

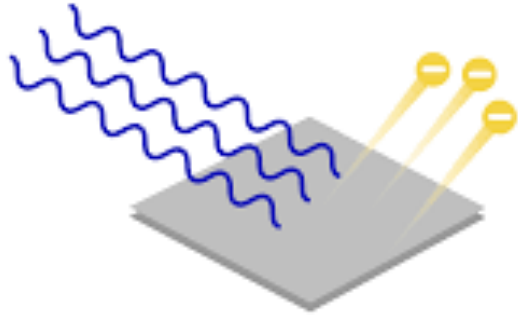
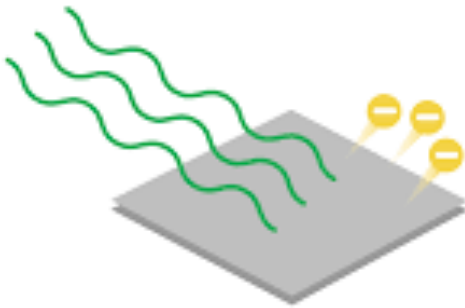
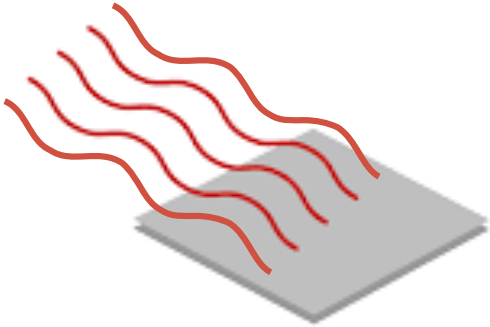
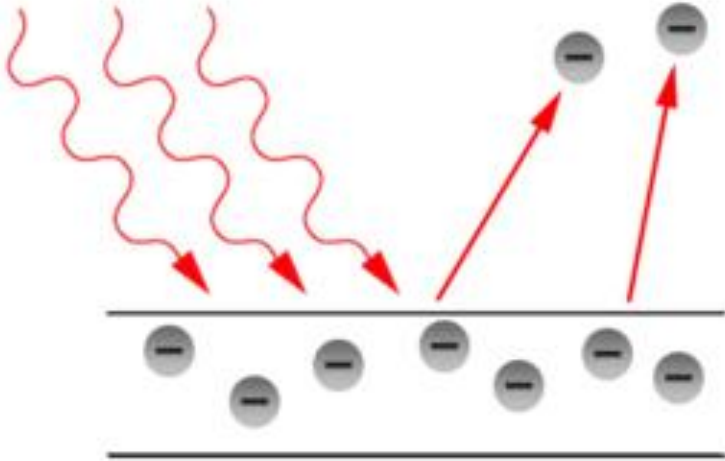
début du XXème siècle

Modèle ondulatoire d'interaction lumière-matière

Telle une onde à la surface de l'eau qui transmet énergie à une bouée en la mettant en mouvement, l'énergie lumineuse est transmise de manière continue à la matière.

D'après la conception ondulatoire de la lumière admise au début du XXème siècle, un électron libre du métal devrait absorber et accumuler de l'énergie transférée par la lumière, proportionnellement à la puissance lumineuse et la durée de l'éclairement, jusqu'à être éjecté.

Effet photoélectrique



Lumière

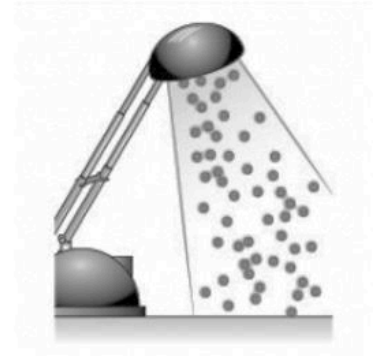
On considère que la lumière possède une **double description** :

- elle se propage comme une onde électromagnétique (Cf. **diffraction** et **interférence** des ondes);
- les échanges d'énergie avec la matière se font par paquets d'énergie, les photons. (Cf. effet photoélectrique)

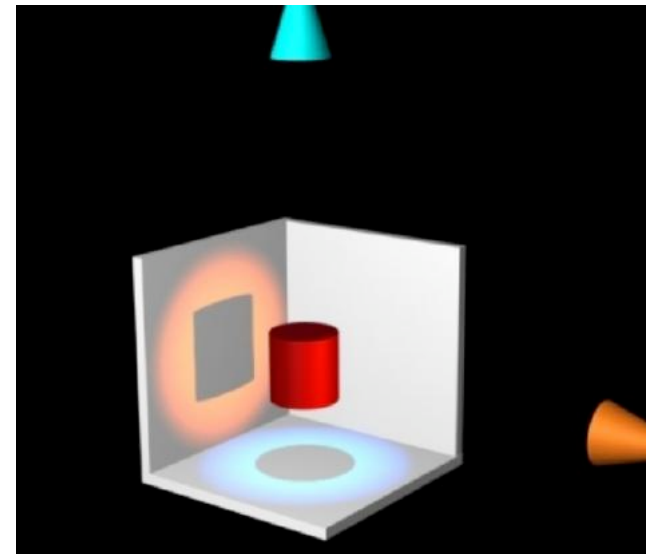
Un photon

- Est une particule d'énergie de lumière de masse nulle ($m = 0 \text{ kg}$)
- Se déplace à la vitesse de la lumière ($c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$)
- Transport une quantité d'énergie donnée par

$$E = hv \text{ avec } \begin{cases} E \text{ l'énergie transportée par le photon (en J)} \\ h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s la constante de Planck} \\ \nu = \frac{c}{\lambda} \text{ la fréquence de l'onde (en Hz)} \end{cases}$$



Dualité onde - corpuscule



Effet photoélectrique

L'effet photoélectrique est l'émission d'électrons par un matériau lorsqu'il est éclairé par un rayonnement électromagnétique.

Ce phénomène ne se produit que si la fréquence ν du rayonnement incident est supérieure à une fréquence minimale appelée fréquence seuil ν_s , caractéristique du matériau.

Le modèle particulaire de la lumière permet d'expliquer cet effet : lorsqu'un photon rencontre un électron du métal, il lui transfère toute son énergie puis disparaît. Si l'énergie transférée est suffisante ($\nu > \nu_s$), l'électron est éjecté du métal.

1. Travail d'extraction

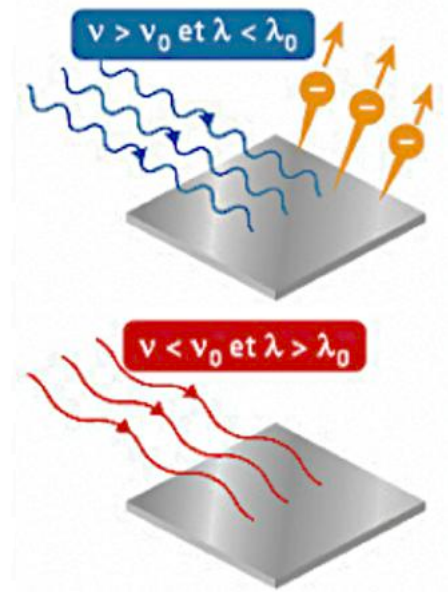
Le travail d'extraction W_{ext} (en joules) correspond à l'énergie minimal nécessaire pour arracher un électron à un métal. Cette énergie minimale est égale à l'énergie d'un photon de fréquence seuil ν_s . On a donc :

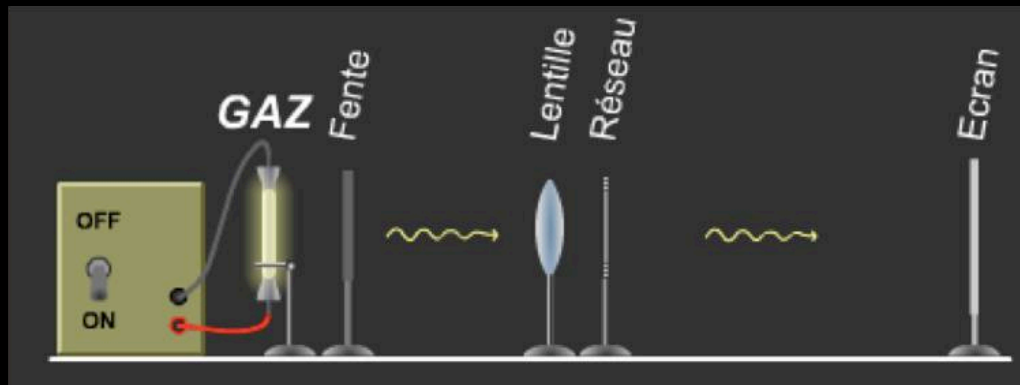
$$W_{\text{ext}} = h\nu_s$$

2. L'énergie cinétique de l'électron extrait

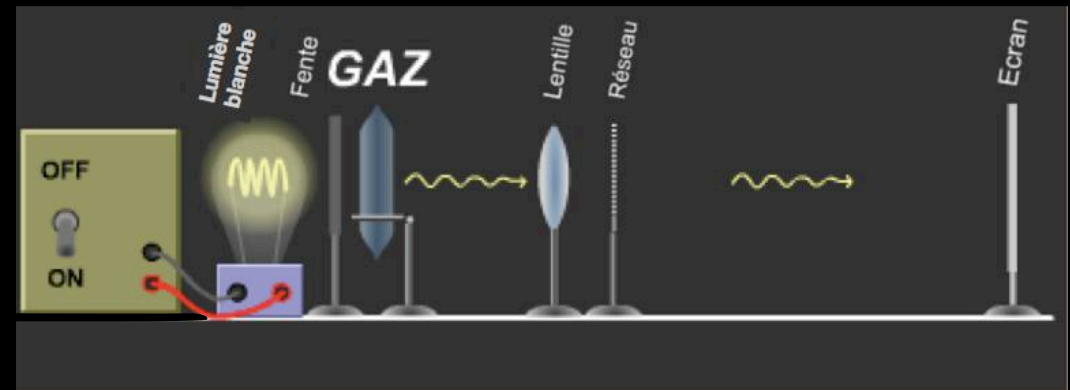
L'énergie cinétique E_c d'un électron émis par effet photoélectrique dépend de la fréquence ν du rayonnement électromagnétique incident :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = h(\nu - \nu_s) \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} E_c \text{ en J} \\ m = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg la masse de l'électron} \\ v \text{ la vitesse de l'électron en m.s}^{-1} \\ \nu \text{ et } \nu_s \text{ en Hz} \\ h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \end{array} \right.$$

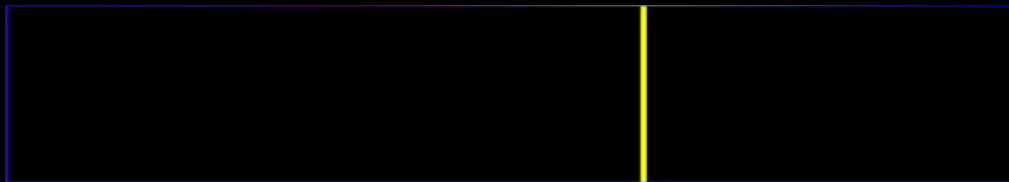




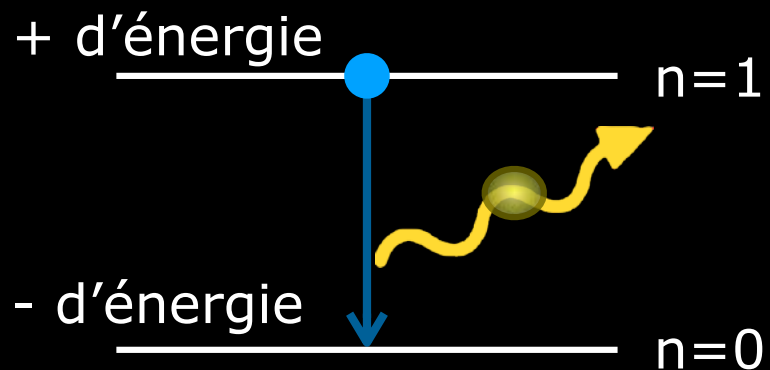
Mesure de spectre d'émission d'un gaz sous basse pression



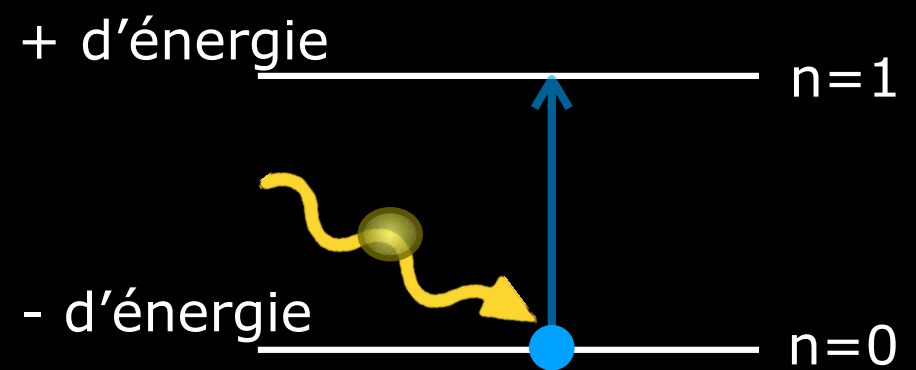
Mesure de spectre d'absorption d'un gaz sous basse pression



Les deux spectres sont complémentaires

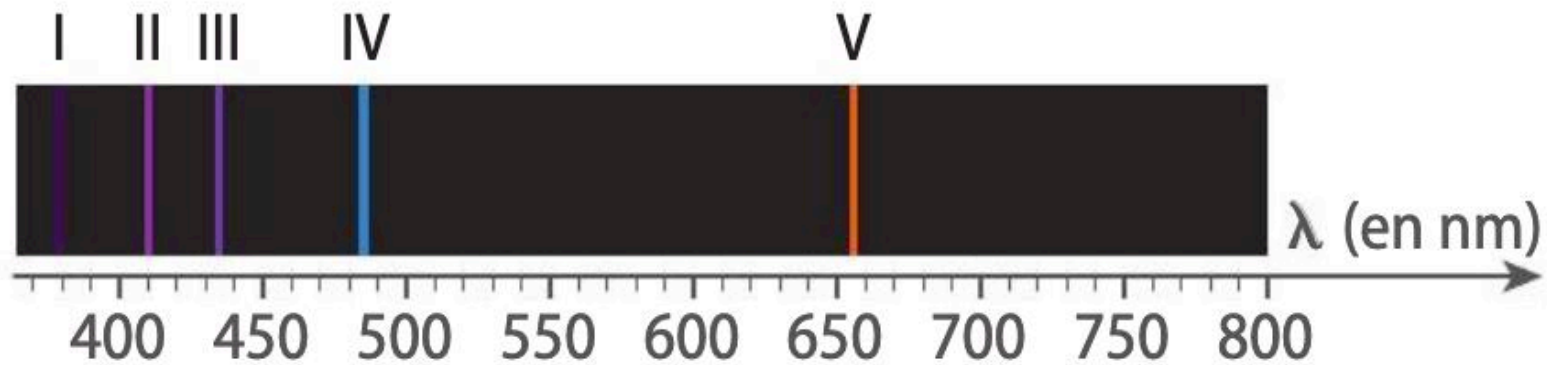


L'énergie perdue par l'électron est emportée par le photon.



L'énergie gagnée par l'électron est apportée par le photon.

Spectre d'émission de l'hydrogène entre 400 et 800 nm



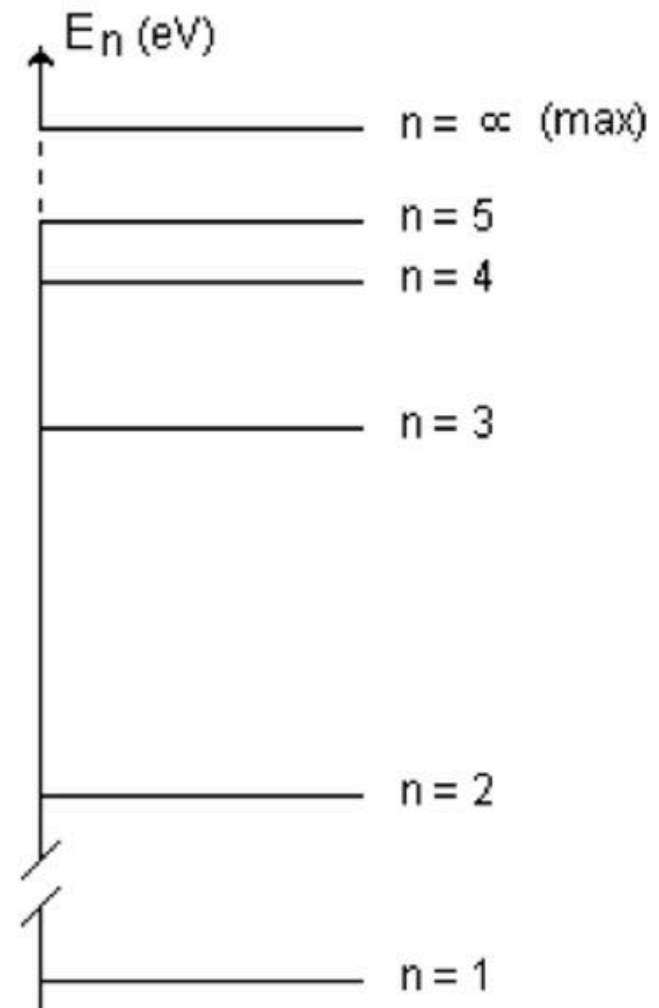
Raie	I	II	III	IV	V
λ (en nm)	397,0	410,2	434,0	486,1	656,3
$E = \frac{hc}{\lambda}$ (en meV)	3 122	3 022	2 856	2 550	1 889

Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

$$E_n = \frac{E_0}{n^2} \quad \text{où } E_0 = 13,603 \text{ eV et } n \text{ est un entier strictement positif.}$$

On a $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$. C'est une unité d'énergie adaptée au monde microscopique.

Diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène



On constate que $|E_2 - E_3| = |3,39 - 1,51|$
 $= 1,88 \text{ eV} \approx 1,9 \text{ eV}$

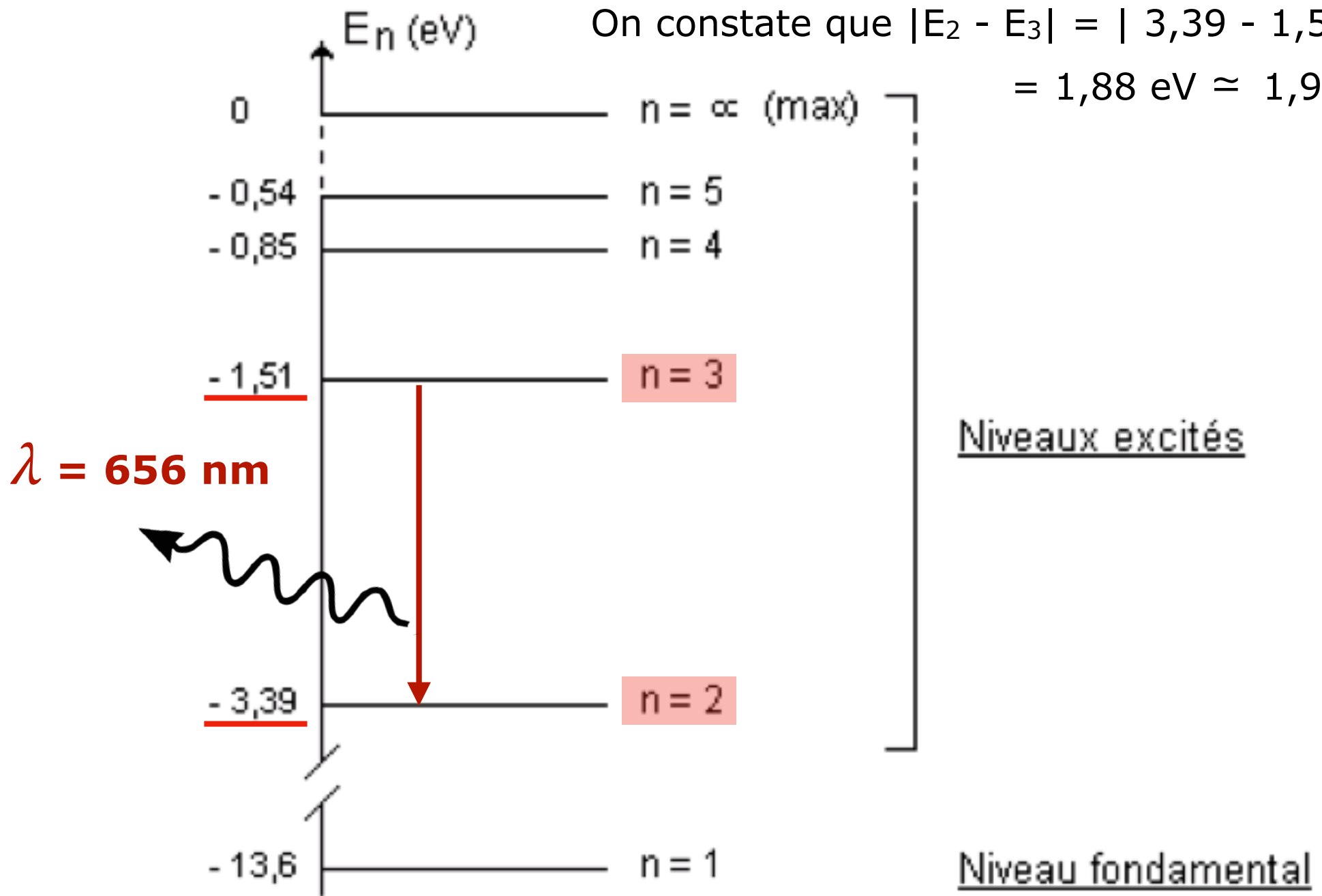


Diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

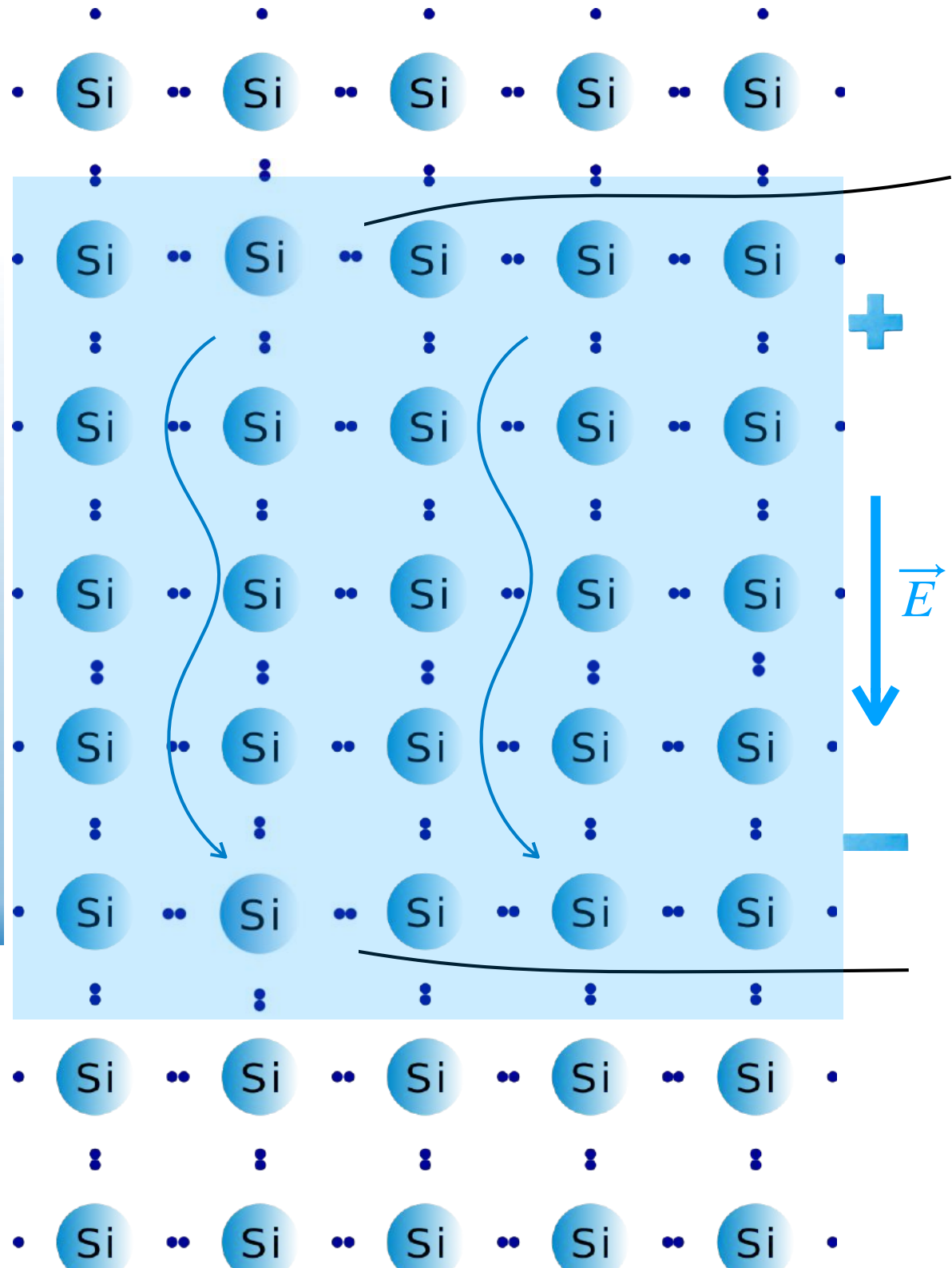
Stérilisation avec les UV-C





Une cellule photovoltaïque est constituée d'une jonction PN réalisée à partir de matériaux semi-conducteurs dopés, généralement du silicium.

Diffusion de quelques électrons de dopage N vers P



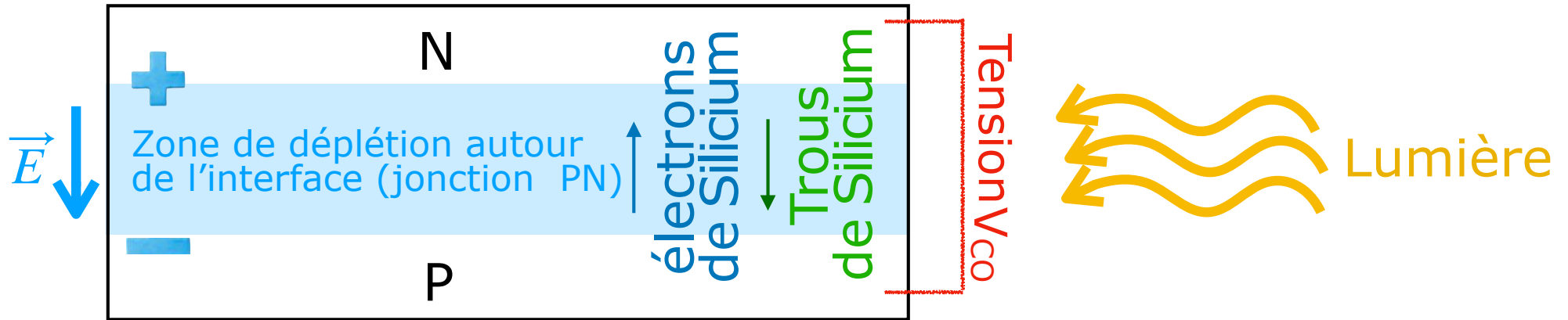
Excès d'électrons Dopage N

Zone de déplétion autour de l'interface jonction PN)

- Peu d'électrons libres et de trous (recombinaisons)
- Ions positifs côté N
- Ions négatifs côté P

Défaut d'électrons Dopage P

Jonction P-N Circuit ouvert



- Chaque photon crée une paire électron-trou dans le semi-conducteur Silicium;
- le champ électrique interne \vec{E} sépare immédiatement les charges près de la jonction ;
- les électrons sont envoyés vers N (positive)
- les trous vers P (négative).

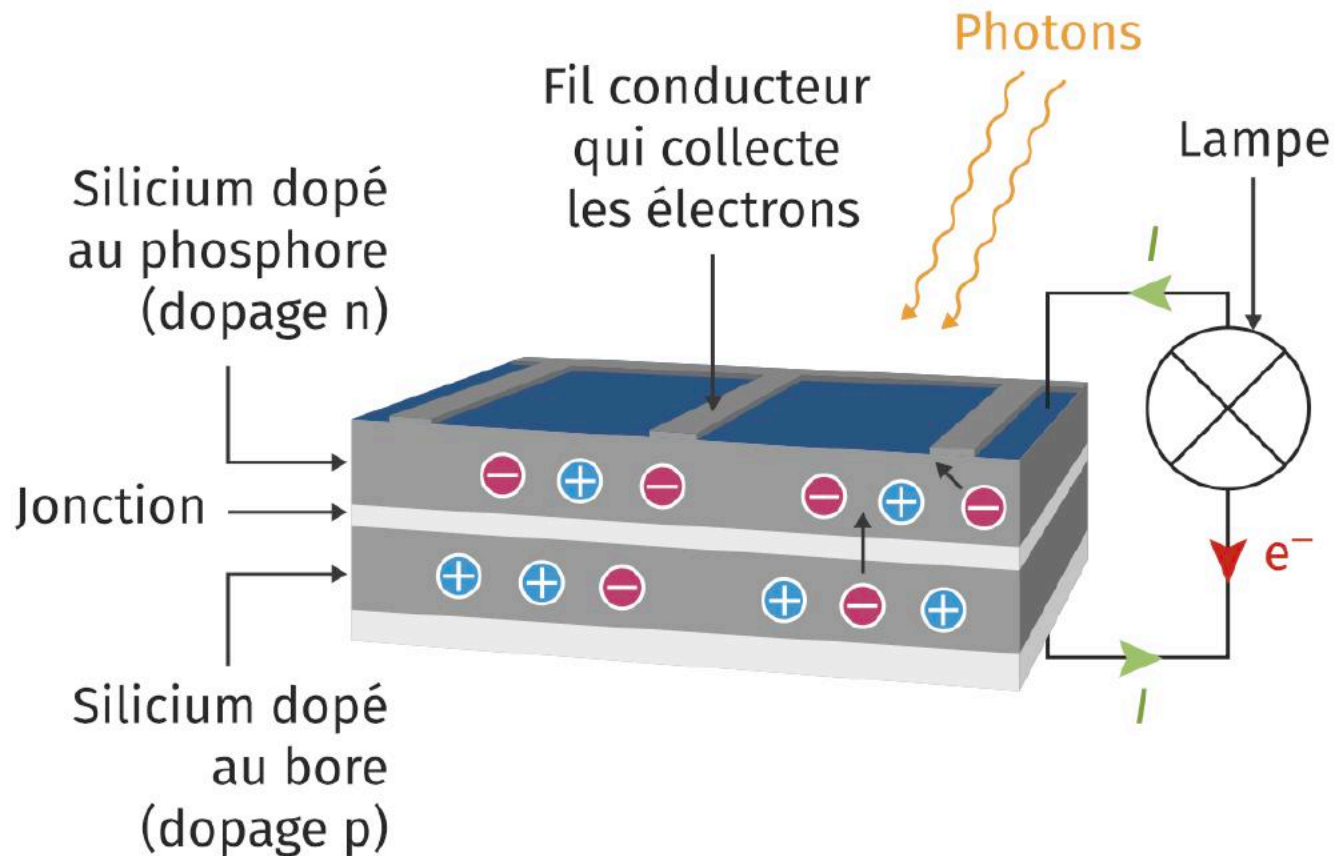
La jonction facilite alors la séparation des charges (grâce à \vec{E}).

Quand le circuit est ouvert, les porteurs photogénérés ne peuvent pas circuler dans un circuit externe.

Ils s'accumulent donc de part et d'autre de la jonction, ce qui produit une tension.

La tension ainsi créée est la tension de circuit ouvert U_{co} .

Jonction P-N Circuit fermé

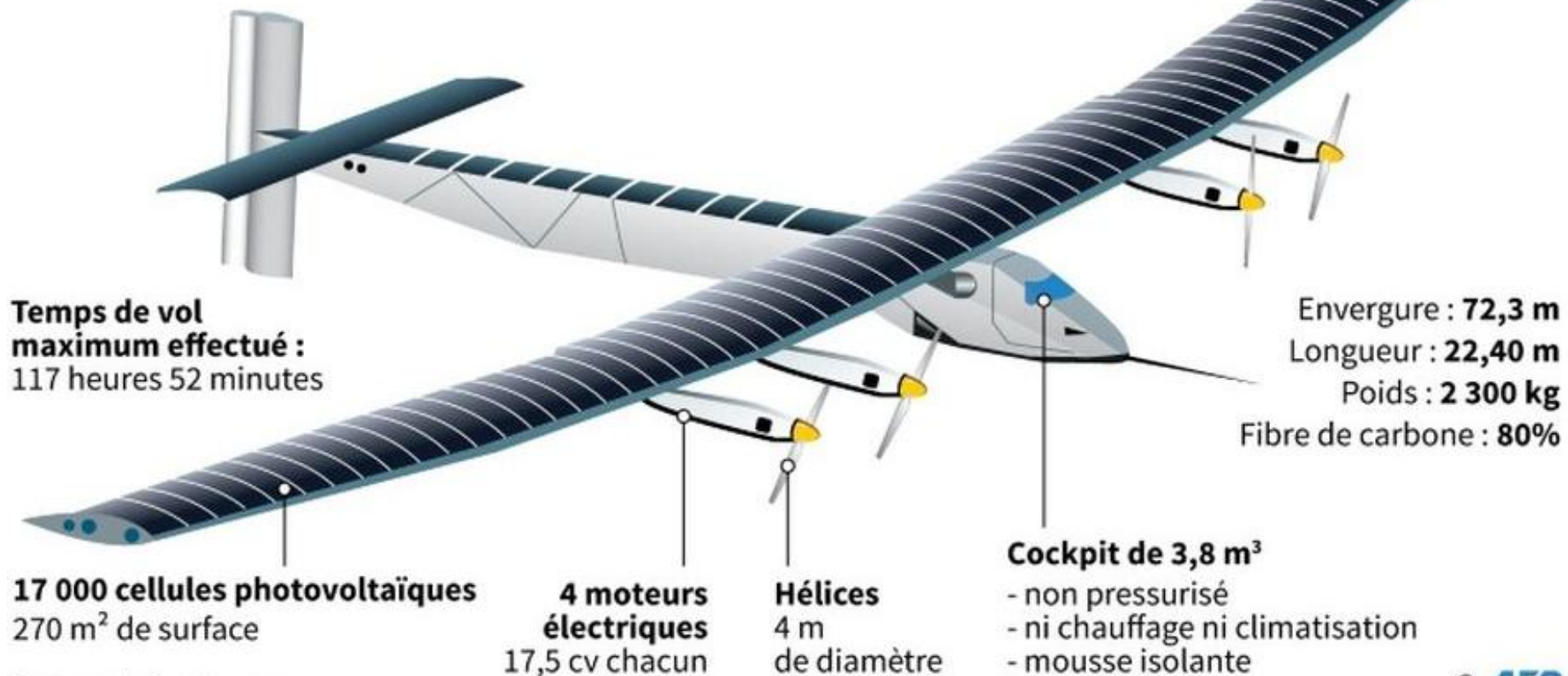


Sous éclairement :

- de nouvelles paires électron-trou sont continuellement créées ;
- le champ interne de la jonction continue de séparer les charges ;
- les électrons sont renvoyés vers N,
- les trous vers P.
- Les électrons passent par le circuit externe de N vers P
⇒ création d'un courant

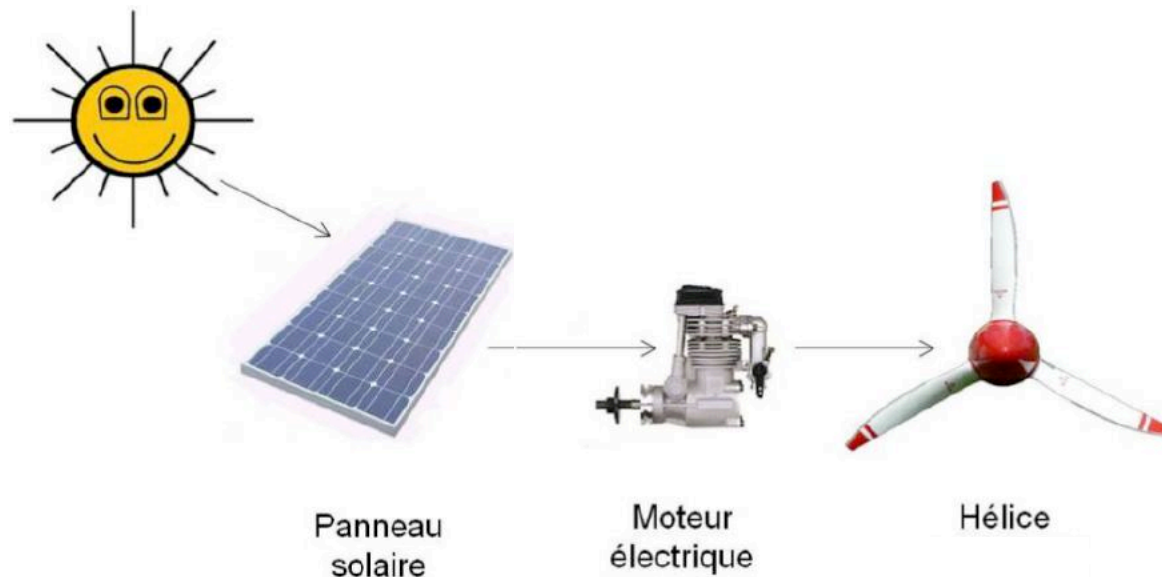
Solar Impulse 2, l'avion solaire

Après plus d'un an de vols et 43 041 km parcourus, il a bouclé son tour du monde

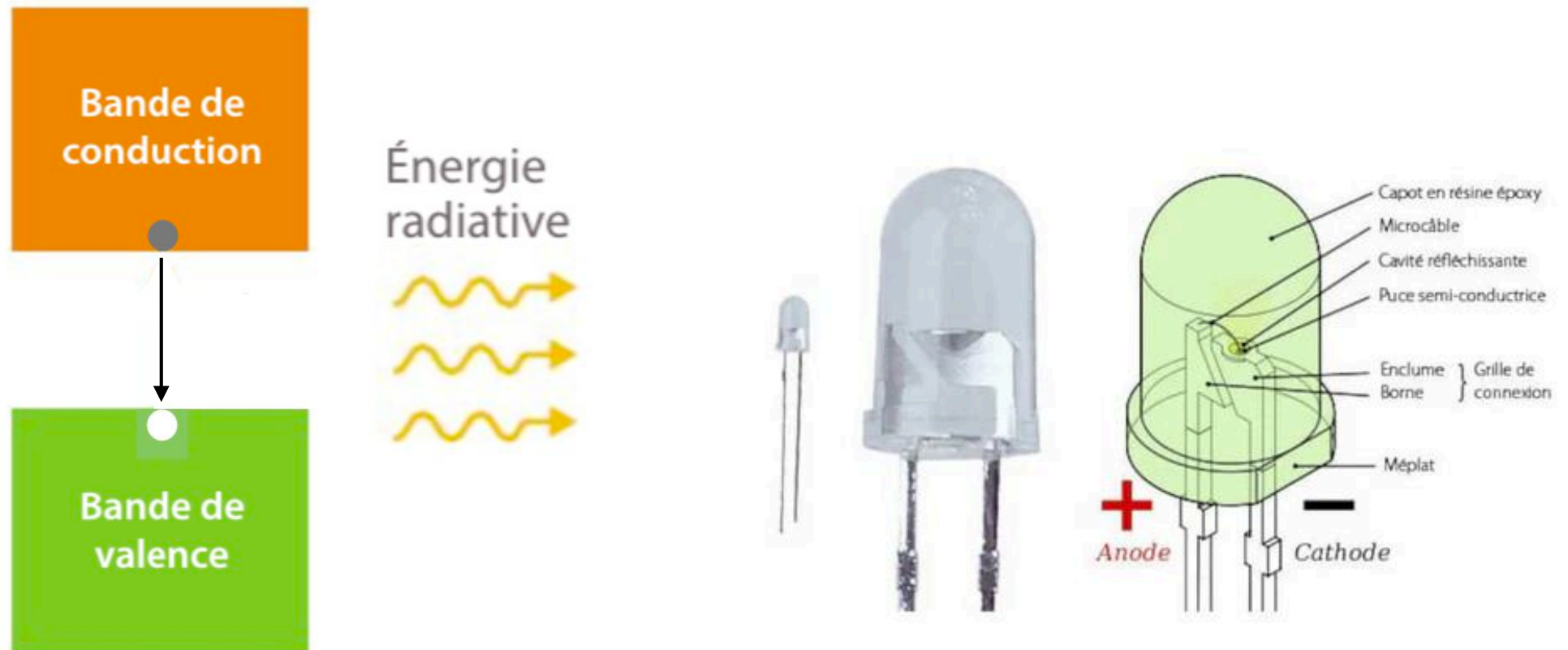


Source : solarimpulse.com

© AFP



Diode électroluminescente (DEL)



Semi-conducteur

La tension appliquée par le générateur permet à des électrons d'atteindre la bande de conduction et crée des trous dans la bande de valence.

La **spectroscopie** étudie l'absorption ou l'émission d'ondes par la matière : les longueurs d'onde absorbées ou émises permettent d'identifier les types d'atomes, les liaisons chimiques et la structure des molécules.

L'IRM utilise un principe voisin en étudiant l'interaction des ondes radio avec les noyaux d'hydrogène afin de reconstruire des images des tissus du corps humain.

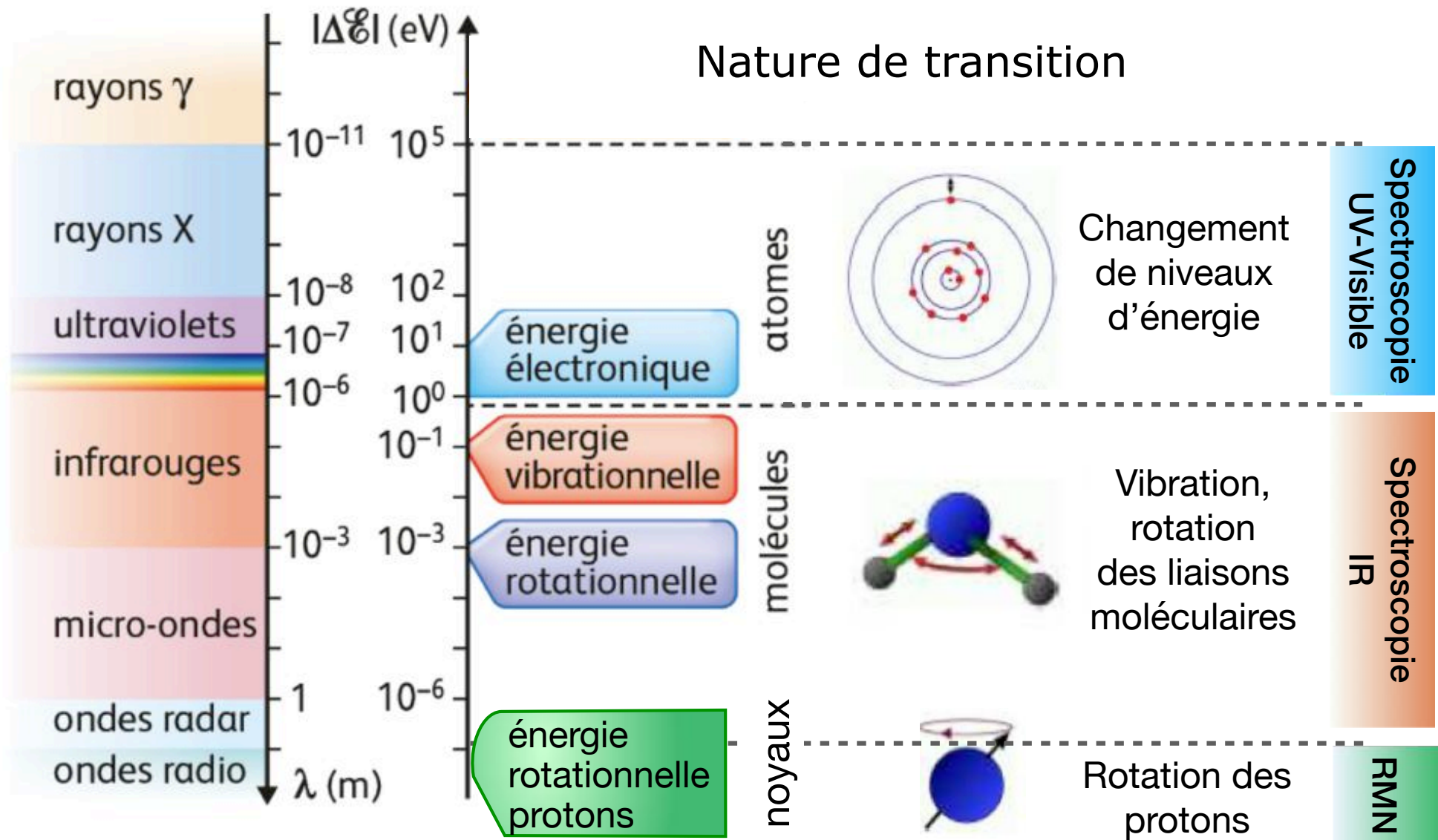


Schéma énergétique d'un atome dans une molécule

