

FICHE EXOS - DEUX SIECLES DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

- 1 Un alternateur électrique convertit de :
- a l'énergie électrique en énergie mécanique.
 - b l'énergie mécanique en énergie électrique.
 - c l'énergie radiative en énergie électrique.
 - d l'énergie électrique en énergie radiative.
- 2 Le principal phénomène électromagnétique exploité dans un alternateur électrique est :
- a l'aimantation.
 - b l'induction.
 - c l'excitation.
 - d la réfraction.

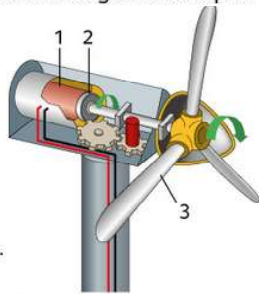
3 Le rendement d'un alternateur électrique peut s'exprimer sous la forme :

- a $\eta = P_{reçue} \times P_{utile}$
- b $\eta = \frac{P_{reçue}}{P_{utile}}$
- c $\eta = \frac{P_{utile}}{P_{dissipée}}$
- d $\eta = \frac{P_{utile}}{P_{reçue}}$

4 Une cellule photovoltaïque convertit de :

- a l'énergie mécanique en énergie électrique.
- b l'énergie électrique en énergie radiative.
- c l'énergie radiative en énergie électrique.
- d l'énergie électrique en énergie mécanique.

5 Une éolienne produit de l'électricité grâce au vent qui fait tourner ses pales.



1. Associer les mots électroaimant, pale et bobine aux numéros du schéma ci-contre.

2. L'alternateur électrique d'une éolienne a un rendement $\eta = 0,97$ avec une puissance reçue $P_{reçue} = 5,2 \text{ MW} = 5,2 \times 10^6 \text{ W}$.
Calculer la puissance électrique utile P_{utile} délivrée par cet alternateur.

6 Une voiture est équipée d'un alternateur électrique afin de produire un courant électrique permettant d'alimenter différents composants électriques. La tension aux bornes de ce dispositif vaut $U = 14 \text{ V}$ et un courant électrique d'intensité $I = 90 \text{ A}$ est fourni.

La puissance, en watt (W), dissipée par effet Joule dans un conducteur ohmique est donnée par la relation :

$$P_{dissipée} = R \times I^2$$

avec R la résistance électrique du conducteur ohmique, en ohm (Ω), et I l'intensité du courant électrique qui le traverse, en ampère (A).

a. Pertes par effet Joule

La puissance électrique utile, en watt (W), délivrée par un alternateur avec redresseur intégré est donnée par la relation :

$$P_{utile} = U \times I$$

avec U la tension, en volt (V), et I l'intensité du courant électrique, en ampère (A), délivré par l'alternateur.

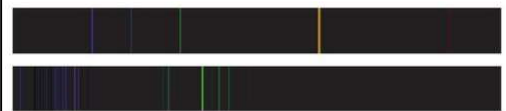
b. Puissance électrique

- Faire apparaître sur un schéma, les notions de puissance utile délivrée par l'alternateur, puissance dissipée par effet Joule et puissance reçue par le dispositif, en supposant que cette dernière puissance est uniquement dissipée par effet Joule.
- La résistance interne de l'alternateur est égale à $0,10 \Omega$. Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans l'alternateur.
- Calculer la puissance électrique utile délivrée par l'alternateur.
- En déduire la puissance reçue par ce dispositif.
- Déterminer le rendement de l'alternateur.

7 Parmi les spectres ci-dessous, repérer le spectre d'émission d'un gaz. Comment appelle-t-on l'autre spectre ?



8 Les deux spectres ci-dessous correspondent-ils au même gaz ?



Corrigé.

Ex 1: b - Ex 2: b - Ex 3: d - Ex 4: c - Ex 5: (1) bobine (2) électroaimant (3) pales
 $P_{utile} = \eta \times P_{reçue} = 0,97 \times 5,2 = 5 \text{ MW}$
 Ex 6:
 2. $P_{dissipée} = R \times I^2 = 0,10 \times 90^2 = 810 \text{ W}$ $P_{reçue} = P_{utile} + P_{dissipée}$
 3. $P_{utile} = U \times I = 14 \times 90 = 1260 \text{ W}$
 4. $P_{reçue} = P_{dissipée} + P_{utile} = 810 + 1260 = 2070 \text{ W}$
 $\eta = \frac{P_{utile}}{P_{reçue}} = \frac{1260}{2070} = 0,6087 = 60,87\%$
 Ex 7. (A) Spectre d'émission continue (B) Spectre d'absorption de raies (C) Spectre d'émission de raies (Gaz)
 Ex 8. Les deux spectres correspondent à des gaz différents car ils ont des spectres différents.

Pour les exercices 09 à 13 inclus qui suivent, une correction est proposée sur le site en lien avec le site SpéPC. Qu'il soit remercié pour la mise à disposition à tous de ses travaux.

Le lien est le suivant: <https://www.youtube.com/channel/UC3AeD4yf5d8anLYBzek0KXA>

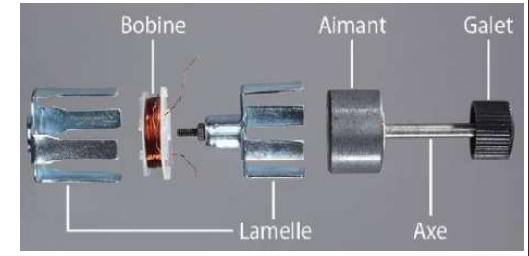
9 QCM

Choisir la bonne réponse.

- Un alternateur est constitué essentiellement:
 - a. d'un fil de cuivre et d'un aimant.
 - b. d'un fil de cuivre.
 - c. d'un aimant.
- Un alternateur convertit principalement:
 - a. l'énergie mécanique en énergie thermique;
 - b. l'énergie électrique en énergie mécanique;
 - c. l'énergie mécanique en énergie électrique;

10 Les éléments d'un alternateur

La photographie ci-dessous représente une vue éclatée d'un alternateur pour vélo.



- Quel élément produit le champ magnétique ?
- Quel élément est constitué d'un fil de cuivre ?

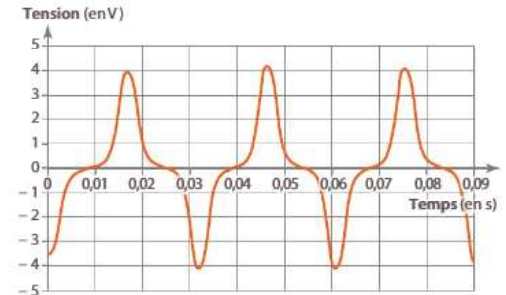
11 Un convertisseur d'énergie

L'alternateur convertit une forme d'énergie en d'autres.

- Réaliser le diagramme énergétique de l'alternateur.
- Définir le rendement r d'un alternateur et donner sa valeur approximative. Quel facteur peut le modifier ?

12 Les propriétés de l'alternateur.

Le graphique ci-dessous représente l'évolution de la tension électrique aux bornes d'un alternateur en fonction du temps.



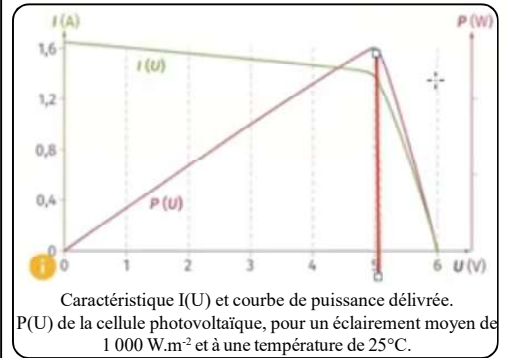
- Cette tension est-elle alternative ? Justifier.
- Pourquoi cette tension est-elle qualifiée de périodique ?
- Déterminer la période de cette tension et sa fréquence.

13 Rendement d'une cellule photovoltaïque pour recharger un smartphone

Les dimensions d'une cellule photovoltaïque d'un chargeur de smartphone sont les suivantes:

$$l = 15 \text{ cm de large et } L = 30 \text{ cm de long.}$$

Un smartphone nécessite 5 W pour être rechargé.



Caractéristique $I(U)$ et courbe de puissance délivrée $P(U)$ de la cellule photovoltaïque, pour un éclairement moyen de 1000 W.m^{-2} et à une température de 25°C .

- Déterminer les coordonnées (U_{Max}, I_{Max}) du point de fonctionnement optimisant la puissance de la cellule photoélectrique. Détailler le raisonnement.
- Calculer la puissance optimale $P_{Max} = U_{Max} \times I_{Max}$. En déduire, si la cellule est assez puissante pour charger un smartphone ?
- La puissance absorbée par une cellule photovoltaïque est: $P_{abs} = E \times S$ avec: E l'éclairement en W.m^{-2} et S la surface de la cellule en m^2 .
- Calculer le rendement de la cellule et comparer à celui d'un alternateur (de l'ordre de 90%).


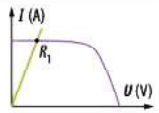
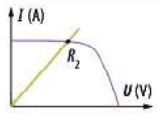
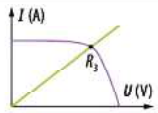
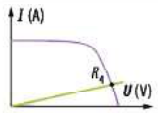
14 Retrouver à quels termes correspondent ces définitions

- a. Cadre théorique général développé au xx^e siècle qui décrit le comportement des atomes et des particules et permet d'éclaircir certaines propriétés du rayonnement électromagnétique.
- b. Machine rotative qui convertit l'énergie mécanique fournie au rotor en énergie électrique.
- c. Matériau, comme le silicium, dont la conductivité est intermédiaire entre celle des métaux et celle des isolants.
- d. Partie fixe d'une machine rotative.

15 Indiquer si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses, les corriger si besoin

- a. « Lorsqu'on déplace un aimant à proximité d'un matériau conducteur, une tension électrique apparaît aux bornes de ce conducteur. »
- b. « Lorsqu'on déplace un matériau conducteur à proximité d'une source de champ magnétique, une tension électrique apparaît aux bornes de ce conducteur. »
- c. « La conversion d'énergie mécanique en énergie électrique par un alternateur se fait avec beaucoup de pertes. »

16 Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s)

	a	b	c	d
1 Au XIX ^e siècle, les expériences menées par Faraday :	mettent en évidence le phénomène de l'induction électromagnétique.	aboutissent au premier prototype d'alternateur.	étudient le rôle des photons et l'effet photovoltaïque.	mettent en évidence le spectre d'émission d'un corps noir.
2 Pour l'alternateur représenté ci-dessous : <small>Bobine de fils de cuivre</small> 	l'électroaimant est le rotor et la bobine est le stator.	l'électroaimant est le stator et la bobine est le rotor.	une tension et un courant induits apparaissent dans l'électroaimant.	une tension et un courant induits apparaissent dans la bobine.
3 Le spectre atomique d'émission d'un gaz est :	continu.	discret.	fait de raies colorées sur fond noir.	fait de raies noires sur fond coloré.
4 Quelle résistance d'utilisation maximise la puissance électrique délivrée par la cellule photovoltaïque étudiée :				

17 Bilan énergétique d'une éolienne

1 Fonctionnement d'une centrale éolienne

Sous l'action du vent, les pales de l'éolienne entraînent l'alternateur en rotation, qui produit alors un courant alternatif. Les éléments en mouvement subissent un échauffement, ainsi, une partie de l'énergie mécanique est transformée en énergie thermique dite « perdue » car elle n'est pas utilisée.



2 Conversion énergétique d'une éolienne

Le physicien allemand Albert Betz affirme que 60 % seulement de l'énergie cinétique du vent est transformée en énergie mécanique au niveau des pales.

Valeur annuelle des énergies intervenant dans la chaîne énergétique d'une éolienne

Énergie cinétique du vent (en MWh)	Énergie mécanique produite (en MWh)	Énergie électrique produite (en MWh)
17 530	10 510	4 030

1. Représenter la chaîne énergétique de l'éolienne, en choisissant parmi les mots ou groupe de mots suivants (utilisables plusieurs fois) : énergie électrique, énergie mécanique, alternateur, énergie thermique, vent.

2. Vérifier par un calcul l'affirmation du physicien allemand Betz (doc 2).

Données

• L'énergie d'un photon est donnée par la relation :

$$E = \frac{h \times c}{\lambda}$$

avec E l'énergie du photon (en joules), h la constante de Planck et c la célérité de la lumière dans le vide.

• $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ • $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

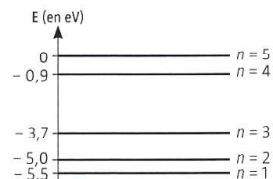
• $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

18 Les niveaux d'énergie

Le spectre de la lumière émise par la lampe à vapeur de mercure est constitué de raies colorées.

1. Le spectre est-il un spectre d'émission ou d'absorption ? Justifier la réponse.

2. Voici le diagramme énergétique du mercure :

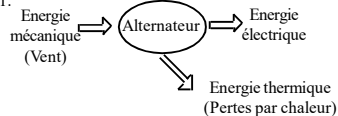


Justifier à partir du diagramme énergétique que l'atome de mercure ne peut pas prendre une infinité de valeur d'énergie.

3. Lorsque l'atome est dans le niveau d'énergie $n = 3$, calculer la valeur de l'énergie des photons que l'atome est potentiellement capable d'absorber.

Corrigé.

Ex 14: a: Physique quantique b: Alternateur c: Semi-conducteur d: Stator
Ex 15: a: Vrai b: Vrai c: Faux - La conversion est proche d'un rendement de 100%
Ex 16: 1 - a 2 - a ET d 3 - b ET c 4 - c E.
Ex 17. 1.



$$2. \eta = \frac{E_{\text{Mécanique}}}{E_{\text{Cinétique}}} = \frac{10\,510}{17\,530} = 0,599 = 59,9\%$$

Ex 18. 1. Il s'agit d'un spectre de raies colorées sur fond noir, donc on parle d'un spectre d'émission.

2. On ne peut passer d'un niveau d'énergie à un niveau supérieur que pour des quantités précises d'énergie. On parle de quantification de l'énergie. L'énergie ne peut donc pas prendre une infinité d'énergie.

Pour les exercices 19 à 20 inclus qui suivent, une correction est proposée sur le site en lien avec le site de Monsieur Ravi Ambroise. Qu'il soit remercié pour la mise à disposition à tous de ses travaux.

19 Interpréter un spectre de raies (correction en vidéo)

1. A l'aide du diagramme énergétique ci-contre, calculer la longueur d'onde de la lumière émise par une vapeur de mercure lors de la transition du niveau E_6 vers le niveau fondamental E_1 . La lumière émise appartient-elle au visible, à l'IR, à l'UV ?

2. Calculer la longueur d'onde de la lumière émise par une vapeur de mercure lors de la transition du niveau E_6 vers le niveau E_5 . La lumière émise appartient-elle au visible, à l'IR, à l'UV ?

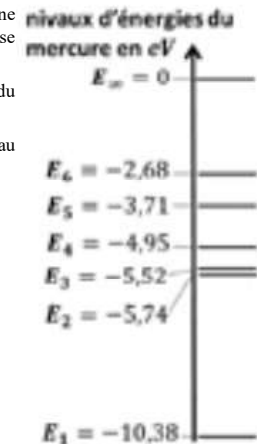
3. La raie de la longueur $\lambda = 436 \text{ nm}$ est émise lors d'une transition à partir du niveau E_6 . Vers quel niveau s'effectue cette transition ?

Donnée:

Relation entre la longueur d'onde λ en nm d'une radiation en

$$\lambda = \frac{1240}{E}$$

fonction de son énergie E (en eV):



20 Choix de matériau pour un capteur solaire (correction en vidéo)

Le diagramme énergétique en général d'un matériau solide (où les atomes sont nombreux et proches les uns des autres) fait apparaître des bandes d'énergies. La dernière bande occupée par les électrons des atomes est appelée Bande de Valence. La bande vide juste au-dessus est appelée Bande de conduction.

1. Justifier l'appellation bande de conduction.

2. Si la bande valence est partiellement remplie, comment qualifier alors un tel matériau ? Justifier.

Un matériau peut être utilisé comme capteur photovoltaïque si l'énergie des radiations solaires fournit l'énergie nécessaire pour franchir le gap énergétique entre bandes de valence et de conduction. Les électrons atteignant alors la bande de conduction, le matériau devient alors conducteur.

3. Pour chaque matériau figurant dans le tableau ci-dessous, calculer la longueur d'onde en dessous de laquelle la radiation permet de rendre conducteur le matériau.

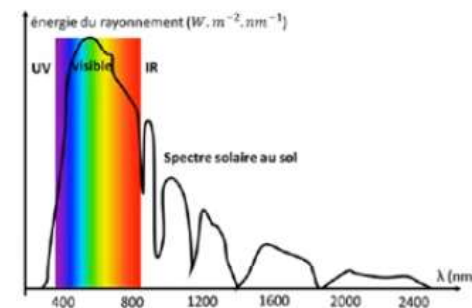
4. En s'aidant de la courbe ci-contre de l'énergie solaire en fonction de la longueur d'onde des radiations, identifier les matériaux du tableau susceptibles d'être utilisés pour fabriquer un capteur photovoltaïque. Justifier.

Donnée:

Relation entre la longueur d'onde λ en nm d'une radiation en

$$\lambda = \frac{1240}{E}$$

fonction de son énergie E (en eV):



matériau	germanium (Ge)	silicium (Si)	arséniure de gallium (GaAs)	diamant (C)
E_{gap} (eV)	0,67	1,12	1,43	5,4

Pour les exercices 20 à 23 inclus qui suivent, une correction est proposée sur le site en lien avec le site de Monsieur David Marié. Qu'il soit remercié pour la mise à disposition à tous de ses travaux.

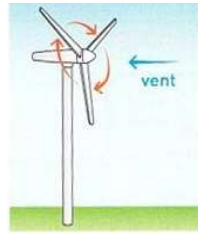
Le lien est le suivant :

<https://www.youtube.com/watch?v=rw1aN7MnXMA&t=329s>

21 Appliquer le cours.

Voici un dispositif ci-contre permettant d'obtenir de l'électricité. Parmi les affirmations suivantes, dire en justifiant lesquelles concernent ce dispositif :

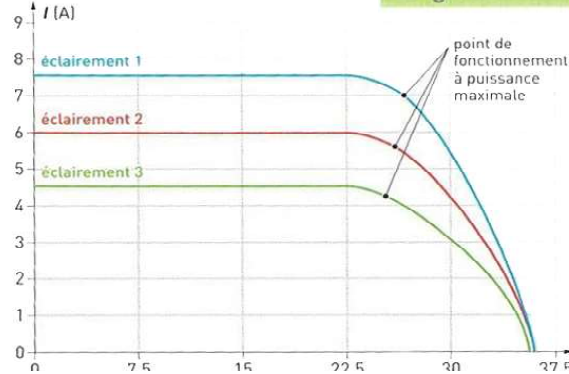
- a. Il possède un alternateur.
- b. Il convertit l'énergie mécanique en énergie électrique.
- c. Il convertit l'énergie radiative en énergie électrique.
- d. Il exploite les lois de l'électromagnétisme.
- e. Il exploite les principes de la physique quantique.



22 Un panneau solaire

On obtient la courbe ci-contre pour un panneau photovoltaïque.

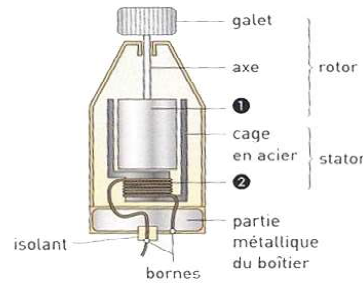
1. Nommer ce type de courbe.
2. Classer les éclairagements du plus faible au plus fort.
3. Pour l'éclaircement 2, déterminer :
 - a. l'intensité de court-circuit ;
 - b. la tension à vide ;
 - c. le couple (I_m, U_m) de puissance maximale ;
 - d. la résistance maximisant la puissance.



23 À bicyclette

Sur certaines bicyclettes, ce que l'on appelle couramment « dynamo » est en réalité un alternateur. Le galet est entraîné par la roue. Le rendement de ce dispositif est de 0,4.

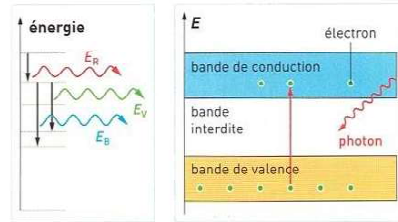
1. a. Nommer les éléments numérotés 1 et 2 sur le schéma.
- b. Expliquer le rôle de chacun.
- c. Justifier les appellations « rotor » et « stator ».
2. a. Représenter la conversion d'énergie qui a lieu dans l'alternateur.
- b. Interpréter alors la phrase en italique.
- c. Proposer une expérience pour vérifier que la rotation du rotor autour du stator produit bien de l'électricité.



24 Le silicium

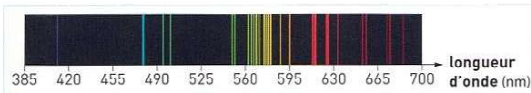
Le silicium est l'élément le plus utilisé dans les cellules photovoltaïques. Le diagramme d'énergie de l'atome de silicium (a) et celui d'un cristal de silicium (b) sont représentés ci-contre. Pour le cristal de silicium, du fait du très grand nombre d'atomes, les niveaux d'énergie sont regroupés en bandes. Parmi ces bandes, on distingue la bande de valence et la bande de conduction. Le passage des électrons de la bande de valence à la bande de conduction engendre un courant électrique.

1. Pourquoi peut-on dire que ces diagrammes illustrent la quantification de l'énergie à l'échelle de l'infiniment petit ?
2. a. Quel diagramme permet d'expliquer la figure ci-dessous ? Expliquer.



a Diagramme d'énergie de l'atome de silicium. b Diagramme d'énergie du cristal de silicium.

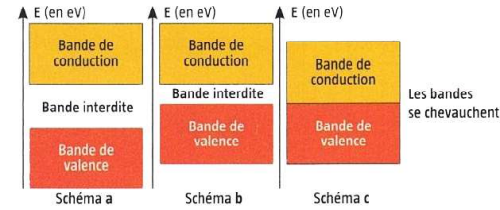
Coup de pouce
Sur les diagrammes a et b, les flèches vers le bas sont en lien avec l'émission de lumière, celles vers le haut avec l'absorption de lumière.



- b. Quel diagramme illustre l'effet photovoltaïque ? Justifier.

25 Les bandes d'énergie

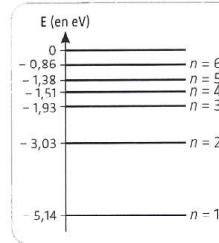
Identifier et exploiter les spectres de raies d'émission des atomes et les bandes d'énergie des semi-conducteurs.



Indiquer la nature du matériau représenté sur chacun des schémas et justifier chaque réponse.

26 Les niveaux d'énergie

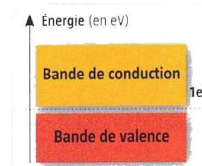
Le diagramme énergétique du sodium est donné ci-dessous.



Lorsque l'atome de sodium est dans le niveau d'énergie $n = 3$, calculer la valeur de l'énergie des photons que l'atome est potentiellement capable d'absorber.

27 Un matériau semi-conducteur

Le schéma ci-contre montre les positions des bandes d'énergie d'un matériau semi-conducteur dans une cellule photovoltaïque.



1. Quelle est la valeur de l'énergie E_g que doivent franchir les électrons ? Justifier la réponse.
2. Quel type de particule permettra à un électron de franchir cette bande, et sous quelle condition ?
3. En déduire la conversion d'énergie effectuée dans la cellule photovoltaïque.

28 L'alimentation du chargeur d'un portable

Un ensemble de cellules photovoltaïques permet d'alimenter le chargeur d'un portable pour un usage dans des zones inhabitées. Cet ensemble a les caractéristiques suivantes.

Dimensions	Tension maximale	Intensité maximale	Conditions d'éclaircement
15 cm × 7,0 cm	5,0 V	400 mA	1 000 W · m ⁻²

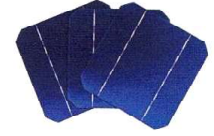
1. Calculer la valeur de la surface S de l'ensemble des cellules.

2. En déduire la valeur du rendement η de la cellule photovoltaïque.



29 La cellule au silicium

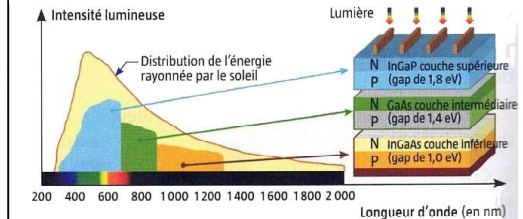
Pour que les cellules photovoltaïques au silicium d'un panneau délivrent un courant électrique, la valeur minimale d'énergie apportée par les photons doit être $E_{min} = 1,12$ eV.



1. À quel type d'énergie correspond E_{min} ?
2. Calculer la longueur d'onde λ des photons d'énergie E_{min} absorbés.
3. En déduire le domaine des ondes électromagnétiques de ce rayonnement.

30 La cellule triple jonction

Les cellules photovoltaïques les plus courantes sont constituées de silicium. Celui-ci est capable d'absorber des photons dont l'énergie est égale à 1,1 eV. Il peut également absorber des photons qui ont une énergie supérieure, mais l'énergie effectivement convertie sous forme électrique reste limitée à 1,1 eV, l'excédent étant perdu sous forme thermique. L'énergie minimale du photon, pour qu'il soit absorbé par un matériau semi-conducteur, est appelée « gap ». Une cellule dite « triple jonction » a permis d'obtenir un rendement record.



1. Quelle est la valeur de l'énergie électrique qui peut être fournie par la cellule en silicium lors de l'absorption d'un photon dont l'énergie est égale à 1,5 eV ? Par la cellule « triple jonction » ?
2. Justifier l'ordre choisi pour l'empilement des jonctions.