

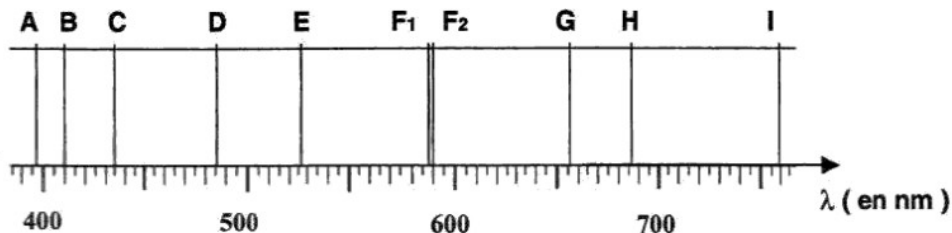
Lumière et énergie – Exercices – Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

Données : Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

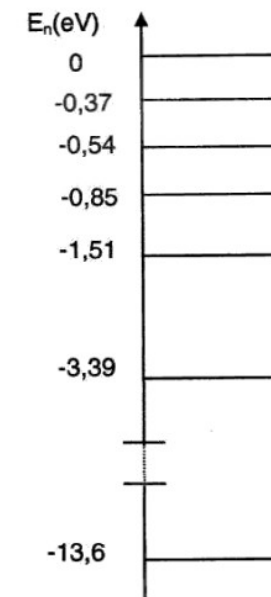
1. Donner les valeurs limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible en précisant les couleurs concernées.
2. Quelle est la relation entre la longueur d'onde dans le vide d'une radiation monochromatique et sa fréquence ? On précisera les unités.
3. On donne les fréquences des infrarouges et des rayons X :
 $f_{\text{IR}} = 3,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ $f_{\text{X}} = 3,0 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$
Calculer les longueurs d'onde correspondantes dans le vide.
4. Indiquer en justifiant laquelle de ces deux radiations est la plus énergétique.

Voici un extrait du spectre de la lumière du Soleil où l'on peut observer des raies noires sur un fond coloré continu



On donne le diagramme de niveaux d'énergie de l'hydrogène. On rappelle que l'état fondamental d'un atome correspond à l'état dans lequel il possède le moins d'énergie.

5. Quel est le niveau d'énergie de l'état fondamental de l'atome d'hydrogène ?
6. Calculer la variation d'énergie lorsque l'atome d'hydrogène passe de $E_1 = -0,37 \text{ eV}$ à $E_2 = -3,39 \text{ eV}$.
7. Convertir en Joules la variation d'énergie calculée dans la question 6
8. Sur le diagramme, représenter cette transition par une flèche
9. Calculer la fréquence du photon correspondant à cette variation d'énergie. Ce photon est-il libéré ou absorbé par l'atome d'hydrogène ?
10. Donner le nom de la radiation du spectre correspondant à cette transition.



Exercice 2 corrigé disponible

A.1 À l'aide du **document A1** de la **page 5**, citer au moins deux particularités des panneaux solaires équipant Energy Observer.

A.2 Rayonnement solaire

A.2.1 Décrire la structure d'une onde électromagnétique.

Les termes « champ » et « propagation » devront apparaître dans la description.

A.2.2 Une onde électromagnétique monochromatique est caractérisée par sa longueur d'onde λ . Citer une autre grandeur physique caractérisant cette onde et préciser son unité.

A.3 Fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

Données :

- Constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$ J

A.3.1 Compléter le bilan énergétique d'une cellule photovoltaïque sur le **document réponse DR1** de la **page 13**.

A.3.2 À l'aide du **document A2** de la **page 5**, déterminer la valeur minimale d'énergie $E_{\min}$, exprimée en joules, que doit posséder un photon pour que la cellule photovoltaïque produise un courant électrique.

A.3.3 Exprimer la relation donnant λ en fonction de $E_{\min}$ et nommer les constantes physiques qui y figurent.

A.3.4 Montrer par le calcul que $\lambda = 1,13 \times 10^{-6}$ m.

A.3.5 Utiliser le **document A3** de la **page 5** pour déterminer le domaine auquel appartiennent ces ondes.

A.3.6 Justifier l'utilisation du silicium comme semi-conducteur adapté au domaine du visible.

A.4 Étude de la notice d'un panneau photovoltaïque

Les panneaux solaires à bord d'Energy Observer utilisent des technologies expérimentales qui restent pour le moment dans le domaine secret de la recherche. L'étude présente portera donc sur un panneau du commerce : le panneau « Bisun protect 290 » de Solar World.

A.4.1 En utilisant le **document A4** de la **page 6**, montrer qu'il serait possible d'installer 77 panneaux Bisun Protect 290 pour équiper la surface de 130 m^2 d'Energy Observer.

Au cours de l'année 2018, Energy Observer fait le tour de la Méditerranée. On peut considérer que l'ensoleillement moyen y est de l'ordre de $1\,000 \text{ W/m}^2$.

A.4.2 Calculer la puissance lumineuse absorbée par l'ensemble des 77 panneaux photovoltaïques installés sur Energy Observer.

A.4.3 Donner l'expression du rendement appliqué aux puissances. En utilisant cette expression et une donnée du **document A4** de la **page 6**, déterminer la valeur du rendement maximal de l'installation des panneaux Bisun protect 290.

A.4.4 Caractériser le rendement de ce type de panneau photovoltaïque. Est-il, selon vous, excellent, convenable, faible ou très faible ?

Document A1 : le photovoltaïque à bord d'Energy Observer

130 m^2 de panneaux solaires recouvrent les flotteurs, le « pont » et la verrière de l'espace de supervision. Objectif : maximiser la production d'énergie solaire au mètre carré.

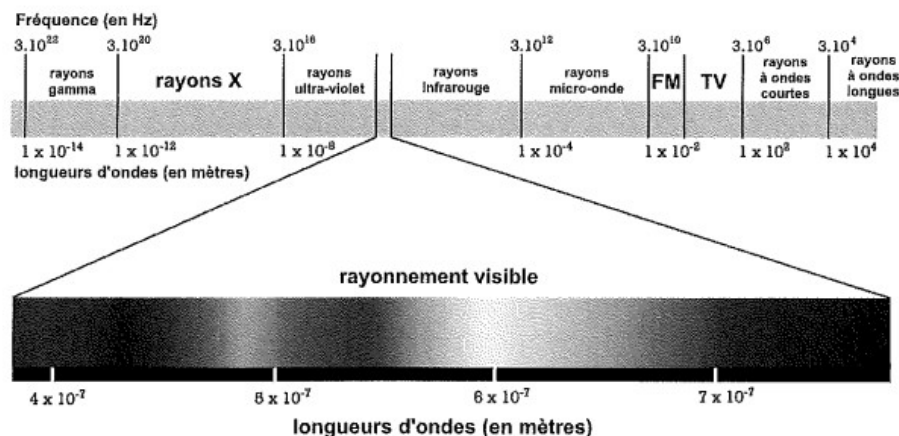
À l'Institut national de l'énergie solaire, les panneaux ont été développés spécifiquement pour répondre aux contraintes du bateau. Ils ont été réalisés sur mesure, galbés selon un rayon suffisant pour épouser la forme de la coque. Près des flotteurs et à l'arrière, des ailes ont été ajoutées et équipées de panneaux bifaces qui utilisent la technologie hétérojonction pour recueillir les rayons solaires directs et indirects, par réverbération sur la coque et les flots. Comme toute cette surface doit rester compatible avec le passage des équipiers, elle est recouverte d'un revêtement antidérapant. Les ingénieurs ont aussi adopté la basse tension et toute une connectique spéciale leur permettant de travailler sans risque électrique.

Document A2 : principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

Pour convertir l'énergie des photons en énergie électrique, on utilise des cellules solaires constituées de semi-conducteurs. Ces matériaux sont caractérisés par une bande d'énergie interdite nommée « gap ». La valeur de ce gap dépend de la nature chimique et de la structure du matériau, sa valeur est de $1,10 \text{ eV}$ pour le silicium monocristallin.

Un photon est absorbé par un semi-conducteur quand son énergie est supérieure au gap, sinon il le traverse ; ainsi, tous les photons d'énergie supérieure au gap peuvent être absorbés. Cependant, l'énergie en excès est vite perdue sous forme de chaleur et l'énergie électrique maximale que l'on peut espérer récupérer est égale à celle du gap.

Document A3 : spectre des ondes électromagnétiques



Document A4 : Notice du « Sunmodule Bisun Protect 290 »

COMPORTEMENT LORS DE CONDITIONS DE TEST STANDARD (STC*)

Puissance au point de puissance maximale	P_{max}	290 W
Tension à vide	U_{oc}	39,8 V
Tension au point de puissance maximale	U_{mpp}	32,2 V
Courant de court-circuit	I_{sc}	9,65 A
Courant au point de puissance maximale	I_{mpp}	9,12 A

Tolérance sur la mesure de puissance (P_{max}) +/- 2 %

*STC : 1 000 W/m², 25 °C, AM 1.5

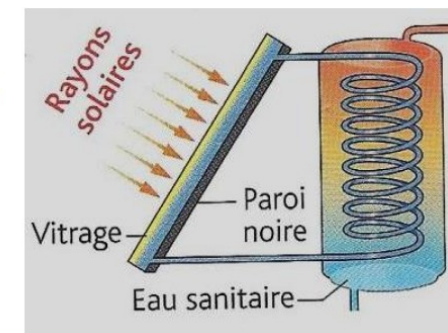
DIMENSIONS

Longueur	1675 mm
Largeur	1001 mm
Épaisseur	33 mm
Poids	21,5 kg

Exercice 3 corrigé disponible

Le principe de fonctionnement d'un chauffe-eau solaire est schématisé ci-contre. Le capteur est constitué d'une boîte fermée par une plaque de verre

Placé sur le toit, ce capteur permet de fournir l'eau chaude à une maison individuelle, dans une région bien ensoleillée.



1. Schématiser la chaîne énergétique de ce chauffe-eau.
2. Un essai d'utilisation de cet appareil, pendant une période ensoleillée, a donné les résultats suivants :

Débit de l'eau dans le capteur : $Q = 20 \text{ L.h}^{-1}$.

Température d'entrée de l'eau : $\theta_1 = 18 \text{ °C}$

Température de sortie de l'eau : $\theta_2 = 42 \text{ °C}$

Calculer la quantité de chaleur Q absorbée par l'eau circulant dans le capteur pendant une heure. Exprimer le résultat en kJ puis en kWh.

3. Calculer la puissance thermique du chauffe-eau pendant cet essai d'une heure.

4. La surface du capteur est de $S = 2 \text{ m}^2$. La puissance solaire disponible lors de la période d'essai est de 800 W.m^{-2} . Définir puis calculer le rendement du chauffe-eau.

Données : $C = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

Exercice 4

Pour l'instant, seule une partie de la lumière visible, principalement les rayonnements verts et bleus, peut donner lieu, sur une cellule photovoltaïque à la production de courant.

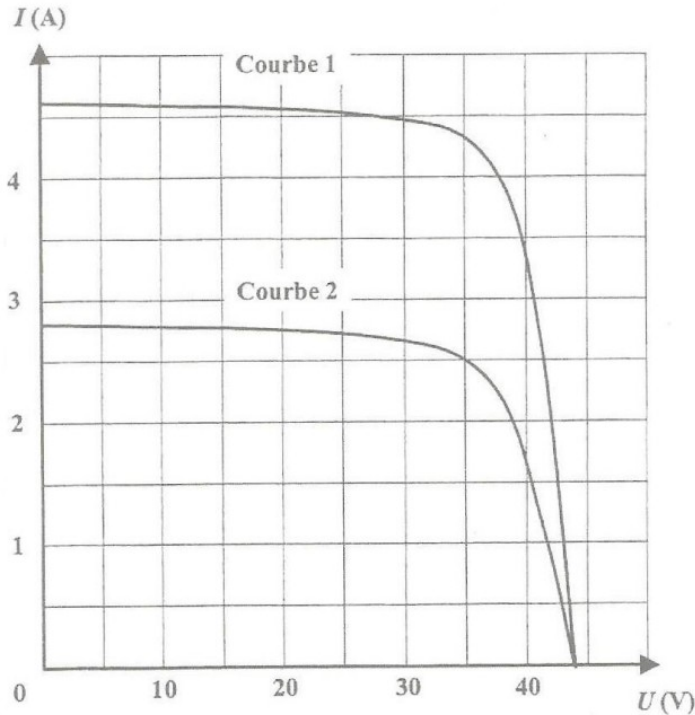
- 1- Quelles sont les fréquences des photons associés à une lumière bleue ($\lambda_b = 450 \text{ nm}$) et à une lumière verte ($\lambda_v = 0,500 \text{ }\mu\text{m}$) ?

- 2- Calculer, en J puis en eV, les énergies de ces photons.

Données : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $h = 6,61 \times 10^{-34} \text{ J.s}$; $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Exercice 5

Une exploitation agricole isolée, non raccordée au réseau, produit de l'électricité dont elle a besoin à l'aide d'une installation solaire photovoltaïque. L'énergie électrique produite par les panneaux solaires peut être utilisée immédiatement ou stockée dans des batteries d'accumulateurs.



Etude des panneaux solaires :

Les caractéristiques courant- tension d'un panneau solaire, pour deux ensoleillements différents sont représentées sur la figure ci-dessus :

1- Dans le cas d'un **ensoleillement optimal**, la caractéristique correspond à la **courbe 1**.

- Déterminer graphiquement la valeur de la tension à vide (ou fem) , U_0 , d'un panneau solaire.
- Déterminer graphiquement l'intensité du courant de court- circuit : I_{cc} . (courant pour une tension nulle).
- Déterminer la puissance électrique P_1 fournie par le panneau pour une tension de fonctionnement égale à 35V.
- En déduire l'énergie électrique E produite en 10 heures d'ensoleillement.

2- Dans le cas d'un **ensoleillement plus faible**, la caractéristique courant-tension correspond à la **courbe 2**.

Déterminer la puissance électrique P_2 , fournie par un panneau pour une tension de fonctionnement égale à 35V.

3- La puissance maximale délivrée par chaque panneau vaut 150W. L'installation doit pouvoir fournir une puissance maximale égale à 2100W.

- Combien de panneaux faut-il utiliser ?
- La tension de fonctionnement nominal d'un panneau à puissance maximale est égale à 35V. L'installation doit délivrer une tension de 70V. Comment les panneaux doivent-ils être associés ? Un schéma sera associé à la réponse.
- Déterminer l'intensité I , du courant débité par l'installation dans une branche du circuit lors d'un fonctionnement à puissance maximale.
- En déduire l'intensité I' du courant débité par l'installation lors d'un fonctionnement à pleine puissance.

Exercice 6

La toiture est recouverte de 342 modules photovoltaïques, composés chacun de 60 cellules, intégrés à la couverture plane du bâtiment, qui assurent une production d'électricité. Celle-ci est entièrement revendue.

A.1. Compléter, sur le document réponse DR1, à rendre avec la copie, la chaîne énergétique d'une cellule photovoltaïque.

A.2. Les modules photovoltaïques utilisés sont des modules Tenesol de référence TE 2200 (voir documents A1 et A2). Placer sur le graphique du document réponse DR2, à rendre avec la copie, le point où la puissance délivrée par le module est maximale.

A.3. Calculer la puissance électrique maximale délivrée par l'ensemble des modules.

A.4. Déterminer la surface S de l'ensemble des modules de la toiture.

A.5. Montrer que le maximum de la puissance lumineuse totale reçue par la toiture est proche de 500 kW.

A.6. En déduire le rendement maximal de ce bouclier solaire.

En 2009, à l'issue de sa première année de fonctionnement, le directeur du groupe Elithis annonçait que les cellules solaires utilisées avaient donné entière satisfaction en produisant près de 96 % de l'énergie électrique attendue soit 78 000 kWh. L'irradiation solaire annuelle globale horizontale (IGH) correspond à l'énergie solaire reçue en moyenne par une surface horizontale de 1 m² au cours d'une année complète. Elle dépend de la latitude et du climat. Le document A3 permet de définir une valeur adaptée pour la ville de Dijon.

A.7. Après avoir indiqué la valeur de l'IGH que vous avez choisie, calculer le rendement moyen des cellules pour la première année de fonctionnement.

A.8. Donner au moins deux raisons qui expliquent que ce dernier est différent du rendement maximal calculé à la question A.6

Rendement d'un module photovoltaïque

- Le rendement η d'un module photovoltaïque est le quotient de la puissance électrique maximale $P_{\max}$ générée par le module par la puissance lumineuse P_{lum} qu'elle reçoit :

$$\eta = \frac{P_{\max}}{P_{\text{lum}}}$$

- $P_{\text{lum}} = E \times S$ où E est l'éclairement du module, exprimé en W.m⁻², S la surface d'un module, exprimée en m².

Document A1 : Caractéristiques d'un module utilisé (d'après <http://www.solaris-store.com>)



Mesures dans les conditions standards de qualifications des panneaux solaires : spectre AM1,5 (puissance incidente de 1000 W.m⁻², température de 25°C)

Tension aux bornes du module à puissance maximale V_{pm} (V)	29,7
Intensité à puissance maximale I_{pm} (A)	7,5

Document A2 : Cellules d'un module photovoltaïque

Taille d'une cellule	156 mm x 156 mm
Nombre de cellules	60 cellules
Type de semi-conducteur	polycristallin

Document A3 : Carte d'ensoleillement en France

