
Thème : Énergie

Chapitre : Énergie transportée par la lumière

Objectifs :

- Utiliser un appareil pour déterminer ou mesurer une irradiance (ou éclairement énergétique, en $W.m^{-2}$) : pyranomètre, solarimètre, etc
- Calculer la puissance reçue par une surface, l'irradiance du rayonnement étant donnée.
- Citer les principales caractéristiques de la lumière émise par un laser.
- Estimer l'irradiance d'un laser, la puissance émise étant connue, pour conclure sur ses domaines d'utilisation et les mesures de protection associées.
- Effectuer expérimentalement le bilan énergétique et déterminer le rendement d'un panneau photovoltaïque.

Sommaire

1. Cours	2	2. Activité 1 : Quelle est la quantité d'énergie solaire disponible sur Terre ?	4
1.1 Puissance transportée par la lumière : flux énergétique	2		
1.2 Irradiance et puissance lumineuse	2	3. Activité 2 : Caractéristiques d'un module solaire.	5
1.3 Lumière émise par un laser	3		
1.4 Effets des lasers sur la santé et mesures de protection	3	4. Exercices	7

1. Cours

1.1 Puissance transportée par la lumière : flux énergétique

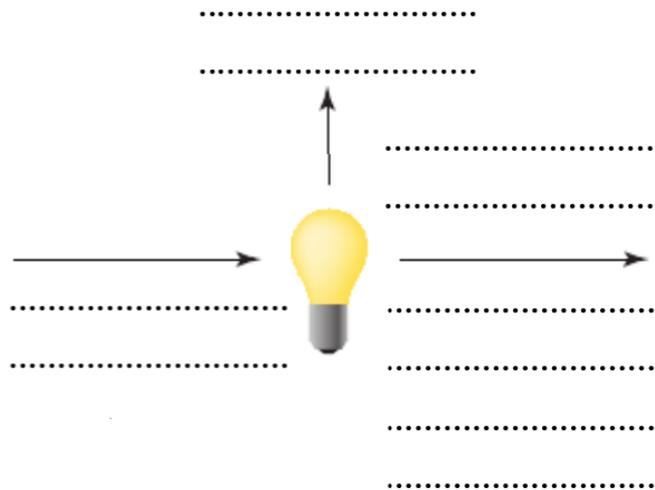
Quel type d'énergie transport un faisceau lumineux ?

.....

Que représente le **flux énergétique**, notée Φ_E ?

.....

Établir la chaîne énergétique de la lampe :



1.2 Irradiance et puissance lumineuse

Que représente l'**irradiance**, notée E , aussi nommé **éclairage énergétique** ?

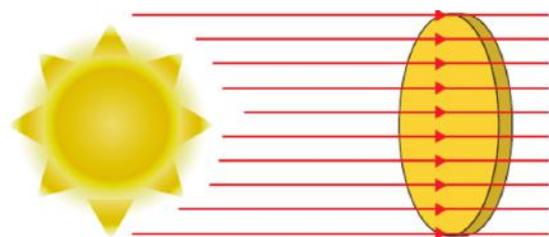
.....
.....
.....

À l'aide de quel appareil peut-on mesurer cette irradiance ?

.....

Donner la relation reliant la puissance lumineuse P (en W) reçue par une surface S (en m^2) et l'irradiance E reçue par la surface (en $W.m^{-2}$) :

.....



Flux énergétique émis (en W) E (en W/m^2)
(irradiance E sur une surface perpendiculaire à la direction de propagation)

1.3 Lumière émise par un laser

Que signifie l'acronyme LASER ?

.....

Quels sont les caractéristiques d'un laser ?

.....

.....

1.4 Effets des lasers sur la santé et mesures de protection

La très grande densité d'énergie d'un laser est toujours dangereuse pour les yeux et, pour certains modèles de laser, également pour la peau.

Il convient donc de respecter les recommandations prescrites par l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité).

- **Étiquetage** associé à la classe du laser utilisé, visible, lisible et rédigé en français : c'est le 1^{er} niveau de consignes que les opérateurs doivent respecter.
- **Maîtrise de la commande** : seule une personne autorisée doit pouvoir commander l'émission du rayonnement.
- **Protection individuelle** des yeux : si l'opérateur doit accéder au local dans lequel a lieu l'émission laser, il doit porter des **lunettes de protection** ou de réglage laser adaptées.
- Protection individuelle des mains ou du corps.
- Évitement des **réflexions du faisceau** primaire vers l'opérateur. La présence d'objets réfléchissants dans le local et le port de bijoux sont à éviter. Le plan dans lequel le faisceau circule doit être plus bas que la hauteur des yeux en position assise.
- **Confinement** du rayonnement : chaque fois que l'application le permet, le rayonnement laser ne doit pas avoir lieu vers l'extérieur.

2. Activité 1 : Quelle est la quantité d'énergie solaire disponible sur Terre ?

Objectif :

- Utiliser un appareil pour déterminer ou mesurer une irradiance (ou éclairement énergétique, en $W.m^{-2}$) : pyranomètre, solarimètre, etc
- Calculer la puissance reçue par une surface, l'irradiance du rayonnement étant donnée.

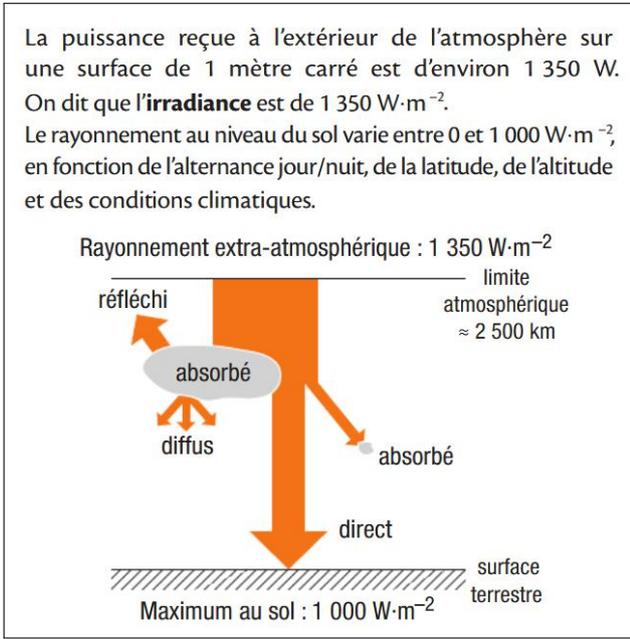


FIGURE 1 – Irradiance de la Terre

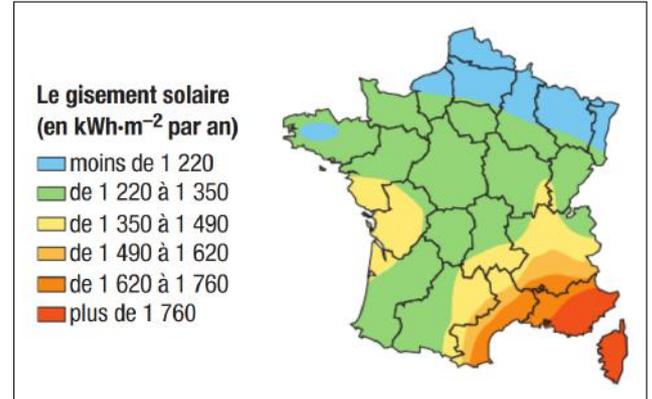


FIGURE 2 – Énergie solaire moyenne (ou gisement solaire) disponible en France)

Un **pyranomètre**, appelé aussi **solarimètre**, permet de mesurer l'irradiance solaire, c'est-à-dire la puissance lumineuse du Soleil reçue sur une surface de $1\ m^2$. L'irradiance s'exprime en watt par mètre carré $W.m^{-2}$.

FIGURE 3 – Le solarimètre

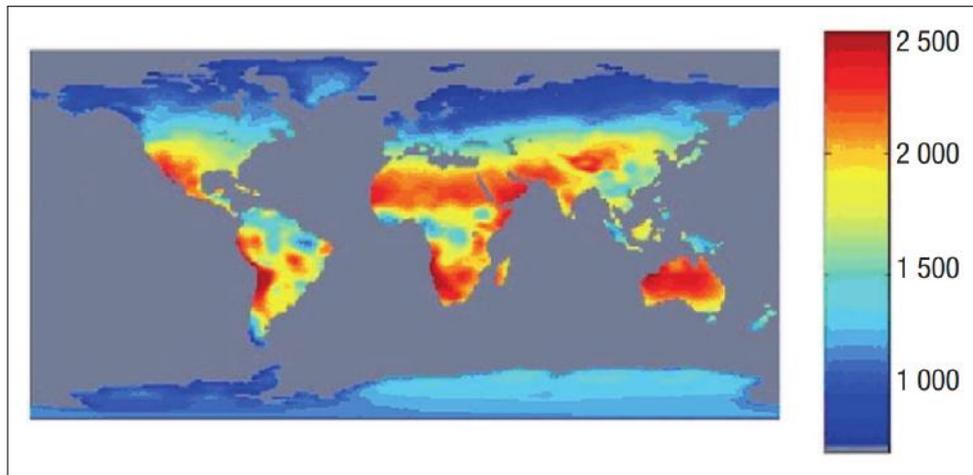


FIGURE 4 – Énergie solaire moyenne disponible sur Terre (en kWh par m^2 et par an)

1. Citer les deux phénomènes qui expliquent pourquoi tout le rayonnement extra-atmosphérique n'est pas disponible au sol.
2. Quelle est l'énergie solaire moyenne, par m^2 et par an, disponible pour un habitant en Alsace? **Comparer** celle-ci aux 600 Wh nécessaires pour faire rouler une « petite » voiture sur 1 km.
3. **Indiquer** les régions du globe où l'exploitation de l'énergie solaire semble la plus pertinente.
4. **Mesurer** l'irradiance en extérieur dans un endroit non ombragé et **comparer** aux valeurs indiquées dans la figure 1.

3. Activité 2 : Caractéristiques d'un module solaire.

Objectif :

- Effectuer expérimentalement le bilan énergétique et déterminer le rendement d'un panneau photovoltaïque.
- Utiliser un appareil pour déterminer ou mesurer une irradiance (ou éclairement énergétique, en $W.m^{-2}$) : pyranomètre, solarimètre, etc.

Les panneaux solaires sont utilisés pour alimenter en électricité des sites isolés et difficiles d'accès, par exemple des régions montagneuses. Dans ces cas, il est intéressant d'installer des panneaux solaires car ceux-ci ne demandent que très peu, voir aucun entretien.



Les installations qui peuvent être raccordées au réseau sont composées de modules solaires, constitués eux-mêmes de cellules photovoltaïques. Ces générateurs transforment directement l'énergie solaire en énergie électrique (courant continu).

Les cellules photovoltaïques qui composent les panneaux solaires convertissent l'énergie lumineuse du Soleil en énergie électrique. Lorsqu'elle est éclairée par la lumière, une cellule photovoltaïque génère un courant électrique et une tension électrique apparaît entre ses bornes.

- La tension électrique, notée U , entre les bornes d'un générateur se mesure avec un voltmètre monté en dérivation aux bornes du générateur. Elle s'exprime en volts (V). Les bornes du multimètre utilisé en voltmètre sont les bornes « V » et « COM » ;
- L'intensité d'un courant électrique, notée I , délivrée par un générateur se mesure avec un ampèremètre branché en série avec ce générateur. Elle s'exprime en ampères (A). Les bornes du multimètre utilisé en ampèremètre sont les bornes « A » ou « mA » et « COM » ;
- La puissance électrique P , fournie par un générateur, vaut $P = U \times I$ avec P en watt (W), U en volt (V) et I en ampère (A).

FIGURE 1 – Tension, courant et puissance électrique

Le **rendement** η d'une cellule photovoltaïque est le rapport entre la puissance électrique maximale P_{max} générée par la cellule par la puissance lumineuse P_{lum} qu'elle reçoit :

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{lum}} \quad (1)$$

La puissance lumineuse reçue par une surface S sous un éclairement E est :

$$P_{lum} = E \times S \quad (2)$$

où E est l'éclairement de la cellule, exprimée en $W.m^{-2}$, S la surface de la cellule, exprimée en m^2 .
On admettra qu'un éclairement de **100 lux correspond à $1 W.m^{-2}$** .

FIGURE 2 – Rendement d'une cellule photovoltaïque.

1. Proposer un schéma de montage permettant, avec le matériel disponible, de mesurer la tension U aux bornes de la cellule photovoltaïque et l'intensité I qu'elle génère lorsqu'elle est éclairée par une lampe.

Remarque : la boîte à résistance, qui se branche en série avec la cellule, doit permettre de faire varier les valeurs de la tension U et de l'intensité I **Après validation par le professeur, réaliser le montage.**

2. **Éclairer** la cellule photovoltaïque avec la lampe et **relever** la valeur de l'éclairement E .
3. Sans modifier l'éclairement, **tracer** la caractéristique courant-tension $I = f(U)$.
4. **Tracer** la caractéristique puissance-tension $P = f(U)$.
5. **Établir** la chaîne énergétique de la cellule photovoltaïque.
6. **Proposer** une méthode permettant de déterminer le rendement η de la cellule photovoltaïque étudiée.
7. **Calculer** ce rendement et l'exprimer en pourcentage.
8. **Commenter** la valeur de ce rendement.

4. Exercices

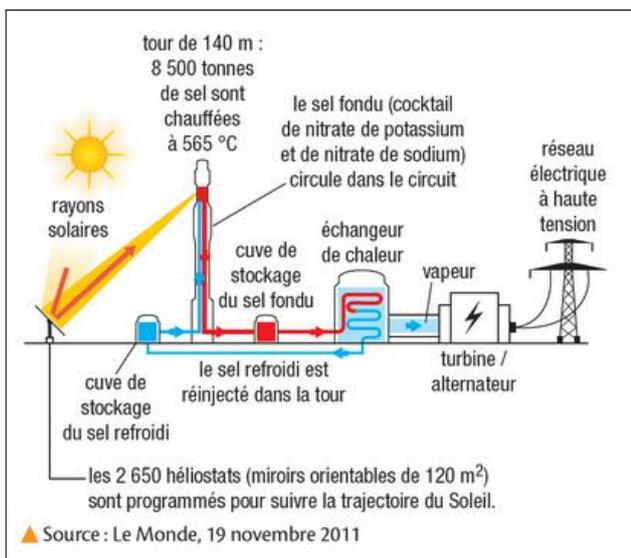
Exercice 1

Par ciel bleu et clair, le rayonnement solaire disponible peut atteindre 1000 W.m^{-2} .

1. **Déterminer** la puissance que reçoit un chauffe-eau solaire rectangulaire de dimension $1,50 \text{ m} \times 1,60 \text{ m}$.
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 $72 \text{ L.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$.
 - a) Quel volume de fluide circule dans le panneau durant 1 h ?
 - b) **En déduire** la masse correspondante.
4. En considérant que le fluide caloporteur est de l'eau, **déterminer** l'élévation $\Delta T = T_f - T_i$ de température que provoque l'exposition au soleil du fluide pendant 1 h.
5. Faut-il augmenter ou diminuer le débit pour augmenter ΔT ?
6. Faut-il augmenter ou diminuer la capacité thermique massique du fluide caloporteur pour augmenter ΔT ?

Exercice 2

Située dans le sud de l'Espagne, Gemasolar, mise en route en 2011, est la première centrale solaire géante à transformer l'énergie solaire en chaleur accumulée par un réservoir de sel fondu. Cette technologie a l'avantage de pouvoir produire de l'électricité sans interruption, même la nuit.



Les 2650 héliostats (miroirs orientables de 120 m^2) 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 l'échangeur de chaleur, vers un groupe turboalternateur qui va convertir cette énergie en électricité.

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 25°C (température ambiante) à 565°C .
4. **Faire** le même calcul dans l'hypothèse où le fluide caloporteur aurait été de l'eau.
Pourquoi utilise-t-on du sel fondu à la place de l'eau ?

Donnée : Capacité thermique massique du sel fondu : $1549 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

Exercice 3

La société Technocamp vous propose d'effectuer un stage d'été dans son service Recherche et Développement en participant au projet « La tente de demain ».

Les dernières recherches dans le domaine de l'énergie solaire photovoltaïque pourraient dévoiler une nouvelle vision de la tente. Ainsi, on pourrait rester en contact avec ses proches par le biais d'Internet et recharger la batterie de son téléphone mobile dans les lieux isolés. La commande de l'éclairage à distance permettrait également de localiser à distance sa tente de nuit avec une lueur distinctive.

Les dernières recherches montrent que le tissage de fils à revêtements photovoltaïques au sein d'un tissu classique permet de réaliser une toile photovoltaïque. Le responsable du projet a choisi un revêtement à base de cellules polymères photovoltaïques.

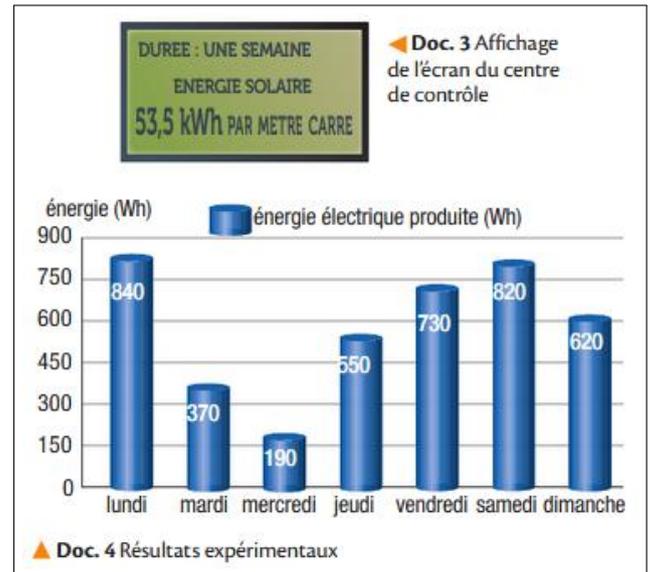
Une nouvelle technologie pour les cellules photovoltaïques

Les cellules photovoltaïques, qui convertissent l'énergie lumineuse en énergie électrique, connaissent partout dans le monde un fort développement. Les plus répandues utilisent du silicium et leur rendement dépasse 14%. Il existe aujourd'hui une nouvelle technologie : les cellules photovoltaïques organiques, mettant en œuvre des polymères. Leur rendement photovoltaïque peut atteindre 6,1% pour le polymère PCDTBT associé à la molécule PCBM. Malgré ce faible rendement, cette technologie présente de nombreux avantages par rapport aux cellules à base de silicium dont la production nécessite beaucoup d'énergie.

Pour les cellules organiques, les coûts financiers et énergétiques sont relativement bas avec un faible impact environnemental. Les cellules organiques peuvent s'intégrer facilement à des substrats* souples, ce qui leur permet de couvrir des surfaces qui ne sont pas planes.

*substrat : support

▲ Doc. 1 Article de presse



1. En vous aidant de l'article de presse, **donner** trois arguments en justifiant le choix de cellules photovoltaïques organiques.

Expliquer notamment ce que signifie « l'impact environnemental » de la fabrication d'une cellule photovoltaïque.

2. Le rendement énergétique photovoltaïque s'exprime par la relation : $\eta = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{solaire}}}$.

a) **Préciser** les unités des grandeurs figurant dans cette relation.

b) **Établir** la chaîne énergétique de la toile photovoltaïque.

3. La toile photovoltaïque est équipée d'un capteur mesurant le rayonnement solaire en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. Les données sont transmises au centre de contrôle de la tente qui peut calculer et afficher l'énergie solaire absorbée au cours d'une certaine durée en $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}$.

Expliquer le calcul qu'effectue le centre de contrôle pour passer de la mesure du rayonnement solaire à l'affichage de l'énergie solaire absorbée, en vous aidant de la relation liant ces grandeurs et leurs unités.

4. La toile solaire utilisée pour effectuer les premiers tests a une surface de 1 m^2 . À partir des relevés expérimentaux ci-dessous, **déterminer** le rendement énergétique de la toile solaire. **Détailler** votre raisonnement en trois étapes.

5. **Comparer** la valeur du rendement trouvée à celle citée dans l'article de presse, et **préciser** si l'écart trouvé relève plutôt des conditions de mesures ou plutôt des incertitudes liées à l'instrument de mesure. **Argumenter** votre réponse.