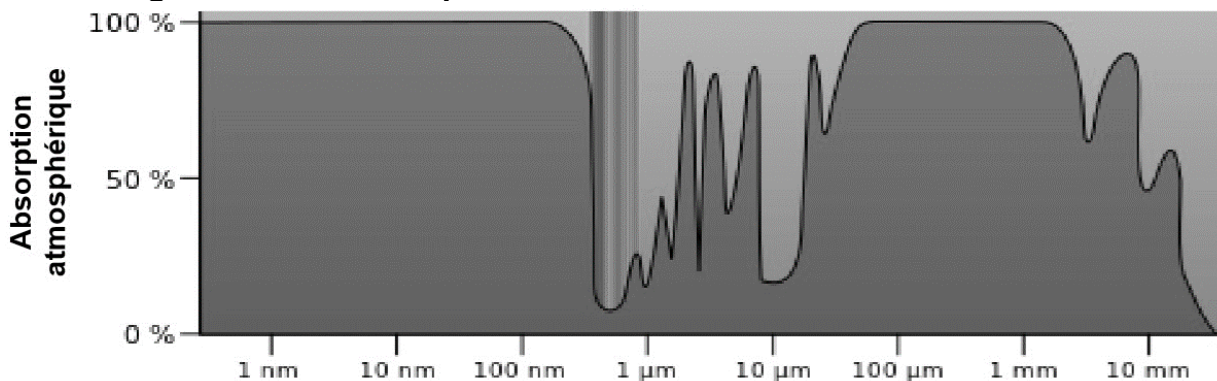
➤ L'effet photovoltaïque

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

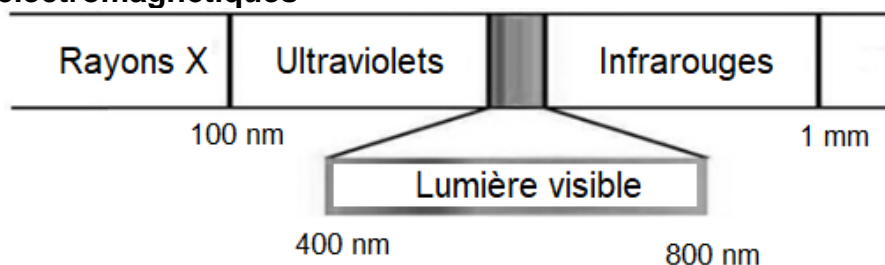
La valeur minimale d'énergie apportée par le photon doit être $E_{min} = 1,12 \text{ eV}$.

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 $1 \mu\text{m}$.

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

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

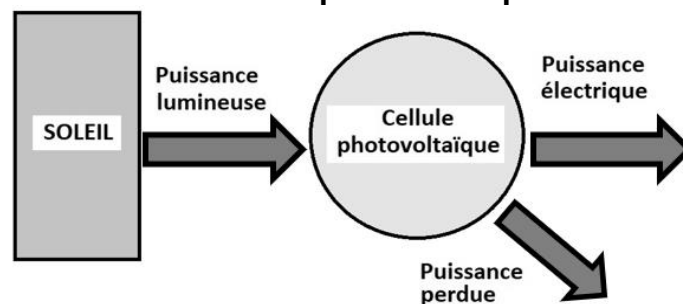
1.1

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

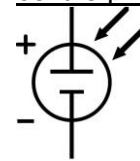
La puissance lumineuse P_{lum} reçue par la cellule photovoltaïque, exprimée en W, est égale au produit de l'éclairement E_{lum} , exprimé en $W \cdot m^{-2}$, par la surface utile S de la cellule exprimée en m^2 : $P_{lum} = E_{lum} * S$.

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

Matériel à disposition :

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

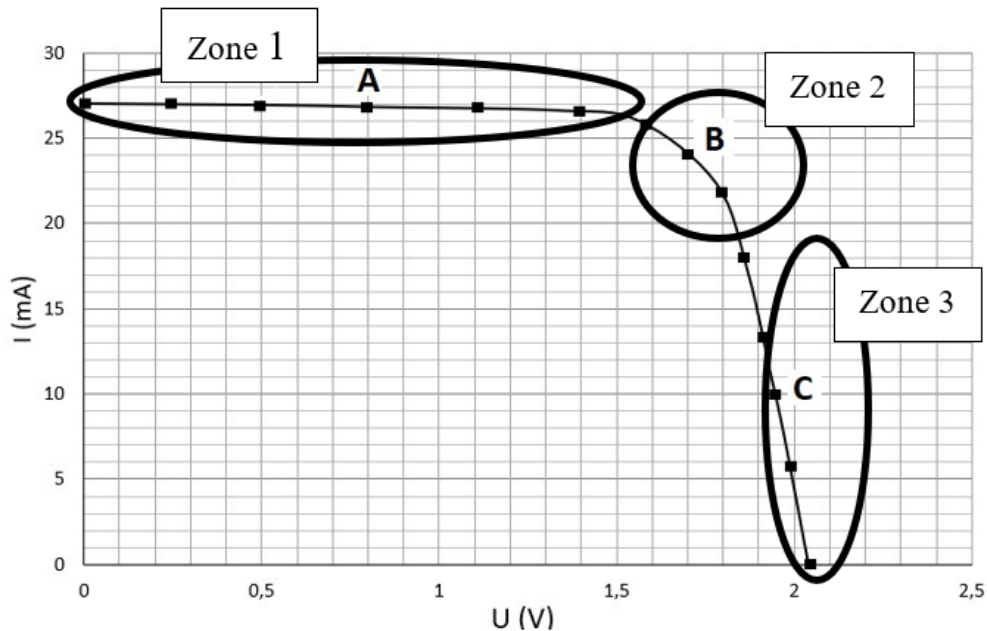
Symbole normalisé d'une cellule photovoltaïque :



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 $E_{lum} = 300 W \cdot m^{-2}$ (mesure effectuée avec le solarimètre).



➤ Rendement de différents types de convertisseurs d'énergie

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



- Bandes d'absorption en spectroscopie IR

Liaison	O-H (alcool)	O-H (acide)	C=O
Nombre d'onde (cm ⁻¹)	3200 - 3400 bande forte et large	2500 - 3200 bande forte et très large	1700 - 1800 bande forte et fine

1.1. Représenter le schéma de Lewis de l'éthanol.

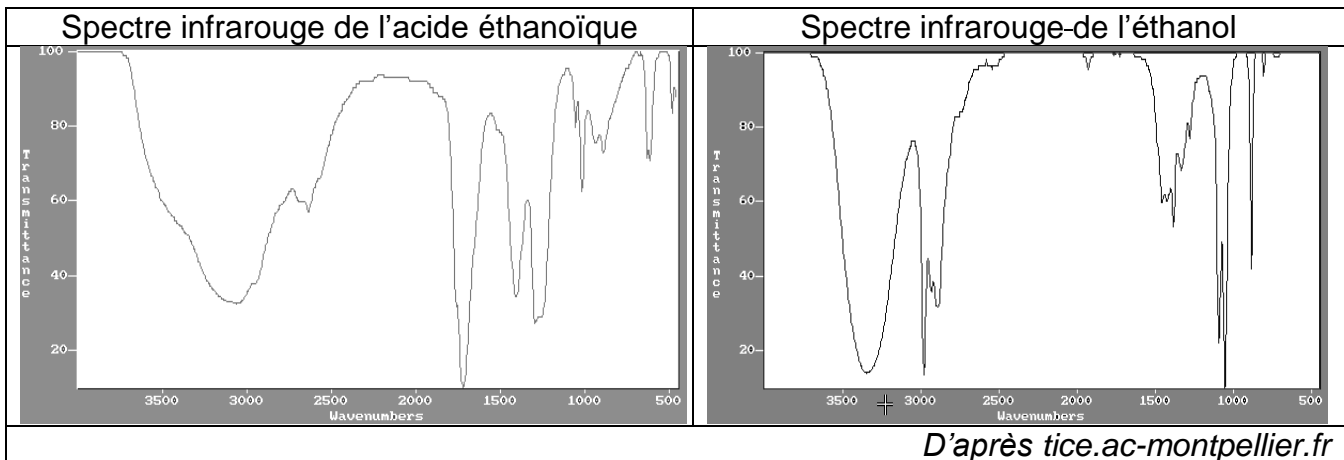
1.2. Justifier le fait que la molécule d'éthanol est une molécule polaire.

1.3. Expliquer pourquoi l'éthanol est miscible avec l'eau.

1.4. En présence d'un excès d'oxydant, l'éthanol peut être oxydé en acide éthanoïque.

Les spectres infrarouges de l'acide éthanoïque et de l'éthanol sont donnés ci-dessous.

Expliquer comment on peut les utiliser pour justifier que la transformation de l'éthanol en acide éthanoïque a eu lieu.



2. Détermination du degré d'alcool du vin d'épines

Le vin d'épines étant constitué de diverses espèces chimiques, on effectue une distillation fractionnée d'un mélange de 50 mL de vin d'épines et d'eau pour en extraire l'éthanol. On verse le distillat dans une fiole jaugée de 500 mL et on complète avec de l'eau distillée. **On obtient 500 mL de solution notée S contenant tout l'éthanol initialement présent dans 50 mL de vin d'épines.**

L'éthanol réagit avec les ions permanganate en milieu acide, mais cette transformation, quoique totale, est lente : elle ne peut donc pas être le support d'un titrage. On procède donc en deux étapes.

Modèle CCYC : ©DNE																				
Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>																				
Prénom(s) :																				
N° candidat :											N° d'inscription :									
 République Française	<small>(Les numéros figurent sur la convocation.)</small>																			
	Né(e) le :			/			/													

1.1

Étape 1 : on introduit les ions permanganate en excès dans un volume donné de la solution S pour transformer tout l'éthanol présent en acide éthanoïque et on laisse le temps nécessaire à la transformation de s'effectuer.

Étape 2 : on réalise ensuite le titrage des ions permanganate restants par les ions Fe^{2+} .

Données :

- Couples oxydant-réducteur :

acide éthanoïque / éthanol : $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(\text{aq}) / \text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{aq})$

ion permanganate / ion manganèse : $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$

- Demi-équation électronique : $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8 \text{H}^+(\text{aq}) + 5 \text{e}^- = \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

- Masse volumique de l'éthanol : $0,79 \text{ g.mL}^{-1}$

- Masse molaire de l'éthanol : $M = 46 \text{ g.mol}^{-1}$

- Toutes les espèces chimiques en solution sont incolores mis à part les ions permanganate qui sont violets.

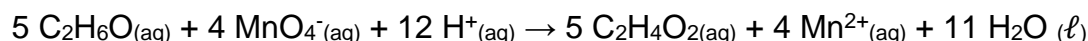
2.1. Étude de l'étape 1

On s'intéresse ici à la réaction entre les ions permanganate et l'éthanol.

Dans un erlenmeyer, on mélange $V_0 = 2,0 \text{ mL}$ de solution S et $V_1 = 25,0 \text{ mL}$ d'une solution acidifiée de permanganate de potassium ($\text{K}^+(\text{aq}) + \text{MnO}_4^-(\text{aq})$) de concentration en quantité de matière $C_1 = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

On bouche l'erlenmeyer et on laisse réagir pendant environ 30 minutes, à 60°C .

2.1.1. Établir que l'équation de réaction entre l'éthanol et les ions permanganate en milieu acide s'écrit :



2.1.2. Compléter le tableau d'avancement en **ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE**, en utilisant comme notation :

- n_0 , quantité de matière initiale d'éthanol présente dans le volume V_0

- n_1 , quantité de matière initiale d'ions permanganate présente dans le volume V_1 .

2.1.3. En s'appuyant sur le tableau d'avancement de l'**ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE**, montrer que dans l'état final, la quantité d'ions permanganate restant dans l'erlenmeyer peut s'écrire :

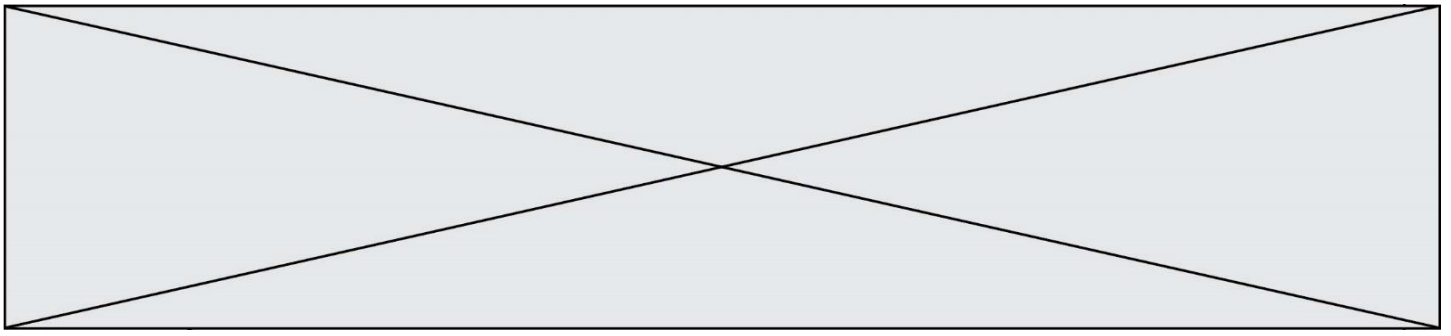
$$n(\text{MnO}_4^-)_{\text{restant}} = C_1 \times V_1 - \frac{4}{5} \times n_0$$

2.2. Étude de l'étape 2

On titre les ions permanganate restants à la fin de l'étape 1, directement dans l'erlenmeyer, par une solution aqueuse contenant des ions Fe^{2+} à la concentration en quantité de matière $C_2 = 3,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

L'équation de la réaction de support du titrage entre les ions permanganate MnO_4^- et les ions Fe^{2+} est : $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 5 \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 8 \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 5 \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Le volume de solution titrante versé pour atteindre l'équivalence est $V_{2\text{éq}} = 14,1 \text{ mL}$.



- 2.2.1.** Définir du terme « équivalence » utilisé lors d'un titrage.
- 2.2.2.** Préciser, en justifiant, le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence.
- 2.2.3.** Indiquer la relation qui existe, à l'équivalence, entre les quantités de matière d'ions permanganate présents initialement et les ions Fe^{2+} versés à l'équivalence.
- 2.2.4.** La quantité d'éthanol initialement présente dans le volume 50 mL de vin d'épines est alors donnée par la relation : $n_{\text{éthanol}} = 250 \times \left(\frac{5}{4} \times c_1 \times V_1 - \frac{1}{4} \times c_2 \times V_{2\text{éq}} \right)$.

Déterminer si le degré d'alcool annoncé de ce vin d'épines est conforme à celui annoncé pour ces apéritifs.

Le candidat est invité à présenter son raisonnement de manière claire et ordonnée. Toute tentative de réponse, même incomplète, sera valorisée.

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 : / /



1.1

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Question 2.1.2 :

Équation de la réaction		$5 \text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{aq}) + 4 \text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 12 \text{H}^+ \rightarrow 5 \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(\text{aq}) + 4 \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 11 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$					
État	Avancement (mol)	$n(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})$	$n(\text{MnO}_4^-)$	$n(\text{H}^+)$	$n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)$	$n(\text{Mn}^{2+})$	$n(\text{H}_2\text{O})$
Initial	0	n_0	n_1	/			/
En cours	X			/			/
Final	x_f			/			/

Remarques :

- On rappelle que l'ion permanganate est introduit en excès.
- L'eau étant le solvant et l'ion hydrogène n'étant pas limitant, leurs quantités ne seront pas précisées.