

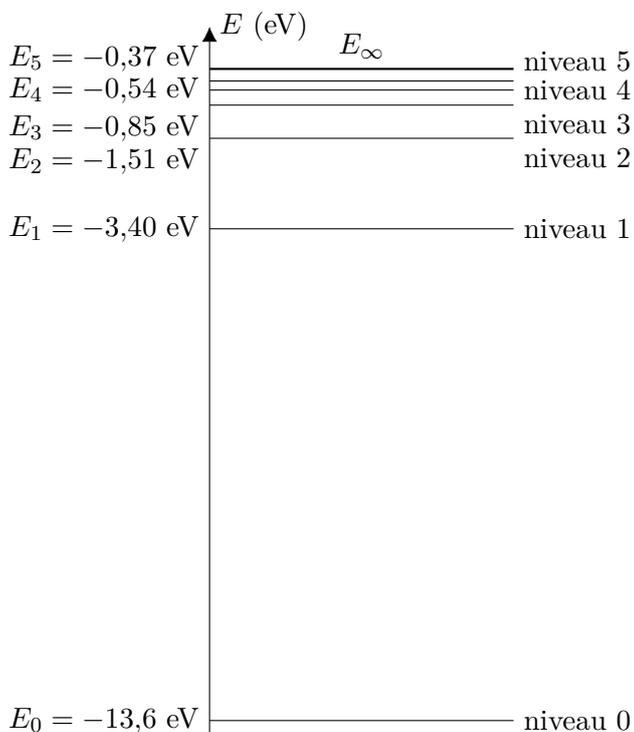
1 Atomes et photons

Pour expliquer le spectre de l'atome d'hydrogène, Niels BOHR s'inspire de l'idée d'Albert EINSTEIN concernant la quantification de l'énergie de la lumière, en supposant que l'énergie des atomes est elle aussi quantifiée.

Doc. 1 – Les hypothèses de Niels Bohr

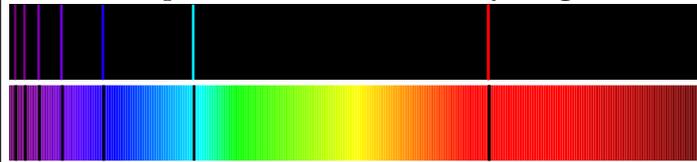
Pour interpréter le spectre de l'atome d'hydrogène, le physicien suédois Niels BOHR a émis, en 1913, les hypothèses suivantes :

- Dans un atome d'hydrogène, l'électron ne peut accéder qu'à certaines couches électroniques. À chaque couche correspond une énergie déterminée pour l'atome, appelée niveau d'énergie.
- Le diagramme ci-dessous représente les premiers niveaux d'énergie accessibles à l'atome d'hydrogène (le niveau de plus basse énergie, numéro zéro, appelé niveau fondamental, est le plus stable).



- Pour changer de niveau d'énergie, l'atome doit gagner ou perdre en un seul paquet l'énergie strictement égale à l'écart entre le niveau initial et le niveau final.
- Un atome peut changer de niveau en émettant ou en absorbant de la lumière. Au cours de cette transition d'énergie, il libère ou absorbe alors un seul photon.
- Les valeurs des énergies des atomes exprimées en joule (J) étant extrêmement faibles, on utilisera comme unité d'énergie l'électronvolt (symbole eV) : $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Doc. 2 – Spectres de l'atome d'hydrogène



Spectres d'émission (en haut) et d'absorption (en bas) d'un gaz formé d'atomes d'hydrogène.

Doc. 3 – Lien entre fréquence et longueur d'onde

Suivant EINSTEIN, la vitesse d'un photon est égale par définition à $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, célérité de la lumière dans le vide.

Par suite, la longueur d'onde λ d'une radiation est reliée à sa fréquence ν par la relation :

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

La longueur d'onde λ est en mètre (m) ;
La fréquence ν est en hertz (Hz ou s^{-1}).

Doc. 4 – Énergie d'un photon

L'énergie $|\Delta E|$ d'un photon dépend de la longueur d'onde dans le vide λ de la radiation associée selon l'expression suivante :

$$|\Delta E| = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$|\Delta E|$ en joule (J) et λ en mètre (m)

$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ et $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, toujours rappelées.

- D'après le document 3, les longueurs d'onde dans le vide des radiations émises par l'atome d'hydrogène sont-elles distribuées de façon continue ou de façon discrète (discontinue) ?
- Dans le cas d'une émission de lumière, l'atome reçoit-il ou libère-t-il de l'énergie ? L'énergie de l'atome augmente-t-elle ou diminue-t-elle ?
- Calculer l'énergie des photons associés à la radiation de longueur d'onde dans le vide 656,3 nm.
- Sur le diagramme du document 1, identifier le changement de niveaux d'énergie, appelé transition énergétique, responsable de l'émission de cette radiation à 656,3 nm.

Correction des questions restantes du chapitre 4, séance 1

e. La lumière UV incidente est composée de photons, qui ne peuvent être absorbés par les électrons du métal zinc qu'un par un. Tant que les photons n'ont pas l'énergie requise pour extraire un électron du métal, aucun électron n'arrive à sortir.

f. L'existence des raies spectrales montre qu'un mécanisme particulier est à l'œuvre dans l'atome. Donc par conséquent, l'atome est formé de plusieurs parties : il porte mal son nom (*atomos* signifie insécable en grec) !

Correction des exemples du chapitre 3, séance 2

1. La montre est un objet réel. Position : $\overline{OA} = -40$ cm.
L'image de la montre est une image réelle, qui se forme sur la rétine. Position : $\overline{OA'}$ recherchée.

Le cristallin est une lentille convergente, de distance focale (réglable) de $\overline{OF'} = 2,0$ cm, dans cette situation.

Il faut utiliser la formule de conjugaison des lentilles :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

On isole l'inconnue $\overline{OA'}$:

$$\Leftrightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OF'}} + \frac{1}{\overline{OA}}$$

$$\Leftrightarrow \overline{OA'} = \frac{1}{\frac{1}{\overline{OF'}} + \frac{1}{\overline{OA}}}$$

Application numérique :

$$\overline{OA'} = \frac{1}{\frac{1}{2,0} + \frac{1}{-40}} = 2,1 \text{ cm}$$

2. L'objet observé est un objet réel. Position : $\overline{OA} = -60,0$ cm.

L'image est une image réelle, qui se forme sur la rétine. Position : $\overline{OA'} = 16,7$ mm = 1,67 cm.

Le cristallin est une lentille convergente, de distance focale $\overline{OF'}$ inconnue ici.

Il faut utiliser la formule de conjugaison des lentilles :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

On isole l'inconnue $\overline{OF'}$:

$$\Leftrightarrow \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$$

$$\Leftrightarrow \overline{OF'} = \frac{1}{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}}$$

Application numérique :

$$\overline{OF'} = \frac{1}{\frac{1}{1,67} - \frac{1}{-60,0}} = 1,62 \text{ cm}$$

3. L'objet observé est un objet réel. Position : \overline{OA} inconnue.

L'image est une image réelle, qui se forme sur la rétine.

Position : $\overline{OA'} = 16,7$ mm = 1,67 cm.

Le cristallin est une lentille convergente, de distance focale $\overline{OF'} = 15,7$ mm = 1,57 cm.

Il faut utiliser la formule de conjugaison des lentilles :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

On isole l'inconnue \overline{OA} :

$$\Leftrightarrow \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OF'}}$$

$$\Leftrightarrow \overline{OA} = \frac{1}{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OF'}}}$$

Application numérique :

$$\overline{OA} = \frac{1}{\frac{1}{1,67} - \frac{1}{1,57}} = -26,2 \text{ cm}$$

Le livre est à une position idéale, juste à la limite du PP.

4. L'objet observé est un objet réel. Position : $\overline{OA} = -26,2$ cm, précédemment calculée.

L'image est une image réelle, qui se forme sur la rétine. Position : $\overline{OA'} = 16,7$ mm = 1,67 cm.

Le grandissement γ peut être exprimé en fonction des positions de l'image et de l'objet :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{1,67}{-26,2} = -0,0637$$

Le grandissement γ , rapport de longueurs, est une grandeur sans unité. Le grandissement γ est négatif, l'image est renversée ; la valeur absolue du grandissement $|\gamma|$ est inférieure à 1, l'image est plus petite que l'objet.

5. L'objet observé est un objet réel. Taille : $\overline{AB} = 4,0$ mm.

L'image est une image réelle, qui se forme sur la rétine. Taille : $\overline{A'B'}$ inconnue.

Le grandissement vaut $\gamma = -0,0637$, précédemment calculé.

Il faut utiliser la relation de grandissement, en utilisant les tailles de l'image et de l'objet :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \Leftrightarrow \overline{A'B'} = \gamma \times \overline{AB}$$

Application numérique :

Correction des exercices du chapitre 3 (fin)

3.5 n° 1 p. 24 : QCM

- b.** et **c.** : représentation simplifiée et idéalisée.
- b.** : l'image doit se former sur la rétine.
- c.** : la pupille est l'ouverture.
- a.** : lors de l'accommodation, le cristallin se déforme.

3.6 n° 2 p. 24 : Constitution de l'œil réel

- 1.** **1** correspond à **b** : le cristallin ;
2 correspond à **a** : la rétine ;
3 correspond à **c** : l'iris (et non la pupille!).
- L'image doit se former sur la rétine pour être vue de façon nette.

3.7 n° 18 p. 26 : Relation de grandissement

- Le grandissement γ d'un système optique est le rapport de la grandeur $\overline{A'B'}$ de l'image sur la grandeur \overline{AB} de l'objet :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

- Le grandissement γ est aussi lié aux positions de l'objet \overline{OA} et de l'image $\overline{OA'}$ par rapport au centre O de la lentille :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

- a.**

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{-1,0}{2,0} = -0,50$$

Image deux fois plus petite, renversée.

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Leftrightarrow \overline{OA'} = \gamma \cdot \overline{OA}$$

$$\overline{OA'} = -0,50 \times (-30)$$

$$\overline{OA'} = 15 \text{ cm}$$

Image réelle, projetable sur un écran.

$$\overline{A'B'} = -0,0637 \times 4,0 = -0,255 \text{ mm}$$

Le pic de densité de cônes de la fovéa est de l'ordre de 200 000 cônes au mm^2 ; grâce à cette densité maximale, l'image de la lettre sera captée par des dizaines de milliers de cônes, ce qui va permettre d'en restituer une image parfaitement définie au cerveau.

- b.**

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \Leftrightarrow \overline{A'B'} = \gamma \cdot \overline{AB}$$

$$\overline{A'B'} = 2 \times 1,5$$

$$\overline{A'B'} = 3,0 \text{ cm}$$

Image droite, plus grande que l'objet.

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Leftrightarrow \overline{OA'} = \gamma \cdot \overline{OA}$$

$$\overline{OA'} = 2 \times (-5,0)$$

$$\overline{OA'} = -10 \text{ cm}$$

Image virtuelle, non projetable sur un écran.

- c.**

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \Leftrightarrow \overline{A'B'} = \gamma \cdot \overline{AB}$$

$$\overline{A'B'} = -1 \times 2,0$$

$$\overline{A'B'} = -2,0 \text{ cm}$$

Image renversée, de même taille que l'objet (montage des 4f).

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Leftrightarrow \overline{OA} = \frac{\overline{OA'}}{\gamma}$$

$$\overline{OA} = \frac{20}{-1}$$

$$\overline{OA} = -20 \text{ cm}$$

Objet réel.

- d.**

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{50}{-12,5} = -4,0$$

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \Leftrightarrow \overline{AB} = \frac{\overline{A'B'}}{\gamma}$$

$$\overline{AB} = \frac{-4,8}{-4}$$

$$\overline{AB} = 1,2 \text{ cm}$$

	AB en cm	A'B' en cm	γ	OA en cm	OA' en cm
(a)	2,0	-1,0	-0,5	-30	15
(b)	1,5	3,0	2	-5,0	-10
(c)	2,0	-2,0	-1	-20	20
(d)	1,2	-4,8	-4	-12,5	50

4. — L'image et l'objet sont dans le même sens dans le cas (b) ($\gamma > 0$);
 — L'image est plus grande que l'objet dans les cas (b) et (d) ($|\gamma| > 1$);
 — L'image est réelle dans les cas (a), (c) et (d) ($\overline{OA'} > 0$).

3.8 n° 26 p. 28 : L'appareil photographique

1. a. Objet au PR à l'infini : $\overline{OA_1} \rightarrow \infty$ et $\overline{OA'} = 17$ mm, données de l'énoncé. Formule de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA_1}} = \frac{1}{\overline{OF'_1}}$$

$\frac{1}{\overline{OA_1}} \rightarrow 0$ donc :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OF'_1}} \Rightarrow \overline{OF'_1} = \overline{OA'} = 17 \text{ mm}$$

Vergence du cristallin dans cette situation d'œil au repos :

$$C_1 = \frac{1}{\overline{OF'_1}} = \frac{1}{17 \times 10^{-3}} = 59 \delta$$

- b. Vergence C_2 pour l'œil en accommodation maximale :

$$C_2 = \frac{1}{\overline{OF'_2}} \quad \text{et} \quad \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA_2}} = \frac{1}{\overline{OF'_2}}$$

Objet au PP à 25 cm : $\overline{OA_2} = -25$ cm et $\overline{OA'} = 17$ mm, données de l'énoncé. Application numérique :

$$C_2 = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA_2}} = \frac{1}{17 \times 10^{-3}} - \frac{1}{-25 \times 10^{-2}} = 55 \delta$$

$$c. \Delta C = C_1 - C_2 = 59 - 55 = 4 \delta.$$

2. a. Adoptons les mêmes notations que précédemment : $f'_1 = 35$ mm et $f'_2 = 70$ mm, donc :

$$C_1 = \frac{1}{f'_1} = \frac{1}{35 \times 10^{-3}} = 29 \delta$$

$$C_2 = \frac{1}{f'_2} = \frac{1}{70 \times 10^{-3}} = 14 \delta$$

- b. $\Delta C = C_1 - C_2 = 29 - 14 = 15 \delta$. Les variations sont d'un tout autre ordre de grandeur.

3.9 N° 27 p. 28 : L'appareil photographique *

1. En mode *paysage*, si on considère que l'objet est à l'infini, le capteur doit être placé dans le plan focal de la lentille. Donc à une distance égale à la distance focale :

$$f' = \frac{1}{C} = \frac{1}{20} = 0,050 \text{ m} = 5,0 \text{ cm}$$

2. En mode *portrait*, $\overline{OA} = -2,00$ m, l'image A' doit se former sur le capteur pour avoir un sujet net, donc à une distance à calculer à l'aide de la formule de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = C \Leftrightarrow \overline{OA'} = \frac{1}{C + \frac{1}{\overline{OA}}}$$

Application numérique :

$$\overline{OA'} = \frac{1}{20 + \frac{1}{-2,00}} = 0,051 \text{ m} = 5,1 \text{ cm}$$

Il n'est pas nécessaire de beaucoup déplacer l'objectif.

3. a. L'objectif doit être légèrement éloigné du capteur.
 b. La grandeur de l'image augmente lorsque que l'objet se rapproche.
4. Au maximum $\overline{OA'} = f' + 5,0$ mm = 5,5 cm, donc :

$$\overline{OA} = \frac{1}{\frac{1}{\overline{OA'}} - C} = \frac{1}{\frac{1}{5,5 \times 10^{-2}} - 20} = -55 \text{ cm}$$

Exercices du chapitre 4

Pour lundi 8 octobre 2019 :

4.4 N° 15 p. 66 – Un timbre

4.5 N° 16 p. 68 – Soleil

Pour mercredi 11 octobre 2019 :

4.1 N° 2 p. 66 – Des calculs

4.2 N° 6 p. 66 – Radiothérapie

Pour lundi 15 octobre 2019 :

4.3 N° 12 p. 67 – Spectre Hg

4.6 N° 18 p. 68 – Fraunhofer