

## Activité PC n°3 : Interaction Lumière Matière

**Objectifs :**

→ Interpréter et exploiter un spectre d'émission

Au début du XXe siècle, la physique a connu une révolution conceptuelle à travers la vision quantique qui introduit un comportement probabiliste de la nature. L'exploitation technologique des matériaux semi-conducteurs, en particulier du silicium, en est également une conséquence. Ces matériaux sont utilisés en électronique et sont constitutifs des capteurs photovoltaïques

**Comment expliquer le choix d'un matériau pour la constitution d'un panneau photovoltaïque ?**

### Documents pour les questions 1 à 5

#### 1 Vers la physique quantique



Avec l'apparition d'alternateurs performants, l'éclairage public se développe. À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la conception de lampes à incandescence devient un enjeu économique.

Pour améliorer leur fonctionnement, les scientifiques s'intéressent à l'émission de lumière par les corps chauffés. Leurs recherches les conduisent aussi à vouloir expliquer les spectres d'émission des atomes. Ces spectres, constitués de raies caractéristiques de chaque atome, ne peuvent pas être interprétés par les lois de la physique classique en vigueur à cette époque.

Pour sortir de l'impasse, le physicien allemand **Max Planck** (1858-1947) propose dès 1900 que la lumière est émise par « petits paquets », des quanta d'énergie.

**Vidéo :** [https://www.youtube.com/watch?v=Quw9B\\_tgX4Y](https://www.youtube.com/watch?v=Quw9B_tgX4Y)

#### 3 La physique quantique appliquée à l'atome



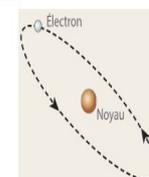
En 1913, le physicien danois **Niels Bohr** (1885-1962) améliore le modèle de l'atome. Il montre qu'un atome ne peut exister que dans certains états d'énergie quantifiés. Il trace ainsi la voie de la physique quantique, ouverte par Max Planck, basée sur le principe que l'énergie ne s'échange que par paquets, ou quanta. Les raies d'émission sont alors expliquées par le passage d'un atome d'un état d'énergie vers un état d'énergie plus faible.



#### 2 La physique classique, un modèle incomplet



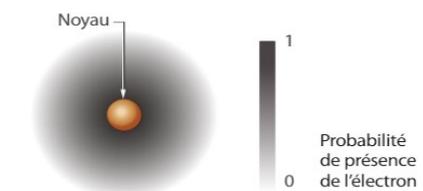
En 1910, le physicien néo-zélando-britannique **Ernest Rutherford** (1871-1937) décrit la structure lacunaire de l'atome avec un modèle dit « planétaire » : un noyau chargé positivement autour duquel tournent, dans le vide, des électrons chargés négativement. Le modèle de E. Rutherford, très efficace pour expliquer la structure de l'atome avec les lois de la physique classique, ne tient pas compte de la théorie de Max Planck et ne permet pas d'interpréter les spectres de raies d'émission. Un autre modèle devient donc nécessaire.



#### 4 La nature probabiliste de la physique quantique

Contrairement à la physique classique, la physique quantique décrit les phénomènes microscopiques à l'aide de probabilités.

Par exemple, la description de l'atome d'hydrogène dans le modèle quantique précise que la position de l'électron autour du noyau ne peut pas être déterminée avec exactitude mais seulement repérée par une probabilité de présence.

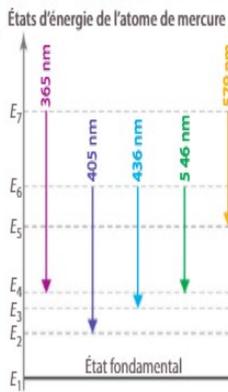


L'atome d'hydrogène selon la mécanique quantique.

### 5 États d'énergie d'un atome

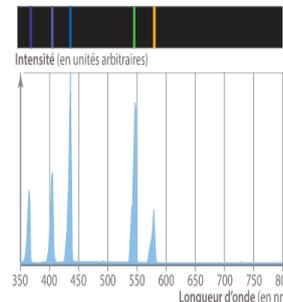
Dans le modèle quantique, un atome ne peut exister que dans certains états, caractérisés par des énergies quantifiées et discontinues ( $E_1, E_2, E_3$ , etc.), formant un ensemble discret de valeurs. L'état de plus basse énergie est appelé « état fondamental ».

Pour l'atome de mercure, par exemple, il existe plusieurs états d'énergie permettant de nombreuses transitions d'un état d'énergie haut à un état d'énergie plus faible. Chaque transition se traduit par l'émission d'une radiation lumineuse de longueur d'onde bien précise.



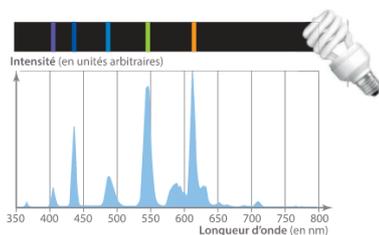
### 6 Spectre de raies d'émission de l'atome de mercure

Le spectre de raies d'émission de l'atome de mercure comporte plusieurs raies. L'intensité lumineuse des raies, évaluée par des pics d'amplitude plus ou moins grande, dépend de la probabilité de la transition.



### 7 Spectre d'émission d'une lampe fluocompacte

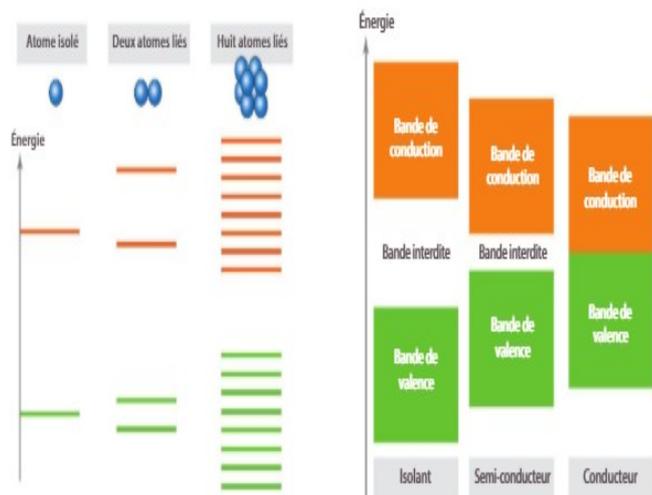
Certaines lampes sont fabriquées pour imiter la lumière blanche du Soleil : c'est le cas des lampes fluocompactes. Ces dernières renferment un mélange de gaz constitué de différents types d'atomes, chacun contribuant à la lumière de la lampe par son propre spectre. Pour identifier la présence d'un atome, il suffit de connaître la longueur d'onde de certaines de ses raies d'émission et de vérifier leur présence ou non sur le spectre étudié.



## Documents pour la question 6

### 1 Propriétés électriques des semi-conducteurs

Si un atome se lie à un autre atome, des états d'énergie supplémentaires apparaissent. Lorsqu'un grand nombre d'atomes s'associent pour former un solide, les états d'énergie se multiplient et finissent par se chevaucher pour former des bandes d'énergie appelées bande de valence, bande de conduction et bande interdite. Les positions relatives de ces bandes permettent d'expliquer les propriétés électriques des différents matériaux.



Association d'atomes et états d'énergie correspondants.

Différents types de solides caractérisés par la largeur de leur bande interdite.

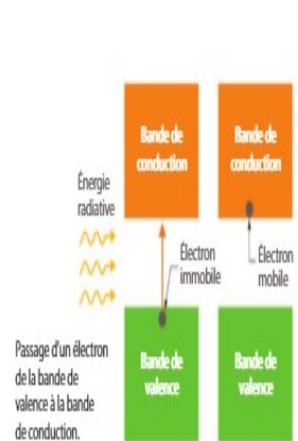
**capteur photovoltaïque** : dispositif à semi-conducteur permettant la production d'énergie électrique à partir d'énergie d'origine radiative.

**Énergie radiative solaire** : énergie transmise par l'ensemble des rayonnements (UV, visible, IR) du soleil.

Si la largeur de la bande interdite est importante, le solide est un isolant électrique ; si la largeur de cette bande est nulle, le solide est un conducteur du courant électrique.

Dans un semi-conducteur, la bande interdite est étroite et cette propriété va permettre au matériau de se comporter, selon les conditions d'utilisation, comme un isolant ou un conducteur.

Dans les capteurs photovoltaïques\*, lorsqu'un semi-conducteur absorbe l'énergie radiative solaire\*, un électron de la bande de valence passe par saut quantique dans la bande de conduction. Ce gain d'énergie permet à l'électron d'être mobile, créant ainsi un courant électrique : c'est l'effet photovoltaïque.

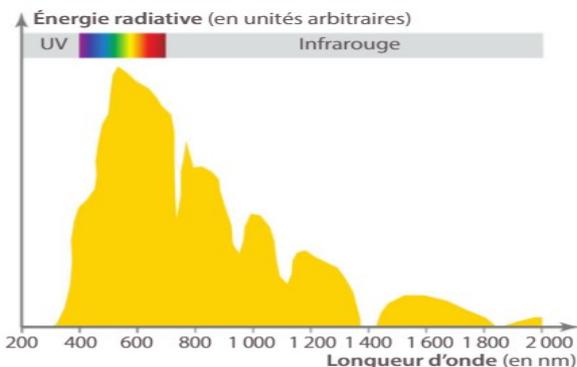


### Vidéo :

<https://www.youtube.com/watch?v=EWLgeBVY-08>

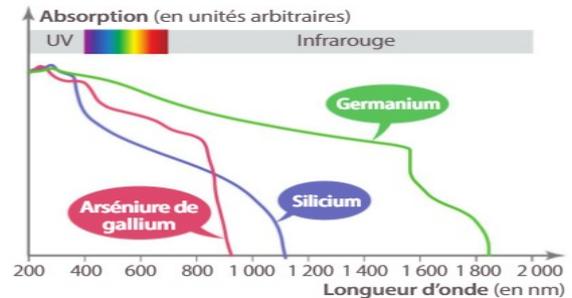
### 2 Spectre solaire au niveau du sol

Le spectre solaire au niveau de la surface terrestre s'étend du proche ultraviolet au proche infrarouge. La plus grande partie de l'énergie radiative solaire est contenue dans le domaine du visible.



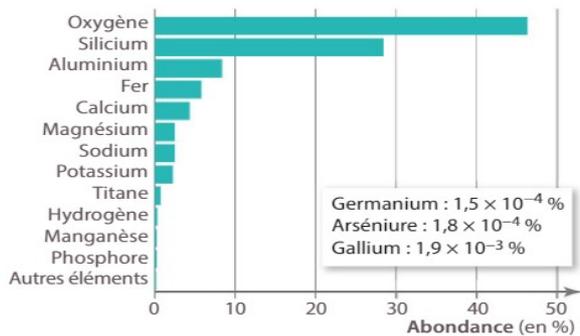
### 3 Courbes d'absorption de quelques semi-conducteurs

Lorsqu'un matériau semi-conducteur est soumis à un rayonnement, il absorbe une partie de l'énergie radiative. Cette absorption dépend de la longueur d'onde du rayonnement. Au-delà d'une certaine longueur d'onde, qui dépend de la largeur de la bande interdite, le matériau semi-conducteur n'absorbe plus l'énergie radiative.



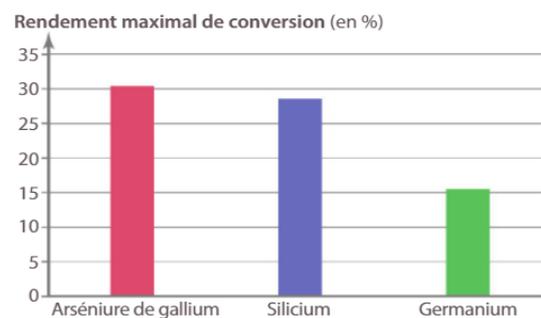
### 4 Abondance des éléments chimiques dans la croûte terrestre

Parmi les 118 éléments chimiques connus, 94 existent à l'état naturel. Hormis quelques éléments chimiques comme l'or et l'argent, la plupart des éléments forment des minerais.



### 5 Rendement de quelques semi-conducteurs

Un capteur photovoltaïque absorbe l'énergie radiative du Soleil et la convertit, en partie, en énergie électrique. Le rendement d'un capteur permet de mesurer l'efficacité de cette conversion d'énergie.



## EXPLOITATION :

1. Pourquoi le développement de l'éclairage public a-t-il initié les recherches sur l'émission de lumière par les corps chauffés ?
2. Comment expliquer que le spectre d'émission d'un atome soit constitué de raies ?
3. Associer une longueur d'onde à la transition E7 à E4 et une transition à la longueur d'onde 579 nm.
4. Expliquer pourquoi toutes les raies d'émission n'ont pas la même intensité lumineuse.
5. Y-a-t-il du mercure dans une lampe fluocompacte ? Justifier.
6. Rédiger un compte-rendu structuré et argumenté pour expliquer le choix préférentiel du silicium comme semi-conducteur dans les capteurs photovoltaïques.

**À retenir :**

Au début du 20ème siècle, la physique ..... a connu une révolution conceptuelle à travers la notion de comportement probabiliste de la Nature. Cela a permis, notamment, d'expliquer la structure des ..... d'émission des atomes. Un atome ne peut exister que dans des états d'énergie quantifiés et discontinus. Chaque raie d'émission correspond au ..... de l'atome d'un état d'énergie à un état d'énergie inférieur.

