

# Lumière : flux de photons

E. Machefer

10 janvier 2024

## 1 Corrections

### 1.1 Ex 14 p 418

$$\begin{aligned}P_{\text{elec}} &= 305 \text{ W} \\N_{\text{cel}} &= 60 \\S_{\text{cel}} &= 160 \times 160 = 0.0256 \text{ m}^2 \\S &= N_{\text{cel}} \times S_{\text{cel}} = 1.536 \text{ m}^2 \\\epsilon &= 1000 \text{ W/m}^2 \\\eta &= P_{\text{elec}} / \epsilon S = 19.9\%\end{aligned}$$

### 1.2 Ex 15 p 418

#### Remarque électronvolt

l'énergie cinétique acquise par un électron accéléré depuis le repos par une différence de potentiel d'un volt. Un électronvolt est égal à :  $1 \text{ eV} = 1,602 \ 176 \ 634 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

- (a)  $E_c^{\text{max}} = e \times U_a = 1.60 \times 10^{-19} \times 2.80 = 4.48 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.80 \text{ eV}$   
(b)  $E_c^{\text{max}} = \frac{1}{2} m_e v^2 \Rightarrow v^{\text{max}} = (2 \times E_c^{\text{max}} / m_e)^{0.5} = 9.92 \times 10^5 \text{ m/s}$
- $E_\gamma = W_{\text{extraction}} + E_c^{\text{max}}$
- $E_\gamma = h c / \lambda = 6.63 \times 10^{-34} \times 299792458 / 171 \times 10^{-9} = 1.16 \times 10^{-18} \text{ J} = 9.99 \text{ eV}$   
 $E_c^{\text{max}} = 7.48 \times 10^{-19} \text{ J} = 7.19 \text{ eV}$
- $E_\gamma = h c / \lambda_2 = 5.68 \times 10^{-19} \text{ J} < W_{\text{extraction}}$

### 1.3 Ex 17 p 418

### 1.4 Type bac installation thermique

## 2 Absorption et émission de photons

### 2.1 Effets photoélectriques

#### Effet photoélectrique


Extraction d'électrons d'un métal sous effet de la lumière.

#### Effet photovoltaïque

Production d'un courant électrique au sein d'un matériau soumis à une radiation électromagnétique.

### 2.2 Bandes d'énergies : conducteurs, isolants et semi conducteurs

Dans un solide, comme dans un atome, l'énergie des électrons est *quantifiée*. La différence est que ce sont des *bandes d'énergies* qui sont autorisées, et séparées par des *bandes interdites*.



./data/gap.pdf

- Lorsqu'un matériau est dans son état fondamental, les électrons sont dans la **bande de valence**
- Si des électrons se situent dans la **bande de conduction** alors un courant électrique apparaît, dû au déplacement des électrons dans le matériau.

### Conducteur

Le matériau est **conducteur** si les deux bandes se chevauchent, les électrons circulent alors librement dans le matériau.

### Isolant

Si la bande d'énergie séparant la bande de valence et la bande de conduction, appelé **gap**, est grande, alors le matériau est un isolant.

### Semi-conducteur

Si le **gap** est assez faible, alors le matériau est un **semi conducteur**, l'absorption d'un photon d'énergie  $E = h\nu = \Delta E$  permet à un électron de passer de la bande de valence à la bande de conduction, si l'énergie est supérieure, alors l'énergie excédentaire permet l'apparition d'un courant électrique.

## 3 Cellules photoélectriques

### 3.1 Cellule photoélectrique (photorécepteur)

Désigne tout dispositif dont une des propriétés électriques est modifiée lors de l'absorption de photons. Ils sont généralement constitués de matériau semi-conducteur.

#### Cellule photovoltaïque

Sous effet de la lumière, apparition d'une tension électrique entre ses deux faces (générateur)

#### Photorésistance

Dipôle dont la résistance diminue si l'intensité lumineuse reçue augmente

#### Photodiode

Dipôle traversé d'un courant électrique plus grand plus l'intensité lumineuse augmente

## Diode électroluminescente (LED ou DEL)

Dipôle permettant de convertir de l'énergie électrique en énergie lumineuse (processus inverse de la photodiode).

L'émission d'un photon se produit lorsqu'un électron passe de la bande de conduction à la bande de valence.

### 3.2 Rendement d'une cellule photovoltaïque

Le rendement correspond au rapport entre la puissance électrique générée sur la puissance lumineuse fournie

$$\eta = P_{\text{elec}} / P_{\text{lum}} = E_{\text{elec}} / E_{\text{lum}}$$

La puissance lumineuse reçue correspond au produit de l'éclairement ( $\epsilon$  en  $\text{W}/\text{m}^2$ ) par la surface ( $S$  en  $\text{m}^2$ ) de la cellule, d'où  $\eta = P_{\text{elec}} / \epsilon S$

#### Exemple

Pour déterminer le rendement d'une cellule photovoltaïque d'aire  $S = 20 \text{ cm}^2$ , on teste son fonctionnement en braquant sur elle une lampe de bureau d'éclairement  $\epsilon = 800 \text{ W}/\text{m}^2$ .

La tension mesurée aux bornes de la cellule est  $U = 10 \text{ V}$  et délivre un courant d'intensité  $I = 29 \text{ mA}$ .

Le rendement est donc  $\eta = P_{\text{elec}} / \epsilon S = UI / \epsilon S = (10 \cdot 29 \cdot 10^{-3}) / (800 \cdot 20 \cdot 10^{-4}) = 0.18 = 18\%$

## 4 Spectroscopie UV-visible, IR

./data/niveaux\_energie\_hydrogene.pdf

Les niveaux d'énergie d'un atome ou d'une molécule étant quantifiés, les transitions énergétiques  $\Delta E$  ne peuvent prendre que des valeurs particulières.

Les photons absorbés ou émis ont des énergies  $h\nu$  particulières.

La spectroscopie est l'étude des spectres d'absorption ou d'émission d'un échantillon soumis à un rayonnement électromagnétique. En déterminant les longueurs d'onde des photons absorbés ou émis, on détermine les atomes ou liaisons moléculaires qui figurent dans l'échantillon.

### UV-visible

En spectroscopie UV-visible, on soumet l'échantillon à une radiation de longueur d'onde comprise entre 10 nm et 800 nm. Lorsqu'un atome passe du niveau d'énergie  $E_i$  au niveau  $E_f$ , il absorbe un photon d'énergie  $h\nu = \Delta E = E_f - E_i$ .

Quand il repasse du niveau  $E_i$ , il émet un photon de même énergie.

## **IR**

En spectroscopie IR, on soumet l'échantillon à une radiation comprise entre 2.5  $\mu\text{m}$  et 35  $\mu\text{m}$ , l'énergie lumineuse se transforme en énergie de vibration ou de rotation des liaisons moléculaires.