

LP.14 Interaction lumière matière

Tim

Niveau : Terminale spécialité

Pré-requis :

- Notions d'ondes (longueur d'onde, Intensité) (1ère spé)
- Notion de photons et d'énergie de photon (1ère spé)
- Niveaux d'énergie atomiques (1ère spé)
- Onde lumineuse, diffraction, interférence (term spé)
- Electricité : tension, courant, puissance électrique (term spé)

Difficultés :

- Notion d'onde difficile à se représenter pour la lumière
- Faire la différence entre transport d'énergie et transport de matière
- Dualité onde-corpuscule difficile à interpréter

Activité :

- TP : rendement de cellule photovoltaïque
- TD : Etude du laser et de l'émission spontanée

Biblio :

—

Plan proposé

1	Nature de la lumière	2
1.1	Approche historique	2
1.2	Effet photoélectrique	2
1.3	Effet de seuil : travail d'extraction	2
2	Phénomène d'absorption et d'émission	2
3	Fonctionnement d'un panneau photovoltaïque	3
4	Modèle corpusculaire de la lumière	4
4.1	Emission et absorption d'un photon	5
4.2	Application : Loi de Beer Lambert	6
4.3	Effet photoélectrique	6
5	Applications	7
5.1	Cellules photovoltaïques	7
5.2	Rendement d'une cellule photovoltaïque	7
5.3	Autres applications	7

Intro pédagogique

Physique science expérimentale par des expériences. Leçon historique et expérimentale (culture scientifique).

Etude du rendement du panneau photovoltaïque Emission spontanée dans une leçon suivante

Leçon

Intro

Lumière = onde qui se propage dans l'espace, diffraction et interférences
Mais interaction lumière matière utilisée par physiciens chimistes
lumière utilisée pour récupérer de l'énergie

1 Nature de la lumière

1.1 Approche historique

1. 1690 → Huygens : figures d'interférences → caractère ondulatoire
2. 1704 → Newton : Reflexion dans un miroir → caractère particulaire

1.2 Effet photoélectrique

Expérience de Hertz : [Plaque de zinc + ébonite frottée écartement de la tige. Avec éclairage, la tige se rabat] : lampe à mercure : envoie de la lumière qui interagit avec la plaque de zinc. Avec une plaque en verre : pas de rayons UV et rien ne se passe.

Caractère ondulatoire : Plus la lumière est intense et plus l'énergie cinétique des photons est grande. // Caractère particulaire : Plus la fréquence augmente, plus l'énergie cinétique est grande → Fréquence seuil (dans les 2 expériences)

Einstein : 1909 : Lumière = onde et particule (photon) : $E_{\text{photon}} = h\nu$ avec $h = 6.627 \times 10^{-34}$ constante de Planck

1.3 Effet de seuil : travail d'extraction

$$E_{\text{photon}} = E_{\text{electron}} + W_s \text{ avec } W_s \text{ travail d'extraction}$$

[diapo : avec W_s et E_c en fct de ν] : $h\nu_s = W_s$ on trouve fréquence seuil (normal que le verre empêche car verre absorbe en dessous de 380nm)

2 Phénomène d'absorption et d'émission

Absorption et émission : niveaux d'énergie initial et final. Dessin dans les 2 cas, $h\nu = E_f - E_i$

[Site avec spectres d'émission et d'absorption des éléments : physique.ostralo.net]

3 Fonctionnement d'un panneau photovoltaïque

Silicium poly cristallin [changement de resistance : U et i varient donc on trace $P=UI = f(U)$] Puissance maximum (déterminée par dérivée)

Conclusion

Science c'est expérimentale : débat scientifique et expérience pour avancer

Questions/Réponses

Questions	Réponses
<i>Expérience du miroir de Newton</i>	??
<i>Lumière qui transporte autre chose que l'énergie?</i>	
<i>Raie apparait en emission spontanée?</i>	faible émission quand absorption, photon émis dans tous les directions en émission spontanée
<i>Raies d'absorption grosses bandes en solide</i>	Différents états de la matière
<i>Bandes?</i>	Plusieurs atomes

Debrief

Aspects historiques trop vagues
Pression de radiation dans une leçon du supérieur
Pas de laser dans le programme (dans le etc... ou pas!)

Proposé par Léo **Niveau** :Term spé

Pré-requis :

- Aspect ondulatoire de la lumière (lien λ , T , c , ν) (1ère)
- Aspect corpusculaire de la lumière (photon et énergie) (1ère)
- Quantification de l'énergie d'un atome (1ère)
- Spectres d'émission et d'absorption (1ère)
- Energie cinétique

Difficultés :

—

Activité :

—

Biblio :

- Term spé le livre scolaire
- 1ère spé Belin
- Term spé Belin

Plan proposé

Intro pédagogique

Retour sur la notion de photon et d'énergie quantifiée (spectres) pour effectuer un rappel aux élèves (programme spiralaire) et utiliser ces notions pour étudier l'effet photo-électrique

Leçon

Intro

[manip effet photoélectrique :] On est capable de créer une tension avec l'éclairement par la lumière. Il y a une interaction entre la lumière et la matière. On va voir ça dans ce cours.

4 Modèle corpusculaire de la lumière

Vous avez déjà vu que la lumière pouvait être décrite comme une particule et comme une onde l'année dernière. Ce fut un débat historique, et aujourd'hui la communauté scientifique s'accorde à dire que la lumière est à la fois une onde et une particule. On va revenir sur ces notions, et également sur l'énergie quantifiée de la matière.

Le **photon**, qui nous intéresse ici, est la particule élémentaire associée aux ondes électromagnétiques. Dans le vide, sa vitesse est de $c=3.00 \times 10^8$ m/s. Son énergie est

$$E = h\nu = \frac{h \times c}{\lambda}$$

avec E en Joule, h constante de Planck égale à $h=6.63 \times 10^{-34}$ J.s, ν fréquence de l'onde électromagnétique en Hz et λ longueur d'onde de l'onde en m

4.1 Emission et absorption d'un photon

Rappel : l'énergie des atomes est quantifiée

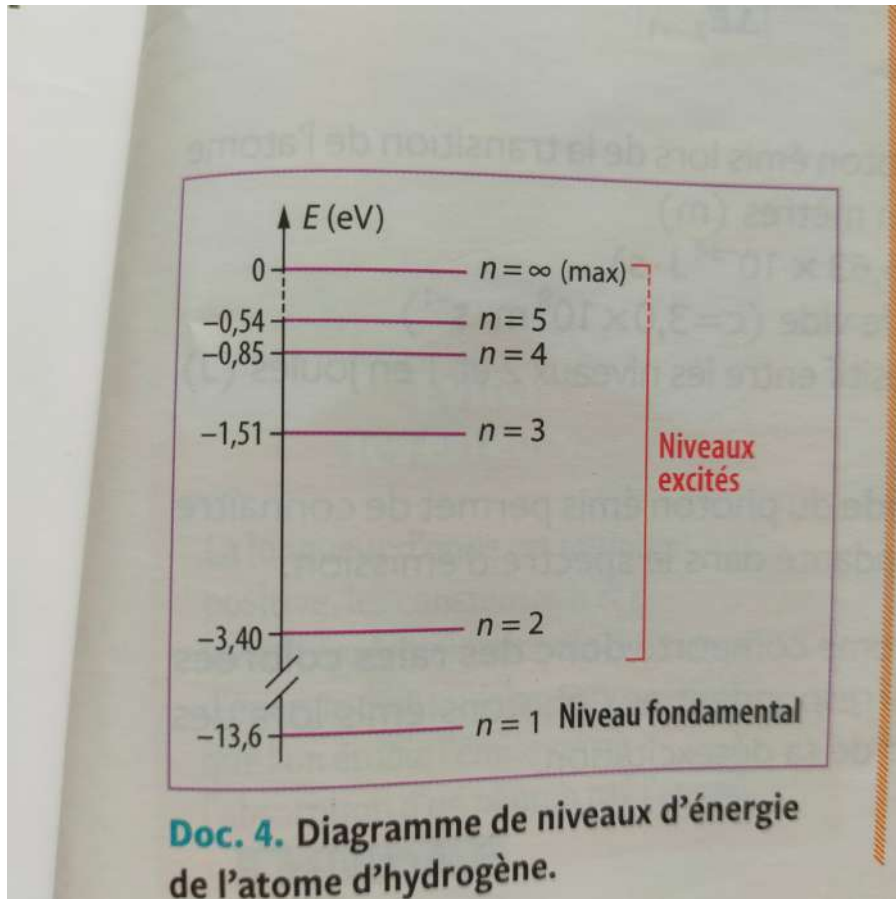


Figure 1 – Energie de l'atome d'hydrogène (1ère Belin)

Deux phénomènes :

- **Emission** : Lorsqu'une entité chimique passe d'un niveau énergétique E_n à un état d'énergie final inférieur E_m . La différence d'énergie. Il y a alors émission d'un photon dont l'énergie correspond à la différence d'énergie : $\Delta E = |E_m - E_n|$
- **Absorption** : Lorsqu'une entité absorbe un photon, alors son niveau d'énergie passe d'un niveau E_m à un niveau supérieur E_n

Rappel, spectres d'émission et d'absorption http://physique.ostralo.net/spectre_em_abs/

Les niveaux sont **quantifiés**.

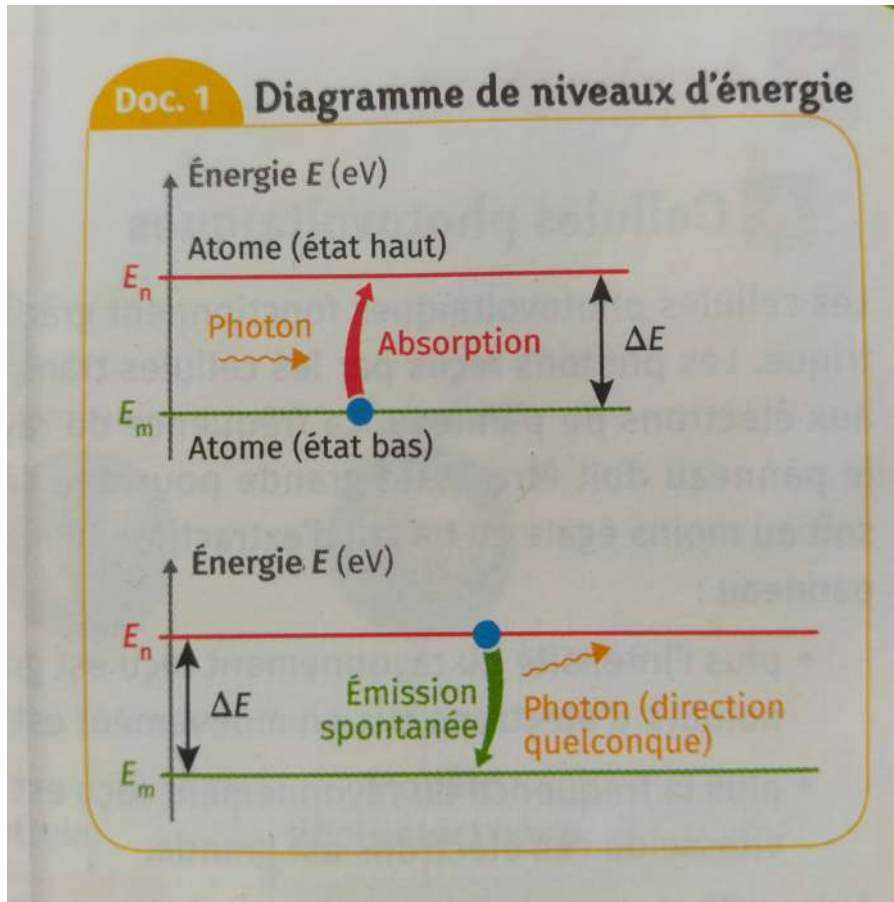


Figure 2 – Diagrammes énergétiques absorption et émission (Term le livre scolaire)

4.2 Application : Loi de Beer Lambert

4.3 Effet photoélectrique

Aspect historique : 1873 Smith observe que la résistance électrique du sélénium varie en fonction de (l'intensité de) la lumière qui l'éclaire. Entre 1889 et 1895, Elster et Geitel montrent que l'effet photo-électrique se produit avec de la lumière visible pour certains métaux (alcalins), tandis qu'il faut de l'UV pour d'autres. C'est en 1905 qu'Albert Einstein propose une explication au phénomène, ce qui lui vaut le prix Nobel en 1921.

Il est intéressant de se rendre compte que l'énergie (liée à la longueur d'onde/fréquence) du photon est important pour comprendre son interaction avec l'atome et l'électron qui va changer de niveau, ou dans le cas de l'effet photo-électrique, être éjecté du cortège électronique.

L'énergie minimale pour éjecter un électron à la surface du métal est appelé **travail d'extraction** Φ (J). Si l'énergie du photon est supérieure, alors le surplus d'énergie devient de l'énergie cinétique pour l'électron :

$$h\nu = \Phi + E_c$$

On comprend également qu'il y a effectivement une tension seuil ($E_c=0$) :

$$\nu_0 = \frac{\Phi}{h}$$

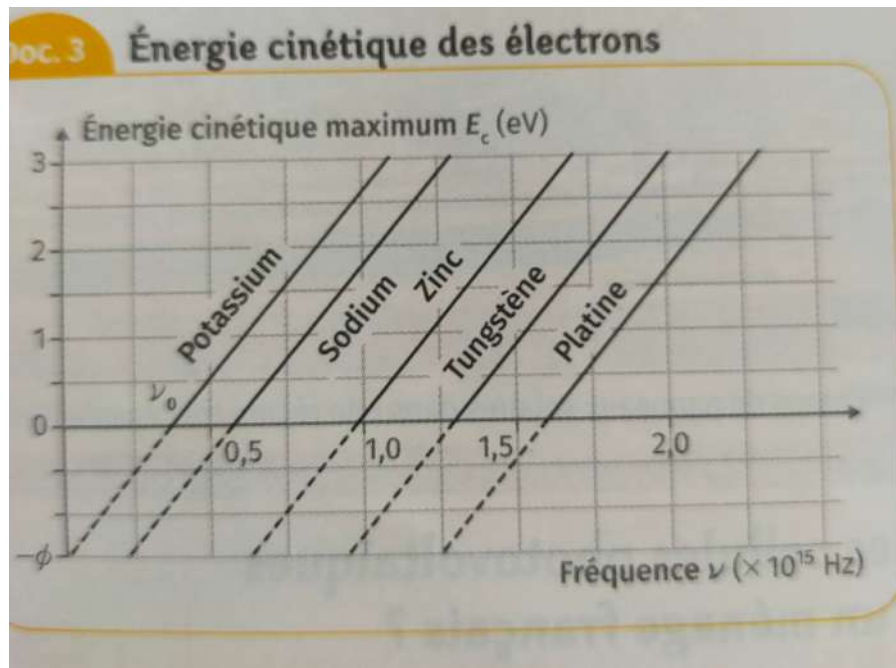


Figure 3 – Energie cinétique des électrons éjectés pour différents métaux (Term le livre scolaire)

5 Applications

5.1 Cellules photovoltaïques

5.2 Rendement d'une cellule photovoltaïque

5.3 Autres applications

Diodes électroluminescentes, capteurs CCD, Luxmètre [Term le livre scolaire]

Ressources : <https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/Divers/divers/bohr1.php>