

## Fiche professeur

THEME du programme : Observer

Sous-thème : Sources de lumière colorée

### Interaction lumière – matière : émission, absorption

Type d'activité : Activité documentaire avec débats-bilan, exercices.

Conditions de mise en œuvre :

L'ensemble de cette activité constitue un réinvestissement des connaissances sur la quantification des niveaux d'énergie de la matière et peut donc être proposé aux élèves après avoir découvert cette notion.

La partie 1.1. (l'effet photoélectrique) doit être menée sous la forme d'échanges et de débats en classe entière (durée 1h). Le but est alors d'inciter les élèves à s'exprimer oralement pour confronter leur proposition de réponse.

Le professeur pourra soit faire l'expérience de Hertz, soit projeter l'animation, soit montrer la vidéo.

Animation :

<http://www.physique.edunet.tn/kef/chapitre1effet/I-%20EXPERIENCES%20%20DE%20%20HERTZ.htm>

Vidéo :

<http://video.yahoo.com/watch/616757/2931071>

La suite (parties 1.2 et 2.) peut être traitée comme des exercices illustrant la quantification de l'énergie à faire en classe (1h) ou à faire faire à la maison (0h30 de correction en classe).

Pré-requis :

- Champ électrostatique (première S)
- Modèle corpusculaire de la lumière : le photon (première S)
- Quantification des niveaux d'énergie de la matière (première S)
- Couleur des objets (première S)
- Synthèse additive (première S)

NOTIONS ET CONTENUS	COMPETENCES ATTENDUES
Interaction lumière – matière : émission, absorption	Interpréter les échanges d'énergies entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière. Connaître les relations $\lambda=c/v$ et $\Delta E=hv$ et les utiliser pour exploiter un diagramme de niveaux d'énergie.

**Compétences transversales :** (préambule du programme et socle commun)

- mobiliser ses connaissances
- raisonner, argumenter, démontrer
- communiquer à l'oral

Mots clés de recherche : quantification des niveaux d'énergie, photon, effet photoélectrique, lampe à décharge de sodium, fluorescence

Provenance : Académie d'Orléans-Tours

Adresse du site académique : <http://physique.ac-orleans-tours.fr/php5/site/>

# Interaction Lumière Matière : émission, absorption

De façon générale, les atomes ont tendance à s'associer pour former des molécules stables par mise en commun d'électrons.

Lorsque la lumière arrive sur la matière, ces atomes et molécules peuvent réagir de diverses manières : absorption, fluorescence, transmission, réfraction, réflexion, diffusion.

Nous allons nous intéresser à deux de ces phénomènes : tout d'abord l'absorption par la matière de photons et d'électrons et ensuite la fluorescence.

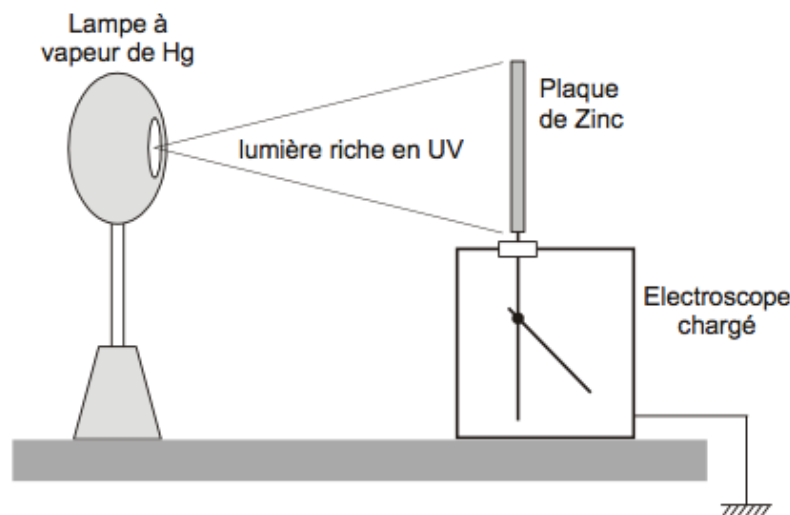
## 1. L'absorption de la lumière

### 1.1. L'effet photoélectrique

En 1839, une expérience d'Antoine Becquerel et son fils Alexandre Edmond Becquerel, présentée à l'Académie des Sciences, permet d'observer pour la première fois que si on illumine une électrode d'un dispositif composé de deux électrodes identiques plongées dans un électrolyte, il peut apparaître une différence de potentiel (ou tension électrique) entre ces deux électrodes d'environ  $10^{-4}$  V.

#### 1.1.1. Expérience de Hertz (1887)

En 1886, Heinrich **Hertz** réalise l'expérience intitulée « effet photoélectrique » : une plaque de zinc, décapée, montée sur un électroscope est chargée, puis éclairée par la lumière émise par une lampe à vapeur de mercure (émettant un rayonnement riche en UV, visible et IR) ou par une lampe à UV.



L'expérience comporte trois étapes :

1<sup>ère</sup> étape : Initialement la plaque de zinc et l'électroscope sont chargés négativement : l'aiguille de l'électroscope dévie. Puis la plaque de zinc est éclairée. Que peut-on observer ?

2<sup>ème</sup> étape : La plaque de zinc est rechargée négativement et une plaque de verre est interposée entre la lampe et le zinc.

Que peut-on observer lorsque la lampe est allumée ?

Que peut-on observer lorsqu'ensuite la plaque de verre est retirée ?

3<sup>ème</sup> étape : La plaque de zinc est chargée positivement, puis éclairée : que peut-on observer ?

### 1.1.2. Interprétation de l'expérience de Hertz

#### **La lumière, éclairant la plaque de zinc, permet d'extraire des électrons du métal : c'est l'effet photoélectrique.**

1<sup>ère</sup> étape : les électrons, une fois extraits de la lame, sont repoussés par la lame qui se charge positivement. Les charges négatives de l'électroscope viennent neutraliser les charges positives de la lame : la décharge s'effectue.

3<sup>ème</sup> étape : la plaque de zinc, chargée positivement, attire les électrons émis : la décharge n'est pas observée.

2<sup>ème</sup> étape : la lumière ayant traversé le verre n'avait plus l'énergie nécessaire (le rayonnement ultraviolet a été absorbé par le verre) pour extraire des électrons du zinc.

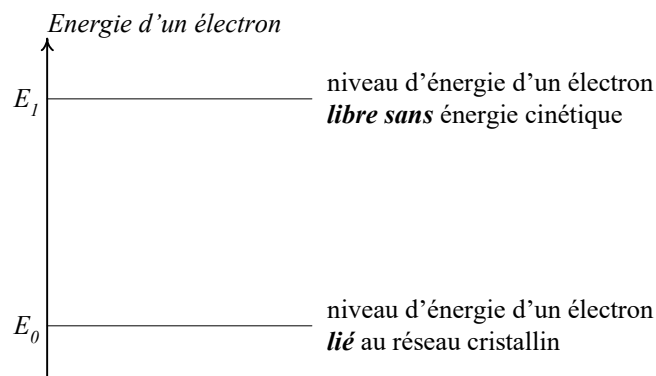
### 1.1.3. Conclusion de l'expérience de Hertz

Heinrich Hertz a alors découvert que la lumière ultraviolette provoque l'émission d'électrons à partir d'une surface métallique comme le zinc.

On peut alors se demander comment on peut extraire un électron d'un métal :

Un métal est constitué par un réseau cristallin d'ions positifs entre lesquels circulent des électrons liés au réseau, mais libres de se déplacer à l'intérieur de ce réseau.

- A l'aide du diagramme énergétique d'un électron, proposer une explication à l'effet photoélectrique.



- Quelle énergie minimale doit recevoir un électron pour être libéré ?
- L'énergie cinétique de l'électron libéré dépend-elle de l'intensité de la lumière ?

Ce sont les deux observations de H. Hertz qui contrastent avec la théorie de la lumière généralement admise à l'époque : la lumière est une onde (c'est la théorie qui permet d'expliquer une grande partie des phénomènes dans lesquels la lumière intervient comme la diffraction, les interférences ...).

### 1.1.4. Insuffisance du modèle ondulatoire : modèle corpusculaire

Pour expliquer l'effet photoélectrique, il faut renoncer au modèle ondulatoire de la Physique Classique et recourir au modèle corpusculaire de la lumière (hypothèse d'Einstein, 1905).

Modèle corpusculaire de la lumière (hypothèse d'Einstein) :

Un rayonnement électromagnétique de fréquence  $\nu$  peut être considéré comme un faisceau de particules : les photons. Chaque photon transporte l'énergie  $E = h \cdot \nu$  où  $h$  représente la constante de Planck.

Albert EINSTEIN (1879/1955), physicien allemand, reçoit en 1921 le prix Nobel de physique pour son apport à la physique théorique et particulièrement son explication de l'effet photoélectrique.

### 1.1.5. Interprétation de l'effet photoélectrique à l'aide du modèle corpusculaire

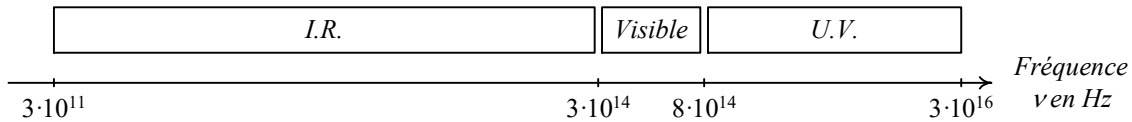
- Comment un électron peut-il acquérir de l'énergie pour devenir libre ?

#### Existence d'un seuil photoélectrique

- Quels sont les trois cas envisageables lorsqu'un électron absorbe un photon ?

#### Retour sur l'expérience de Hertz :

- Calculer la fréquence de seuil du métal zinc pour en extraire un électron sachant que l'énergie nécessaire pour libérer un électron d'un atome de zinc et le transformer en ion zinc  $Zn^+$  est  $9,394 \text{ eV}$  (cette énergie est appelée énergie de première ionisation).
- A quel type de rayonnement cette fréquence correspond-elle ?



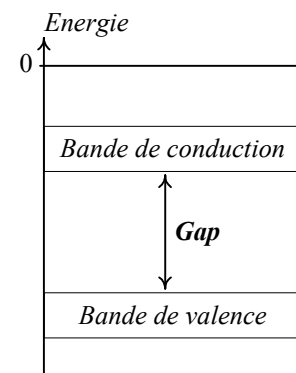
- Est-ce en accord avec l'expérience de Hertz ?

### 1.1.6. Application de l'effet photoélectrique

Le soleil est une source d'énergie inépuisable, l'exploitation de son rayonnement pour produire de l'électricité a été possible par la compréhension de l'effet photoélectrique : un panneau photovoltaïque convertit une partie de l'énergie lumineuse du soleil en énergie électrique.

Le silicium est actuellement le matériau le plus utilisé pour la fabrication de panneaux photovoltaïques. Il fait partie de la famille des matériaux semi-conducteurs dont le diagramme d'énergie des électrons est du type schématisé ci-contre.

En effet, en physique du solide, les bandes de valence et de conduction modélisent des valeurs d'énergie que peuvent prendre les électrons d'un semi-conducteur à l'intérieur de celui-ci. De façon générale, ces électrons n'ont la possibilité de prendre que des valeurs d'énergie comprises dans certains intervalles, lesquels sont séparés par des "bandes" d'énergie interdites. Cette modélisation conduit à parler de **bandes d'énergie**.



La *bande de valence* est la dernière bande de basse énergie contenant des électrons.

La *bande de conduction* est la première bande de haute énergie vide d'électrons.

Pour le silicium, l'énergie nécessaire (*Gap*) pour faire passer un électron de la bande de valence à la bande de conduction est de  $1,12 \text{ eV}$ .

- Calculer la fréquence minimale du rayonnement permettant de faire passer un électron de la bande de valence à la bande de conduction.
- A quels rayonnements les panneaux photovoltaïques en silicium sont-ils sensibles ?

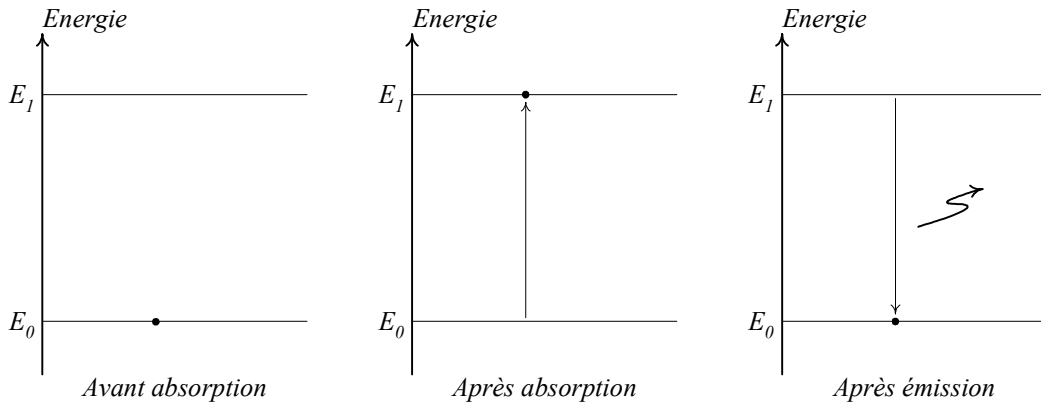
L'effet photovoltaïque illustre l'interaction de photons avec la lumière ce qui entraîne l'émission d'électrons. Nous allons maintenant étudier l'interaction d'électrons avec la matière.

## 1.2. Lampe à décharge de sodium

Ces types de lampe produisent de la lumière grâce à une décharge électrique dans un gaz, ici de la vapeur de sodium.



- Commenter chacun de ces trois diagrammes d'énergie afin d'expliquer l'émission de lumière par une lampe à décharge de sodium.



- Sachant que l'énergie de l'état fondamental est  $E_1 = -5,14 \text{ eV}$  et que l'énergie du premier état excité est  $E_2 = -3,03 \text{ eV}$ , calculer la longueur d'onde de la radiation émise.
- A quel domaine de rayonnement appartient cette radiation ?

## 2. La fluorescence

### 2.1. Cas général

Lorsque de la lumière incidente d'énergie  $E_{inc}$  arrive sur une matière fluorescente, une partie de cette énergie est gardée par la matière. Le reste,  $E_{em}$ , est réémis sous forme d'un rayonnement, le tout dans un bref intervalle de temps.

- Laquelle de ces deux énergies ( $E_{inc}$  ou  $E_{em}$ ) est la plus grande ?
- Comparer les longueurs d'onde des radiations absorbées  $\lambda_{inc}$  et émises  $\lambda_{em}$ .
- Quelle est alors la particularité de la fluorescence ?

### 2.2. Cas d'un agent azurant

Un agent azurant est une molécule qui absorbe les rayonnements électromagnétiques ultraviolets entre 300 et 400 nm de longueur d'onde et réémet ensuite cette énergie par fluorescence dans le visible entre 400 et 500 nm.

Le premier agent azurant à être utilisé industriellement a été le méthylumbellifère.

Lorsque l'on éclaire le méthylumbellifère avec une radiation ultraviolette à  $\lambda_{inc} = 340 \text{ nm}$ . La molécule garde une énergie de  $0,764 \text{ eV}$  puis réémet une radiation de longueur d'onde  $\lambda_{em}$ .

- Déterminer  $\lambda_{em}$ . A quel type de rayonnement correspond cette longueur d'onde ?

Certaines fibres naturelles telles la cellulose ont tendance à absorber dans le bleu et ont par conséquent un aspect jaunâtre.

- Pourquoi l'utilisation d'un agent azurant comme le méthylumbellifère dans une lessive permet-elle de donner au linge un « éclat de blancheur ».

### 2.3. Applications

- ✓ poudres fluorescentes utilisées dans les tubes fluorescents pour donner le fond continu au spectre de raies ;
- ✓ jouets pour enfants ;
- ✓ aiguilles de montre.

#### Données :

- Constante de Planck :  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} J \cdot s$  ;
- $1,0 eV = 1,602 \cdot 10^{-19} J$ .

# Interaction Lumière Matière : émission, absorption

## *Document professeur*

De façon générale, les atomes ont tendance à s'associer pour former des molécules stables par mise en commun d'électrons.

Lorsque la lumière arrive sur la matière, ces atomes et molécules peuvent réagir de diverses manières : absorption, fluorescence, transmission, réfraction, réflexion, diffusion.

Nous allons nous intéresser à deux de ces phénomènes : tout d'abord l'absorption par la matière de photons et d'électrons et ensuite la fluorescence.

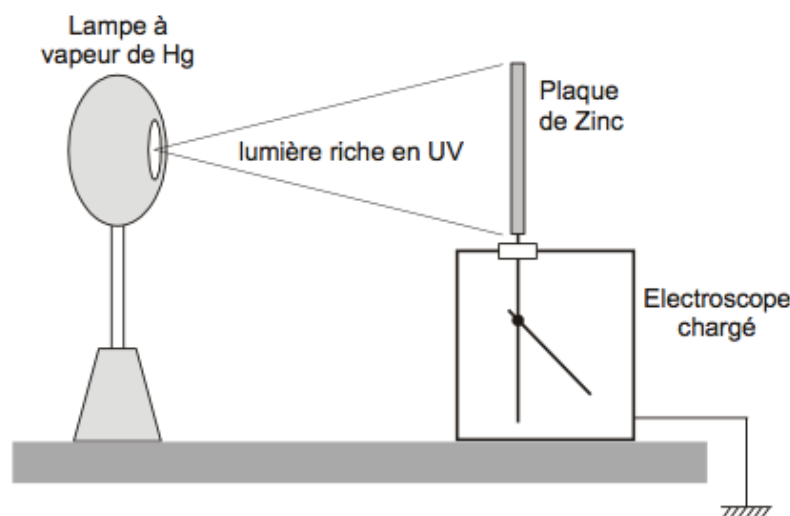
### 1. L'absorption de la lumière

#### 1.1. L'effet photoélectrique

En 1839, une expérience d'Antoine Becquerel et son fils, présentée à l'Académie des Sciences, permet d'observer pour la première fois que le comportement électrique d'électrodes de platine et de cuivre immergées dans une solution électrolytique acide est modifié par un éclairage.

##### 1.1.1. Expérience de Hertz (1887)

En 1886, Heinrich **Hertz** réalise l'expérience intitulée « effet photoélectrique » : une plaque de zinc, décapée, montée sur un électroscope est chargée, puis éclairée par la lumière émise par une lampe à vapeur de mercure (émettant un rayonnement riche en UV, visible et IR) ou par une lampe à UV.



L'expérience comporte trois étapes :

1<sup>ère</sup> étape : Initialement la plaque de zinc et l'électroscope sont chargés négativement : l'aiguille de l'électroscope dévie. Puis la plaque de zinc est éclairée. Que peut-on observer ?  
**Décharge de l'électroscope.**

2<sup>ème</sup> étape : La plaque de zinc est rechargée négativement et une plaque de verre est interposée entre la lampe et le zinc.

Que peut-on observer lorsque la lampe est allumée ? **Pas de décharge de l'électroscope.**

Que peut-on observer lorsqu'ensuite la plaque de verre est retirée ? **Décharge de l'électroscope.**

3<sup>ème</sup> étape : La plaque de zinc est chargée positivement, puis éclairée : que peut-on observer ?  
**Pas de décharge de l'électroscope.**

### 1.1.2. Interprétation de l'expérience de Hertz

#### **La lumière, éclairant la plaque de zinc, permet d'extraire des électrons du métal : c'est l'effet photoélectrique.**

1<sup>ère</sup> étape : les électrons, une fois extraits de la lame, sont repoussés par la lame qui se charge positivement. Les charges négatives de l'électroscope viennent neutraliser les charges positives de la lame : la décharge s'effectue.

3<sup>ème</sup> étape : la plaque de zinc, chargée positivement, attire les électrons émis : la décharge n'est pas observée.

2<sup>ème</sup> étape : la lumière ayant traversé le verre n'avait plus l'énergie nécessaire (le rayonnement ultraviolet a été absorbé par le verre) pour extraire des électrons du zinc.

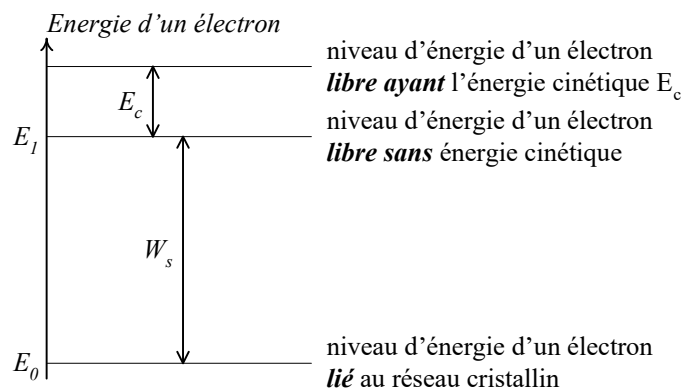
### 1.1.3. Conclusion de l'expérience de Hertz

Heinrich Hertz a alors découvert que la lumière ultraviolette provoque l'émission d'électrons à partir d'une surface métallique comme le zinc.

On peut alors se demander comment on peut extraire un électron d'un métal :

Un métal est constitué par un réseau cristallin d'ions positifs entre lesquels circulent des électrons liés au réseau, mais libres de se déplacer à l'intérieur de ce réseau.

- A l'aide du diagramme énergétique d'un électron, proposer une explication à l'effet photoélectrique.



Pour extraire un électron, il faut lui fournir une énergie  $W_s$ , appelée **travail de sortie** ou **travail d'extraction** ( $W_s$  représente l'énergie de liaison de l'électron au réseau métallique).

Schéma complété lors de la mise en commun.

Le diagramme énergétique illustre que :

- c'est à l'intérieur du métal que l'électron a le moins d'énergie, car il est lié au réseau ;
- lorsque l'électron a capté l'énergie  $E = W_s$ , il est sorti du métal, mais il est au repos ( $E_c = 0$ ) ;
- lorsque l'électron a capté une énergie  $E > W_s$ , il est sorti du métal et a une énergie cinétique  $E_c = E - W_s$ .
- Quelle énergie minimale doit recevoir un électron pour être libéré ?

On pourrait s'attendre à ce qu'un faisceau de forte puissance apporte l'énergie suffisante pour extraire des électrons. Mais l'expérience montre qu'il existe une valeur minimale d'énergie caractéristique de la surface métallique, en dessous de laquelle aucun électron n'est éjecté, quelle que soit l'intensité de la radiation.

- L'énergie cinétique de l'électron libéré dépend-elle de l'intensité de la lumière ?

L'énergie cinétique des électrons éjectés ne dépend pas de l'intensité de la lumière uniquement de l'énergie captée.



Ce sont les deux observations de H. Hertz qui contrastent avec la théorie de la lumière généralement admise à l'époque : la lumière est une onde (c'est la théorie qui permet d'expliquer une grande partie des phénomènes dans lesquels la lumière intervient comme la diffraction, les interférences ...).

#### 1.1.4. Insuffisance du modèle ondulatoire : modèle corpusculaire

Pour expliquer l'effet photoélectrique, il faut renoncer au modèle ondulatoire de la Physique Classique et recourir au modèle corpusculaire de la lumière (hypothèse d'Einstein, 1905).

Modèle corpusculaire de la lumière (hypothèse d'Einstein) :

Un rayonnement électromagnétique de fréquence  $\nu$  peut être considéré comme un faisceau de particules : les photons. Chaque photon transporte l'énergie  $E = h \cdot \nu$  où  $h$  représente la constante de Planck.

Albert EINSTEIN (1879/1955), physicien allemand, reçoit en 1921 le prix Nobel de physique pour son apport à la physique théorique et particulièrement son explication de l'effet photoélectrique.

#### 1.1.5. Interprétation de l'effet photoélectrique à l'aide du modèle corpusculaire

- Comment un électron peut-il acquérir de l'énergie pour devenir libre ?

Considérons un photon d'énergie  $E = h \cdot \nu$  pénétrant dans un métal. Sur son parcours, il peut éventuellement rencontrer un électron et être absorbé par l'électron. Il cède alors toute son énergie à l'électron. Le phénomène est quasi instantané ( $< 10^{-9}$  s).

L'effet photoélectrique est une interaction entre un photon et un électron.

#### Existence d'un seuil photoélectrique

- Quels sont les trois cas envisageables lorsqu'un électron absorbe un photon ?

1. L'énergie du photon est égale au travail de sortie de l'électron  $\Leftrightarrow h \cdot \nu = W_s$ . L'énergie du photon suffit tout juste à expulser l'électron hors du métal. La fréquence correspond alors la fréquence de seuil du métal :  $\nu = \nu_s = \frac{W_s}{h}$ .

2. L'énergie du photon est inférieure au travail de sortie  $\Leftrightarrow h \cdot \nu < W_s \Leftrightarrow \nu < \nu_s$ . L'électron capte une énergie  $h \cdot \nu$  insuffisante pour sortie du métal : il reste prisonnier du réseau métallique.

3. L'énergie du photon est supérieure au travail de sortie  $\Leftrightarrow h \cdot \nu > W_s \Leftrightarrow \nu > \nu_s$ . L'électron capte l'énergie  $h \cdot \nu$ . Une partie,  $W_s$  de cette énergie sert à libérer l'électron du réseau métallique ; l'électron conserve l'excédent sous forme d'énergie cinétique  $E_c$  :

$$E = h \cdot \nu = E_c + W \Leftrightarrow E_c = h \cdot \nu - W = h \cdot \nu - h \cdot \nu_s = h \cdot (\nu - \nu_s)$$

#### Retour sur l'expérience de Hertz :

- Calculer la fréquence de seuil du métal zinc pour en extraire un électron sachant que l'énergie nécessaire pour libérer un électron d'un atome de zinc et le transformer en ion zinc  $Zn^+$  est  $9,394 \text{ eV}$  (cette énergie est appelée énergie de première ionisation).

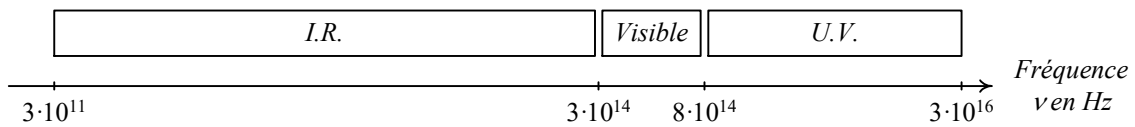
L'énergie minimale nécessaire pour extraire un électron est :

$$W_s = 9,394 \text{ eV} = (9,394 \times 1,602 \cdot 10^{-19}) \text{ J} = 1,505 \cdot 10^{-18} \text{ J}.$$

Cette énergie doit être apportée par un photon de même énergie donc  $W_s = E = h \cdot \nu_s$ .

$$\text{La fréquence } \nu_s \text{ du photon doit donc être de } \nu_s = \frac{E}{h} = \frac{1,505 \cdot 10^{-18}}{6,626 \cdot 10^{-34}} = 2,271 \cdot 10^{15} \text{ Hz}.$$

- A quel type de rayonnement cette fréquence correspond-elle ?



$2,271 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$  est la fréquence seuil, minimale : il faut donc éclairer la plaque de zinc avec un rayonnement *U.V.* pour extraire des électrons.

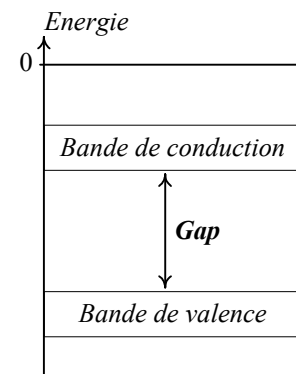
- Est-ce en accord avec l'expérience de Hertz ? **Oui.**

### 1.1.6. Application de l'effet photoélectrique

Le soleil est une source d'énergie inépuisable, l'exploitation de son rayonnement pour produire de l'électricité a été possible par la compréhension de l'effet photoélectrique : un panneau photovoltaïque convertit une partie de l'énergie lumineuse du soleil en énergie électrique.

Le silicium est actuellement le matériau le plus utilisé pour la fabrication de panneaux photovoltaïques. Il fait partie de la famille des matériaux semi-conducteurs dont le diagramme d'énergie des électrons est du type schématisé ci-contre.

En effet, en physique du solide, les bandes de valence et de conduction modélisent des valeurs d'énergie que peuvent prendre les électrons d'un semi-conducteur à l'intérieur de celui-ci. De façon générale, ces électrons n'ont la possibilité de prendre que des valeurs d'énergie comprises dans certains intervalles, lesquels sont séparés par des "bandes" d'énergie interdites. Cette modélisation conduit à parler de **bandes d'énergie**.



La *bande de valence* est la dernière bande de basse énergie contenant des électrons.

La *bande de conduction* est la première bande de haute énergie vide d'électrons.

Pour le silicium, l'énergie nécessaire (*Gap*) pour faire passer un électron de la bande de valence à la bande de conduction est de  $1,12 \text{ eV}$ .

- Calculer la fréquence minimale du rayonnement permettant de faire passer un électron de la bande de valence à la bande de conduction.

$$\nu = \frac{E}{h} = \frac{1,12 \times 1,602 \cdot 10^{-19}}{6,626 \cdot 10^{-34}} = 2,71 \cdot 10^{14} \text{ Hz} .$$

- A quels rayonnements les panneaux photovoltaïques en silicium sont-ils sensibles ?

**Donc les rayonnements visibles et *U.V.* ont une énergie suffisante pour libérer des électrons du silicium.**

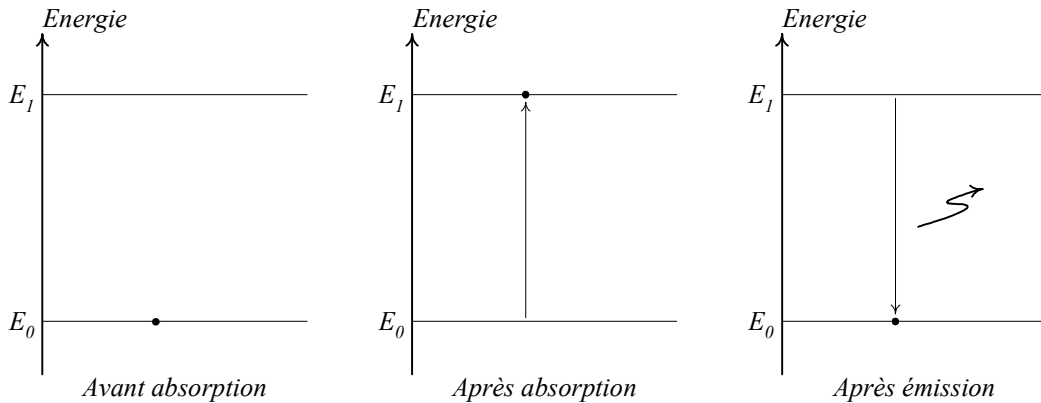
L'effet photovoltaïque illustre l'interaction de photons avec la lumière ce qui entraîne l'émission d'électrons. Nous allons maintenant étudier l'interaction d'électrons avec la matière.

## 1.2. Lampe à décharge de sodium

Ces types de lampe produisent de la lumière grâce à une décharge électrique dans un gaz, ici de la vapeur de sodium.



- Commenter chacun de ces trois diagrammes d'énergie afin d'expliquer l'émission de lumière par une lampe à décharge de sodium.



Avant absorption, les électrons du sodium sont dans leur état fondamental, stable  $E_0$ .

Après un choc avec un électron émis par une cathode à l'extrémité du tube, les électrons des atomes de sodium absorbent de l'énergie et se retrouvent dans un niveau d'excitation peu stable  $E_1$ .

C'est en retombant dans un état plus stable que de l'énergie est émise sous forme de rayonnement lumineux dont la longueur d'onde dépend de la variation d'énergie.

- Sachant que l'énergie de l'état fondamental est  $E_1 = -5,14 \text{ eV}$  et que l'énergie du premier état excité est  $E_2 = -3,03 \text{ eV}$ , calculer la longueur d'onde de la radiation émise.

$$E_1 - E_0 = \frac{h \cdot c}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E_1 - E_0} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{(-3,03 + 5,14) \times 1,602 \cdot 10^{-19}} = 589 \text{ nm}.$$

- A quel domaine de rayonnement appartient cette radiation ?

Rayonnement visible, lumière orangée.

## 2. La fluorescence

### 2.1. Cas général

Lorsque de la lumière incidente d'énergie  $E_{inc}$  arrive sur une matière fluorescente, une partie de cette énergie est gardée par la matière. Le reste,  $E_{em}$ , est réémis sous forme d'un rayonnement, le tout dans un bref intervalle de temps.

- Laquelle de ces deux énergies ( $E_{inc}$  ou  $E_{em}$ ) est la plus grande ?

Une partie de l'énergie est gardée par la molécule, donc  $E_{em} < E_{inc}$ .

- Comparer les longueurs d'onde des radiations absorbées  $\lambda_{inc}$  et émises  $\lambda_{em}$ .

On a  $E_{em} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{em}}$  et  $E_{inc} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{inc}}$ . Or  $E_{em} < E_{inc}$ , donc  $\frac{h \cdot c}{\lambda_{em}} < \frac{h \cdot c}{\lambda_{inc}} \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{em}} < \frac{1}{\lambda_{inc}} \Rightarrow \lambda_{em} > \lambda_{inc}$ .

- Quelle est alors la particularité de la fluorescence ?

Une absorption dans une couleur pourra conduire à l'émission d'une autre couleur de longueur d'onde plus grande.

## 2.2. Cas d'un agent azurant

Un agent azurant est une molécule qui absorbe les rayonnements électromagnétiques ultraviolets entre 300 et 400 nm de longueur d'onde et réémet ensuite cette énergie par fluorescence dans le visible entre 400 et 500 nm.

Le premier agent azurant à être utilisé industriellement a été le méthylumbelliféron.

Lorsque l'on éclaire le méthylumbelliféron avec une radiation ultraviolette à  $\lambda_{inc} = 340 \text{ nm}$ . La molécule garde une énergie de 0,764 eV puis réémet une radiation de longueur d'onde  $\lambda_{em}$ .

- Déterminer  $\lambda_{em}$ . A quel type de rayonnement correspond cette longueur d'onde ?

$$\text{On a } E_{inc} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{inc}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{340 \cdot 10^{-9}} = 5,85 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,65 \text{ eV} .$$

$$\text{Or, } E_{em} = E_{inc} - 0,764 = 3,65 - 0,764 = 2,89 \text{ eV} , \text{ ainsi comme } E_{em} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{em}} \text{ et } \lambda_{em} = \frac{h \cdot c}{E_{em}} , \text{ on}$$

$$\text{obtient } \lambda_{em} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{2,89 \times 1,602 \cdot 10^{-19}} = 429 \text{ nm} .$$

Cette longueur d'onde correspond à une radiation visible de couleur bleue.

Certaines fibres naturelles telles la cellulose ont tendance à absorber dans le bleu et ont par conséquent un aspect jaunâtre.

- Pourquoi l'utilisation d'un agent azurant comme le méthylumbelliféron dans une lessive permet-elle de donner au linge un « éclat de blancheur ».

Un agent azurant peut être ajouté à une lessive afin de compléter la gamme de lumière visible. En effet, la couleur blanche vue par l'œil humain est une combinaison de toutes les longueurs d'onde du visible.

## 2.3. Applications

- ✓ poudres fluorescentes utilisées dans les tubes fluorescents pour donner le fond continu au spectre de raies ;
- ✓ jouets pour enfants ;
- ✓ aiguilles de montre.

Données :

- Constante de Planck :  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  ;
- $1,0 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .