

**Données:**

Masse volumique de l'eau  $\rho = 1\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Capacité thermique de l'eau:

$$c_{\text{eau}} = 4\,180\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Célérité de la lumière dans le vide:

$$c = 3,00 \times 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Constante de Planck:  $h = 6,63 \times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$

$$1\text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19}\text{ J}$$

$$0\text{ }^\circ\text{C} = 273\text{ K}$$

## Exercice résolu

Déterminer l'énergie nécessaire pour faire bouillir 10 L d'eau froide à 15 °C.

**Solution**

$$Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

$$\text{Or } m = \rho_{\text{eau}} \cdot V$$

$$m = (1\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3})(10 \times 10^{-3}\text{ m}^3) = 10\text{ kg}$$

$$c_{\text{eau}} = 4\,180\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$T_f = 100\text{ }^\circ\text{C} = 373\text{ K}$$

$$T_i = 15\text{ }^\circ\text{C} = 288\text{ K}$$

$$Q = 10 \times 4\,180 \times (373 - 288) = 3,6 \times 10^6\text{ J}$$

WEB

OMÉGA

### 1 QCM

1. Dans la relation  $Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$ ,

Q s'exprime en

- Joule       Watt       kWh

2. La capacité thermique d'un liquide est en général supérieure à celle d'un gaz

- Vrai       Faux

3. 25 °C est égal à

- (25 + 273) K       (25 - 273) K

4. La relation entre l'énergie E du photon associé à une onde électromagnétique de fréquence  $\nu$  est (où h est la constante de Planck)

- $E = \frac{h}{\nu}$         $E = \frac{\nu}{h}$         $E = h \times \nu$

5. La relation entre l'énergie E du photon associé à une onde électromagnétique de longueur d'onde  $\lambda$  est (où h est la constante de Planck)

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

6. Dans les relations précédentes, l'énergie sera exprimée en

- Joule (J)  
 Electronvolt (eV)

7. Dans les relations précédentes, la célérité de la lumière dans le vide est égale à:

- 300 000 m·s<sup>-1</sup>  
 300 000 km·s<sup>-1</sup>  
 3,00 × 10<sup>8</sup> m·s<sup>-1</sup>  
 3,00 × 10<sup>8</sup> km·s<sup>-1</sup>

8. Plus la longueur d'onde d'une radiation électromagnétique est petite,

– plus l'énergie est:

- Petite       Grande

9. Au niveau du sol, le Soleil fournit entre 0 et 1000 W par m<sup>2</sup>

- D'énergie       De puissance

10. En France, l'énergie solaire est en moyenne de 1300 kWh par m<sup>2</sup> et par an

- Vrai       Faux

11. Cette valeur est ... à la consommation de toutes les formes d'énergies en France.

- Supérieure  
 Inférieure

## Énergie solaire thermique



### 2 Réchauffement solaire

1. Déterminer la masse de 300 mL de lait.

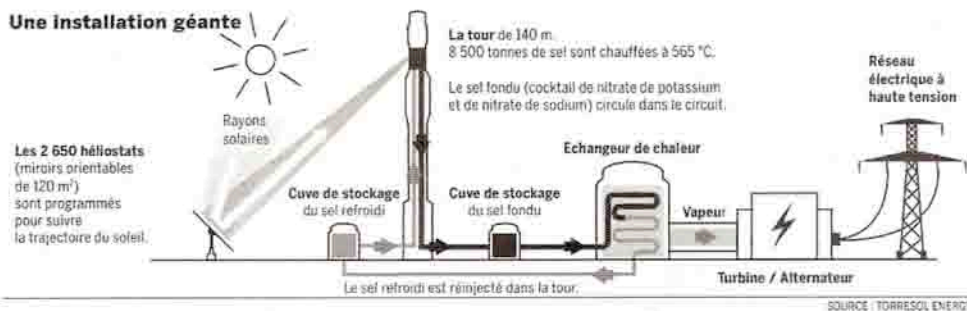
*Donnée:* masse volumique du lait

$$\rho = 1\,032\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

2. Déterminer l'énergie nécessaire pour réchauffer 300 mL de lait de 6 °C (température du frigo) à 25 °C (température ambiante). On considérera que la capacité thermique du lait est égale à celle de l'eau

3. En supposant que du lait soit dans un biberon dont la surface exposée au Soleil (dont le rayonnement vaut 1000 W·m<sup>-2</sup>) est de 100 cm<sup>2</sup>. Déterminer la durée nécessaire au réchauffement précédent. Commenter.

## 3) Gemasolar



Le Monde, 19 nov. 2011

Les 2650 héliostats (miroirs orientables de 120 m<sup>2</sup>) renvoient l'énergie du Soleil vers la tour de 140 m de haut où 8500 tonnes de sel sont chauffées à 565 °C. L'énergie accumulée est ensuite envoyée, via un échangeur de chaleur, vers un groupe turboalternateur qui va convertir cette énergie en électricité.

*Donnée:* capacité thermique du sel fondu 1549 J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>

1. Quel est le rôle de l'échangeur de chaleur ?
2. Sous quelle forme d'énergie est transformée l'énergie solaire dans la tour ?
3. Déterminer l'énergie nécessaire pour élever le sel fondu de la température ambiante 25 °C à 565 °C.
4. Faites le même calcul dans l'hypothèse où le fluide caloporteur aurait été de l'eau liquide. Pourquoi utilise-t-on du sel fondu à la place de l'eau ?

un chauffe-eau solaire rectangulaire de dimensions 1,50 m × 1,60 m.

2. Quelle énergie est disponible au bout d'une heure de fonctionnement ? Exprimer cette énergie en joule.
3. Le débit normalisé de fluide caloporteur dans le capteur est de 72 L·h<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>. On considère que le fluide caloporteur est de l'eau.
  - a. Quel volume de fluide circule dans le panneau durant 1 h ?
  - b. En déduire la masse correspondante.
  - c. Déterminer l'élévation  $\Delta T = T_f - T_i$  de température que provoque l'exposition au soleil du fluide durant 1 h ?
  - d. Faut-il augmenter ou diminuer le débit pour augmenter  $\Delta T$  ?
  - e. Faut-il augmenter ou diminuer la capacité thermique du fluide caloporteur pour augmenter  $\Delta T$  ?

## 4) Panneau solaire



Par ciel bleu et clair, le rayonnement solaire disponible peut atteindre 1000 W·m<sup>-2</sup>.

1. Déterminer la puissance que reçoit

## 5) Réchauffement solaire d'une piscine

Soit une piscine rectangulaire de 8 m de long sur 4 m de large et une profondeur de 1,2 m

1. Calculer l'énergie nécessaire pour élever la température de l'eau de 1 °C.
2. Pendant le jour, l'eau se réchauffe grâce au rayonnement solaire. En supposant que le rayonnement solaire est de 500 W·m<sup>-2</sup>, déterminer l'énergie que reçoit la piscine durant 12 h.
3. En fait seuls 50 % de cette énergie sont absorbés par l'eau.
  - a. Que deviennent les 50 % non absorbés ?



- b. Déterminer l'augmentation de température de l'eau de la piscine qui en résulte.  
 4. Pourquoi couvre-t-on la piscine la nuit d'une bâche à bulles ?

## 6\ Panneau solaire piscine



Voici les caractéristiques d'un panneau solaire de piscine :

6 capteurs solaires Heliocol de  $3,40 \text{ m}^2$  chacun – Noir  
 Dimensions d'un panneau :  $2,908 \times 1,172$   
 Surface :  $3,408 \text{ m}^2$   
 Volume d'eau par capteur :  $11,4 \text{ L}$   
 Débit d'eau recommandé dans les capteurs :  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  par capteur

- Déterminer l'énergie de rayonnement solaire transférée à  $3,40 \text{ m}^2$  d'un capteur solaire durant 2 h par journée ombragée quand le rayonnement solaire vaut  $500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .
- Quel est le volume d'eau circulant dans un capteur durant cette période ?
- Déterminer l'élévation de température de l'eau entre l'entrée et la sortie d'un capteur durant cette période. Commenter.

## 7\ Effet photothermique en dermatologie (introduction aux exercices 8\ et 9\)

L'énergie lumineuse d'un laser est utilisée en dermatologie.

Au contact des cellules de la peau l'énergie lumineuse est convertie en chaleur. Ainsi, un tir laser sur la peau peut avoir 3 effets :

- Si la durée du tir est inférieure au TRT (le Temps de Relaxation Thermique mesure la durée mise par un tissu pour évacuer la chaleur par conduction), alors il y a rupture des vaisseaux : c'est la photothermolyse.
- Si la durée du tir est de l'ordre de la TRT, alors il y a coagulation du sang dans les vaisseaux : c'est la photocoagulation.

- Si la durée de tir est supérieure à la TRT, alors il y a juste échauffement des tissus sans effet dermatologique.



photothermolyse



photocoagulation

Un laser couramment utilisé est le laser à colorant pulsé de longueur d'onde  $\lambda = 595 \text{ nm}$ .

- Calculer l'énergie d'un photon associé à cette longueur d'onde.
- Combien faut-il de photons pour obtenir l'énergie de  $6 \text{ J}$  ?

## 8\ Érythrocouperose – 1<sup>re</sup> méthode

On traite l'érythrocouperose (dilatation



permanente et visible de minuscules vaisseaux sanguins de la peau du visage) à l'aide d'un faisceau laser dont les caractéristiques sont les suivantes :

Laser à colorant pulsé  
 Durée d'impulsion :  $0,45 \text{ ms}$   
 Énergie par  $\text{cm}^2$  :  $6 \text{ J}$   
 Diamètre  $D$  du faisceau :  $7 \text{ mm}$

- Un vaisseau sanguin possède un TRT de  $8,2 \text{ ms}$ . Réalise-t-on une photothermolyse, une photocoagulation ou un échauffement de tissus ?
- Quelle est l'énergie du tir laser ?
- Déterminer le volume  $V$  où est déposée l'énergie du laser si on suppose que celle-ci pénètre sur une profondeur  $e = 1,5 \text{ mm}$ .  
*Rappel* : volume d'un cylindre

$$V = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times e$$

- À quelle masse correspond ce volume si on suppose que la masse volumique des tissus touchés est de  $1\,200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .
- Déterminer l'élévation de température occasionnée par le tir laser.

Donnée: masse volumique des tissus touchés  $3700 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

## 9\ Érythrocouperose - 2<sup>e</sup> méthode

Le traitement précédent est très efficace mais fait apparaître des purpuras (petit point rouge sur la peau correspondant à la rupture des vaisseaux sanguins) qui disparaissent au bout de quelques jours. Pour éviter ce phénomène, on peut préférer les réglages suivants:

Laser à colorant pulsé  
Durée d'impulsion : 10 ms  
Énergie par  $\text{cm}^2$ : 10 J  
Diamètre D du faisceau: 7 mm

Toutefois cette 2<sup>e</sup> méthode, qui ne provoque pas de purpura, présente un risque de brûlure plus important et s'adresse à des vaisseaux de calibre plus important que la 1<sup>re</sup> méthode. De plus un plus grand nombre de passages sera nécessaire.

1. Réalise-t-on une photothermolyse, une photocoagulation ou un échauffement de tissus?
2. Quelle est l'énergie du tir laser?
3. Déterminer l'élévation de température occasionnée par le tir laser, on reprend les données de l'exercice 8.
4. Expliquer, à l'aide des réponses aux questions précédentes, pourquoi le risque de brûlure est augmenté dans la 2<sup>e</sup> méthode comparativement à la 1<sup>re</sup> méthode.

## Énergie d'un photon

### 10\ Conversions d'unités

Convertir la valeur de longueur d'onde suivante en m.

- 450 nm      $25 \times 10^6 \mu\text{m}$       $4,2 \times 10^{-4} \text{mm}$   
  $0,05 \mu\text{m}$       $0,5 \times 10^{-4} \text{nm}$      5,5 nm

### 11\ Utiliser la relation $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

1. Calculer l'énergie E en joules du photon associé à l'onde de longueur d'onde  $\lambda$ :  
a.  $\lambda = 3,5 \text{ m}$  (onde hertzienne)

- b.  $\lambda = 50 \mu\text{m}$  (IR)    c.  $\lambda = 500 \text{ nm}$  (visible)  
d.  $\lambda = 40 \text{ nm}$  (UV)    e.  $\lambda = 0,5 \text{ nm}$  (Rayon X)  
f.  $\lambda = 5,0 \times 10^{-4} \text{ nm}$  (Rayon  $\gamma$ )

2. Compléter la phrase suivante:

« Plus la longueur d'onde est petite, plus l'énergie du photon associé est ..... »

3. Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  en m pour:

- a.  $E = 5,0 \times 10^{-15} \text{ J}$     b.  $E = 45 \times 10^{-17} \text{ J}$   
c.  $E = 0,25 \times 10^{-23} \text{ J}$

4. Compléter la phrase suivante:

« Plus l'énergie de l'onde électromagnétique est petite, plus la longueur d'onde est ..... »

### 12\ Utiliser la relation $E = h \times \nu$

1. Calculer l'énergie E en joules du photon associé à l'onde de fréquence:

- a.  $\nu = 2,5 \times 10^5 \text{ Hz}$   
b.  $\nu = 375 \text{ GHz}$   
c.  $\nu = 2,5 \times 10^4 \text{ THz}$

2. Compléter la phrase suivante:

« Plus la fréquence de l'onde électromagnétique est grande, plus l'énergie du photon associé est ..... »

3. Calculer la fréquence  $\nu$  en hertz avec:

- a.  $E = 5,0 \times 10^{-15} \text{ J}$   
b.  $E = 45 \times 10^{-20} \text{ J}$   
c.  $E = 0,25 \times 10^{-23} \text{ J}$

4. Compléter la phrase suivante:

« Plus l'énergie de l'onde électromagnétique est petite, plus la fréquence est ..... »

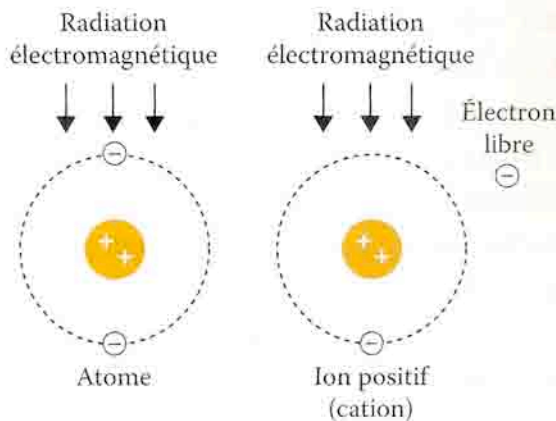
### 13\ Énergie d'un laser

On dispose au laboratoire d'un laser de longueur d'onde 632,8 nm.

1. Déterminer l'énergie des photons associée à cette lumière.
2. Comparer cette énergie à celle acquise par une masse de 1 kg tombant de 1 m, énergie valant environ 10 J.
3. Pourquoi le laser est-il dangereux?



## 14\ Énergie d'ionisation



L'énergie d'ionisation est l'énergie nécessaire pour arracher un électron à un atome. Ce dernier forme donc un ion positif. Pour l'atome d'hélium, cette énergie vaut 24,6 eV.

- Déterminer en joule l'énergie d'ionisation de l'atome d'hélium.
- Calculer la longueur d'onde du photon nécessaire pour ioniser cet atome.
- Lors d'une séance de bronzage, le rayonnement utilisé a une longueur d'onde de l'ordre de 350 nm.
  - À quel domaine des ondes électromagnétiques appartient ce rayonnement ?
  - Calculer l'énergie du photon associé à ce rayonnement. Est-ce un rayonnement ionisant pour l'atome d'hélium ?
- Reprendre les 2 dernières questions pour un rayonnement de 1 nm utilisé en radiographie.
- Idem pour un rayonnement de  $10^{-12}$  m utilisé en scintigraphie.

## 15\ Le four à micro-ondes

Le four à micro-ondes utilise des photons de fréquence  $\nu = 2,45$  GHz.

- Déterminer la longueur d'onde de ces photons.
- Déterminer l'énergie du photon associé. Convertir cette énergie en électronvolt.
- L'énergie d'ionisation de l'eau est d'environ 5 eV. Le four à micro-ondes est-il capable d'ioniser l'eau ?

## Conversion électrique de l'énergie solaire

### 16\ Photopile

Voici les mesures obtenues lors de l'étude de la caractéristique d'un module solaire

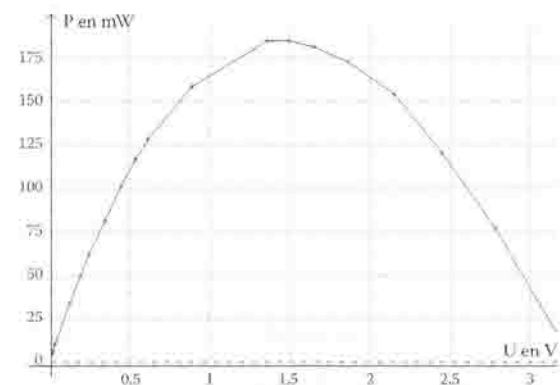
|           |      |      |      |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|
| U (en V)  | 1,91 | 1,80 | 1,61 | 1,52 | 1,39 |
| I (en mA) | 0    | 6,0  | 8,9  | 9,5  | 9,9  |

|           |      |      |      |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|
| U (en V)  | 1,32 | 1,14 | 0,93 | 0,42 | 0,10 |
| I (en mA) | 10,1 | 10,4 | 10,3 | 10,5 | 10,5 |

- Pour chaque couple de mesures, déterminer la puissance délivrée par le module solaire.
- Tracer le graphique  $P = f(U)$ .
- Déterminer la puissance maximale disponible.

### 17\ Association de modules solaires

Voici les courbes de puissances délivrées par 3 modules solaires en série en fonction de la tension U éclairés à 100 % dans le 1<sup>er</sup> cas et à 67 % dans le second cas (un module est masqué).



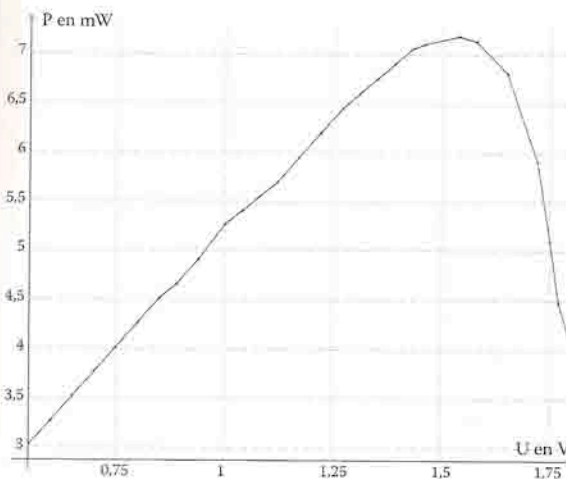
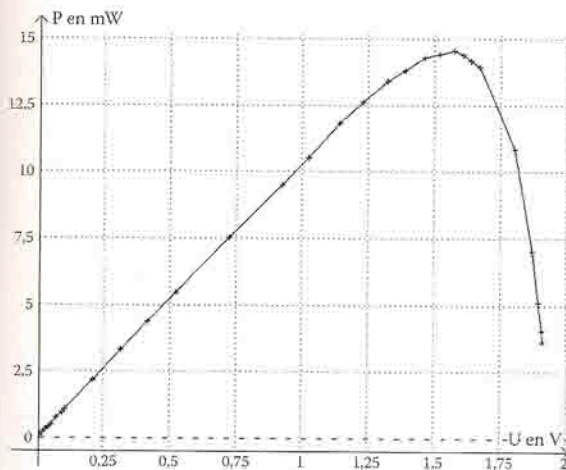
- Faire le schéma qui a permis d'obtenir ces graphiques.

- Quelle est la puissance maximale délivrée dans chacune des situations ?
- Que pensez-vous de l'installation suivante :



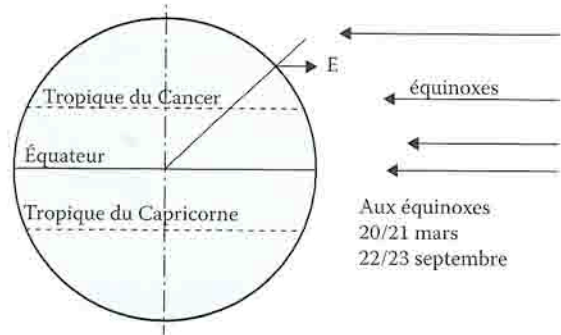
### 18) Orientation des modules solaires

Voici les courbes de puissances délivrées par un module solaire en fonction de la tension  $U$  à ses bornes éclairées sous incidence nulle dans le 1<sup>er</sup> cas et sous un angle d'incidence de  $45^\circ$  dans le second cas.



- Faire le schéma qui a permis d'obtenir ces graphiques.

- Quelle est la puissance maximale délivrée dans chacune des situations ?
- En France, les rayons du Soleil arrivent inclinés, ce qui impose d'incliner les panneaux solaires.



Les panneaux solaires installés dans le sud de la France doivent-ils être plus ou moins inclinés que ceux installés dans le nord ?

## Solutions et commentaires

**2)** 1.  $m = \rho \cdot V = (1032 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}) \times (300 \times 10^{-6} \text{ m}^3) = 0,310 \text{ kg}$   
 2.  $Q = m \cdot c_{\text{eau}} \cdot (T_f - T_i) = 0,310 \times 4180 \times (298 - 279) = 24,6 \times 10^3 \text{ J}$   
 $6^\circ \text{C} = 279 \text{ K}$  et  $25^\circ \text{C} = 298 \text{ K}$   
 3.  $P = (100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}) \times (100 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 10,0 \text{ W}$   
 $t = \frac{E}{P} = \frac{24,6 \times 10^3}{10,0} = 24,6 \times 10^2 \text{ s} \approx 41 \text{ min.}$

**10)**  $450 \text{ nm} = 450 \times 10^{-9} \text{ m} = 4,50 \times 10^{-7} \text{ m}$  (visible)  
 $4,2 \times 10^{-4} \text{ mm} = 4,2 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \text{ m} = 4,2 \times 10^{-7} \text{ m} = 420 \text{ nm}$  (visible)

**11) 1.a.**  $E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{3,5} = 5,7 \times 10^{-26} \text{ J}$

**3.a.**  $\lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{5,0 \times 10^{-15}} = 4,0 \times 10^{-11} \text{ m} = 0,040 \text{ nm}$  (RX)

**12) 1.b.**  $E = h \cdot \nu = 6,63 \times 10^{-34} \times 375 \times 10^9 = 2,49 \times 10^{-22} \text{ J}$

**3.a.**  $\nu = \frac{E}{h} = \frac{5,0 \times 10^{-15}}{6,63 \times 10^{-34}} = 7,5 \times 10^{18} \text{ Hz}$