

# Diagramme énergétique de l'atome de sodium

## 1 Documents

### Doc. 1. (Caractéristiques d'une onde électromagnétique sinusoïdale)

Une onde électromagnétique sinusoïdale est caractérisée par sa fréquence  $\nu$  (en hertz) et sa longueur d'onde  $\lambda$  (en mètre). La relation entre ces deux grandeurs est :

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

où  $c$  est la célérité de l'onde dans le milieu dans lequel elle se propage ( $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  dans le vide).

### Doc. 2. (Photon)

En 1900, pour comprendre comment la matière et les ondes électromagnétiques échangent de l'énergie, le physicien Max Planck énonce que ces échanges ne peuvent se faire que par « paquets » d'énergie bien définis qu'il nomme **quanta** (pluriel de **quantum**, plus petite mesure indivisible).

En 1905, Albert Einstein comprend que limiter la notion de quanta aux seuls échanges d'énergie entre la matière et le rayonnement est trop réducteur : *les quanta d'énergie sont portés par des particules associées au rayonnement* (indépendamment à tout échange d'énergie).

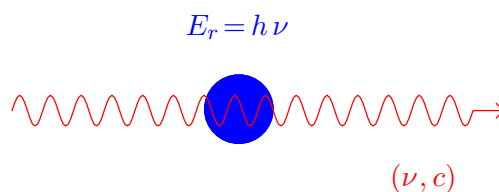
En 1926, Gilbert Newton Lewis invente le mot **photon** pour nommer les particules qui transportent les quanta d'énergie.

Il existe donc deux modèles **complémentaires** pour décrire le comportement d'un rayonnement :

- *ondulatoire* : un rayonnement est une *onde périodique sinusoïdale* de fréquence  $\nu$  se propageant à la célérité  $c$  dans le milieu ;
- *corpusculaire* : un rayonnement est constitué par des *photons, particules sans masse* se propageant à la célérité  $c$  dans le milieu et possédant l'énergie (en joule J) :

$$E_r = h \nu$$

où  $\nu$  est la fréquence de l'onde associée au photon et  $h$  la constante de Planck ( $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ).



**Figure 1.** En fonction des problèmes, il peut être plus pratique de considérer un rayonnement soit comme une onde, soit comme un corpuscule : **dualité onde-particule**.

**Doc. 3. (Quantification de l'énergie des atomes)**

Les physiciens de la première partie du XX<sup>ème</sup> siècle ont montré qu'un atome, *comme tous les édifices microscopiques*, ne peut se trouver que dans des **états d'énergie bien déterminés**. Les électrons s'organisent donc sur des niveaux d'énergie ; le cortège électronique possède une structure bien déterminée.

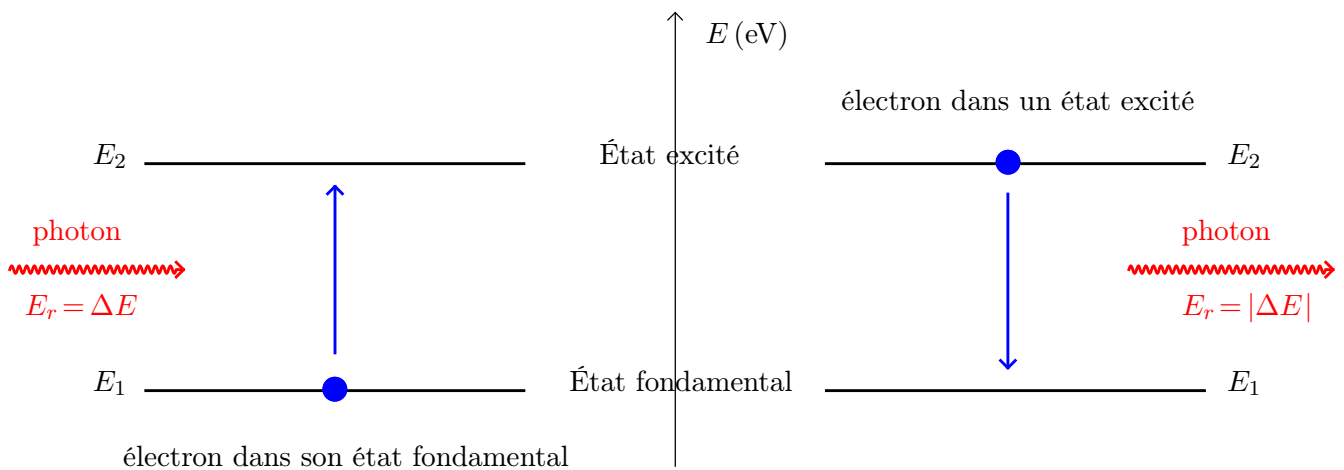
L'atome est alors dans son **état fondamental**.

**Doc. 4. (Échanges d'énergie entre un atome et son environnement)**

Lorsqu'un atome reçoit de l'énergie de l'environnement, les électrons (préférentiellement les électrons de valence) peuvent « sauter » vers des niveaux d'énergie supérieure. L'atome est alors dans un **état excité** (ou plus simplement : **est excité**).

*L'énergie nécessaire au « saut » de l'électron d'un niveau d'énergie vers un autre doit être exactement égale à la différence d'énergie entre les niveaux d'énergie concernés. Cette énergie est communiquée à l'atome par un photon qui est alors absorbé.*

Un atome finit toujours par restituer l'énergie reçue au milieu extérieur. *Lorsqu'un électron « saute » vers un niveau d'énergie inférieure, un photon, possédant une énergie égale à la différence d'énergie entre ces niveaux, est émise par l'atome.*



**Absorption d'un photon : excitation**

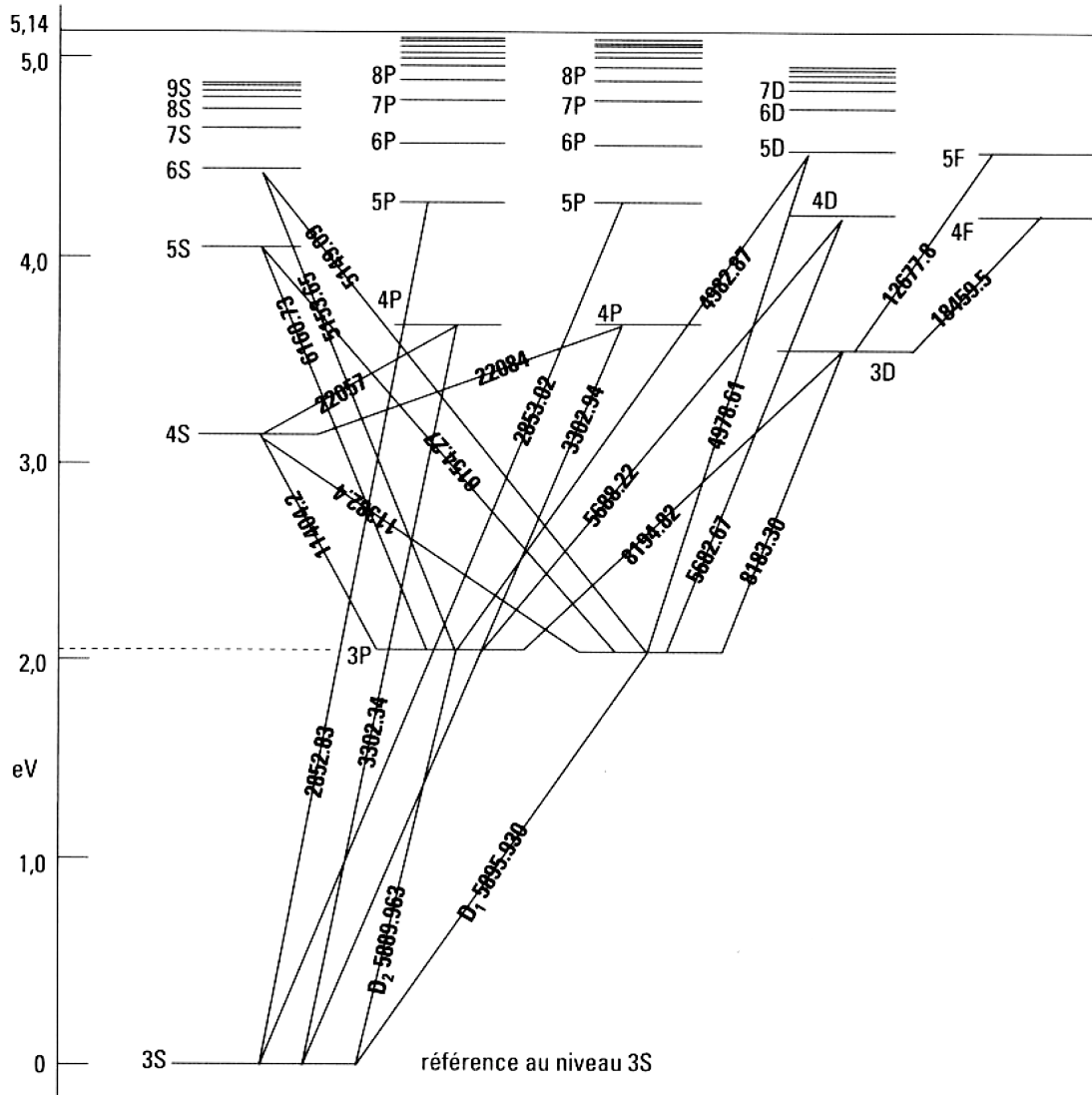
**Émission d'un photon : désexcitation**

**Doc. 5. (Diagramme de Gotrian du sodium)**

Un diagramme de Gotrian indique les niveaux d'énergie d'un atome et les transitions possibles pour les électrons dans son cortège électronique.

Dans le diagramme du sodium (ci-dessous), les longueurs d'onde sont données en angström au niveau des traits de transition ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ).

Le doublet du sodium correspond aux longueurs d'onde 589,0 nm et 589,6 nm. Les autres raies visibles à l'œil nu ont pour longueur d'onde respectivement 498 nm, 515 nm, 569 nm et 615 nm.



## 2 Exploitation des documents

- 1) Le numéro atomique du sodium est  $Z=11$ . Décrire la structure du cortège électronique de l'atome de sodium, dans son état fondamental avec les notations introduites dans le cours de chimie.
- 2) En déduire à quoi correspond le nombre 3 de la couche 3S présente dans le diagramme de Gotrian.
- 3) Quelle est la particularité de la position de la sous-couche 3d comparativement à la sous-couche 4s ?
- 4) Comment sont dénommés les transitions d'énergie correspondants au doublet jaune du sodium dans le diagramme de Gotrian ?
- 5) Identifier toutes les transitions correspondants aux radiations observables à l'œil nu.
- 6) Déterminer la fréquence de chacune de ces radiations.

- 7) Expliquer pourquoi un atome ne peut absorber que des radiations qu'il est capable d'émettre.
- 8) Déterminer la valeur de l'énergie des photons associés à chacune des radiations situées dans le visible. Y a-t-il accord avec les grandeurs indiquées sur les graduations ?

**Remarque.** L'électronvolt (eV) est une unité d'énergie (l'unité légale étant le joule J) :

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

- 9) Quelles sont les radiations, présentes dans ce diagramme, qui appartiennent au domaine de l'ultraviolet ? À quel domaine appartiennent les autres raies citées ?