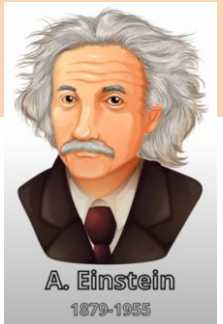




**Objectifs**

- Connaître expression de l'énergie d'un photon
- Réaliser un spectre d'émission
- Exploiter diagramme niveau d'énergie avec relation  $\lambda = c/\nu$  et  $\Delta E = h.\nu$



*Un faisceau ultraviolet, même peu intense, peut arracher des électrons à une plaque de zinc chargée négativement, alors qu'un faisceau de lumière visible bien plus intense ne le peut pas...*

*Comment Albert Einstein a-t-il réussi à expliquer ce phénomène ????*

**DOCUMENTS**

**DOC 1 Evolution des théories sur la lumière**



<https://www.youtube.com/watch?v=0b0axfyJ4oo> (les sous titres en Français sont pos



D'après **Newton** :  
la lumière n'est faite que de particules



D'après **Hooke** :  
la lumière n'est faite que d'ondes



<https://www.youtube.com/watch?v=J1yIApZtLos>



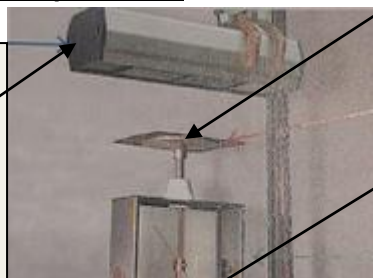
**Einstein**  
a mis tout le monde d'accord en expliquant la **coexistence** des 2 modèles et il l'a prouvé grâce à l'effet photoélectrique.

Ce concept, que nous appelons maintenant photons,

**DOC 2 L'effet photoélectrique... qu'est-ce que c'est ?**

Une lampe émettant un rayonnement UV dont on peut régler la hauteur.

Plus la distance entre elle et la plaque de zinc diminue, plus le rayonnement UV reçu par la plaque de zinc est intense.



Une plaque de zinc a été chargée négativement en approchant un bâton en PVC frotté avec de la laine

Un électroscope est l'ensemble en contact avec la plaque de zinc.

La petite aiguille mobile permet de témoigner de la charge de la plaque de zinc.

Lorsque l'aiguille se déplace c'est que des charges négatives ont disparues.

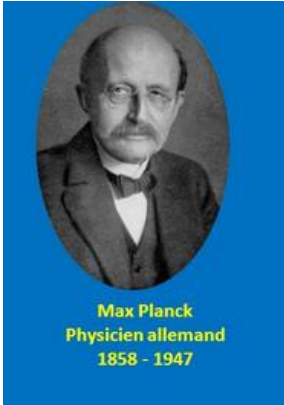
1887, **Hertz** observe l'émission d'électrons par une plaque métallique exposée à la lumière ultraviolette sans pouvoir l'expliquer. Les observations de cet effet entrent en conflit avec la théorie ondulatoire de la lumière de l'époque car on constate que des **électrons sont émis seulement si la fréquence de radiation dépasse une certaine valeur seuil et ils sont alors émis sans délai.**

Pour une fréquence inférieure, aucun effet ne se produit quelle que soit l'intensité du rayonnement.

Par ailleurs, on détermine que la **variation d'énergie  $\Delta E$  des électrons**



### DOC 3 Planck éclaire Einstein



En 1900, **Max Planck** s'écarte du modèle ondulatoire en supposant que les échanges d'énergie entre lumière et matière ne se font que par paquets indivisibles (quanta).

Le plus petit paquet d'énergie absorbé ou émis noté  $\Delta E$  est proportionnel à la fréquence  $\nu$  de l'onde ayant pour valeur

$$\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$$

$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$   
est le coefficient de proportionnalité et s'appelle la **constante de Planck**

$\Delta E$  est en Joule  
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 $\lambda$  est en mètre

En 1905, moi Albert Einstein je reprends l'idée de mon confrère Planck pour expliquer l'effet photoélectrique observé par Hertz : l'électron est arraché à l'atome si chaque « grain de lumière » appelé **photon** transporte un **quantum** d'énergie  $\Delta E$  supérieure à celle de la liaison électron-atome  $W_e$ .



- ✓ Si le photon a une énergie  $\Delta E < W_e$  alors l'électron **n'est pas arraché**
- ✓ Si le photon a une énergie  $\Delta E > W_e$  alors l'électron **est arraché**

### QUESTIONS

1- Lors des expériences sur l'effet photoélectrique de la vidéo du doc 2, **cocher** la (les) bonne(s) réponse(s)

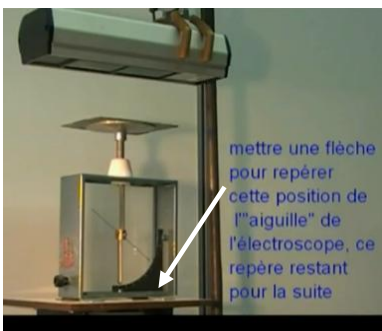
a) On frotte un tube en PVC avec de la laine pour

- l'électriser**
- le nettoyer
- lui apporter des électrons**
- lui arracher des électrons

b) On touche la plaque de zinc avec le tube PVC :

- les protons sont arrachés de la plaque de zinc pour qu'il y ait un excès d'électrons
- les électrons sont transmis du tube en PVC à la plaque de zinc**
- il y a électrisation par influence
- il y a électrisation par contact**
- il y a un excès d'électrons sur la plaque de zinc et l'électroscope**
- il y a un défaut d'électrons sur la plaque de zinc et l'électroscope

c) Situation initiale de l'électroscope chargé d'électrons



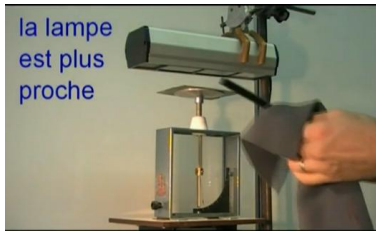
On allume la lampe UV qui émet des ondes électromagnétique avec une longueur d'onde  $\lambda = 365 \text{ nm}$

- L'aiguille de l'électroscope se déplace
- L'aiguille de l'électroscope ne se déplace pas**

On allume la lampe UV qui émet des ondes électromagnétique avec une longueur d'onde  $\lambda = 254 \text{ nm}$

- L'aiguille de l'électroscope se déplace**
- L'aiguille de l'électroscope ne se déplace pas

d) On refait l'expérience avec la lampe plus proche



- L'intensité de l'onde électromagnétique reçue par la plaque de zinc est plus forte
- L'intensité de l'onde électromagnétique reçue par la plaque de zinc est inchangée
- L'aiguille de l'électroscope ne se déplace pas pour  $\lambda = 365 \text{ nm}$
- L'aiguille de l'électroscope se déplace de la même manière pour  $\lambda = 264 \text{ nm}$  que lorsque la lampe était plus éloignée

e) On analyse les résultats

- Si l'électroscope se déplace c'est que des électrons lui ont été arrachés
- Si l'électroscope se déplace c'est qu'il y a eu du vent
- Des électrons de l'électroscope sont arrachés pour n'importe quelles longueurs d'onde incidente
- Des électrons de l'électroscope sont arrachés pour certaines longueurs d'onde incidente
- L'intensité du faisceau de l'onde incidente influence l'arrachage des électrons de la plaque
- L'intensité du faisceau de l'onde incidente n n'influence pas l'arrachage des électrons de la plaque

2- L'énergie nécessaire pour extraire un électron d'une plaque de zinc est  $W_e = 6,21 \times 10^{-19} \text{ J}$   
**Vérifier** par un calcul qu'un faisceau ultraviolet incident de longueur d'onde  $\lambda = 254 \text{ nm}$  peut extraire des électrons de la plaque de zinc alors qu'un faisceau de longueur d'onde  $\lambda = 365 \text{ nm}$  ne le peut pas.

**Le plus petit paquet d'énergie absorbé ou émis ayant pour valeur**

$$\begin{aligned}
 E &= h \cdot \nu \\
 &= h \times c / \lambda \\
 &= 6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8 / (254 \times 10^{-9}) \\
 &= 7,83 \times 10^{-19} \text{ J} > 6,21 \times 10^{-19} \text{ J} \quad \text{donc électron arraché}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= h \cdot \nu \\
 &= h \times c / \lambda \\
 &= 6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8 / (365 \times 10^{-9}) \\
 &= 5,45 \times 10^{-19} \text{ J} < 6,21 \times 10^{-19} \text{ J} \quad \text{donc électron n'est pas arraché}
 \end{aligned}$$

3- **Expliquer** pourquoi l'existence d'une fréquence de seuil pour arracher un électron au métal n'est pas compatible avec le modèle ondulatoire de la lumière.

L'étude du doc. 2 montre qu'il est possible d'arracher un électron à une plaque métallique uniquement si la fréquence lumineuse de la radiation dépasse une valeur seuil minimale. Il faut donc un niveau d'énergie minimal pour déclencher le phénomène.

En modélisant la lumière par une onde, l'énergie minimale devrait être acquise en augmentant l'intensité lumineuse ou en attendant suffisamment longtemps. Ce n'est pas le cas puisque l'énoncé dit que le phénomène est observé sans délai et qu'il dépend de la fréquence de la lumière et non de son intensité. Par conséquent, l'observation de ce phénomène électrique à partir d'une fréquence seuil n'est pas compatible avec le modèle ondulatoire.

**A retenir**

2 modèles pour décrire le comportement de la lumière

