

Cadre de référence de la leçon

- PH4.6.1** Comparer la loi de la gravitation universelle et la loi de Coulomb.
- PH4.6.2** Savoir que l'énergie de l'atome est quantifiée et exploiter un diagramme de niveaux d'énergie.
- PH4.6.3** Connaître les limites de la mécanique de Newton à l'échelle atomique.
- PH4.6.4** Connaître le photon et exploiter la relation $\Delta E = h\nu$.
- PH4.6.5** Interpréter l'émission et l'absorption d'un photon et exploiter un spectre de raies.

Compétence ciblée

- CC4** La mécanique. Analyser, suivre et prévoir l'évolution d'un système mécanique en adoptant un modèle simple. Résoudre une situation-problème liée à un système mécanique en mouvement par une étude dynamique ou énergétique.

1

Loi de Newton et loi de Coulomb

Cadre de référence : PH4.6.1

1) Loi de la gravitation universelle (loi de Newton)

Cadre de référence : PH4.6.1

Deux corps ponctuels A et B , de masses m_A et m_B , séparés par la distance d , exercent l'un sur l'autre des forces d'interaction gravitationnelle $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ ayant :

- la même droite d'action (AB) ;
- des sens opposés ;
- la même intensité.

Ces forces sont **toujours attractives**.

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A m_B}{d^2} \quad ; \quad \vec{F}_{A/B} = -G \frac{m_A m_B}{d^2} \vec{u}_{AB}$$

G : constante de gravitation universelle, $G = 6,67 \times 10^{-11}$ S.I.

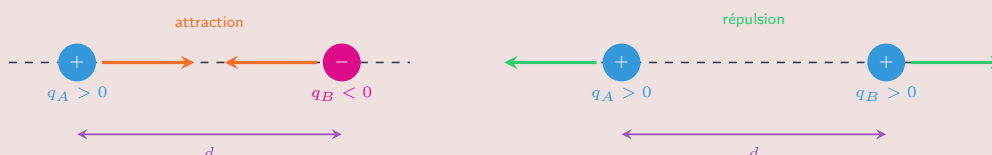
2) Loi de Coulomb

Cadre de référence : PH4.6.1

Deux corps ponctuels A et B , de charges q_A et q_B , séparés par la distance d , exercent l'un sur l'autre des forces électrostatiques $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ ayant :

- la même droite d'action (AB) ;
- des sens opposés ;
- la même intensité.

Ces forces sont **attractives** si les charges sont de signes contraires, **répulsives** si elles sont de même signe.



$$F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_A| |q_B|}{d^2} = K \frac{|q_A| |q_B|}{d^2}$$

avec $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ S.I.}$ et ϵ_0 : permittivité du vide.

Analogie : les deux lois ont la même forme mathématique en $\frac{1}{d^2}$. Mais la force gravitationnelle est **toujours attractive**, alors que la force électrostatique peut être attractive **ou** répulsive.

2 Limites de la mécanique de Newton

Cadre de référence : PH4.6.2, PH4.6.3, PH4.6.4, PH4.6.5

1) La mécanique classique

Cadre de référence : PH4.6.3

La mécanique de Newton décrit correctement les mouvements à **notre échelle** (chute des corps, planètes, satellites).

En revanche, elle **n'est pas utilisable à l'échelle atomique et moléculaire** : elle ne permet pas d'expliquer certains phénomènes, notamment l'échange d'énergie entre la matière et la lumière ni la **quantification de l'énergie de l'atome**.

Il faut alors faire appel à la **mécanique quantique**.

2) Quantification de l'énergie de l'atome

Cadre de référence : PH4.6.2

Lorsqu'un atome est excité par un rayonnement, l'énergie E échangée entre la matière et ce rayonnement ne peut prendre que des **valeurs bien définies et discrètes** : on dit que cette énergie est **quantifiée**.

Les atomes, les molécules et les noyaux possèdent donc des **niveaux d'énergie quantifiés** : l'énergie de l'atome ne varie pas de façon continue.

3) Le photon

Cadre de référence : PH4.6.4

Le **photon** est le grain élémentaire de lumière ; il est associé à une onde électromagnétique de fréquence ν et de longueur d'onde dans le vide λ .

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \left\{ \begin{array}{l} E : \text{énergie du photon (J)} \\ h : \text{constante de Planck, } h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \\ \nu : \text{fréquence du rayonnement (Hz)} \\ c : \text{célérité de la lumière dans le vide, } c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ \lambda : \text{longueur d'onde dans le vide (m)} \end{array} \right.$$

Conversion utile : $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

4) Émission et absorption d'un photon

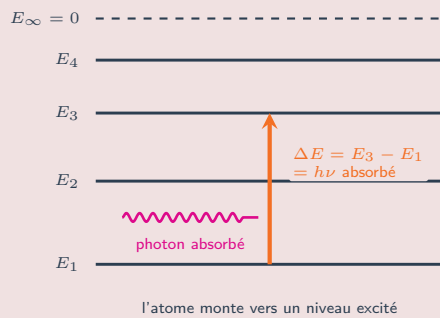
Cadre de référence : PH4.6.4, PH4.6.5

Lorsqu'un atome échange de l'énergie avec le milieu extérieur, il **transite** d'un niveau d'énergie E_p à un niveau d'énergie E_n , ou réciproquement.

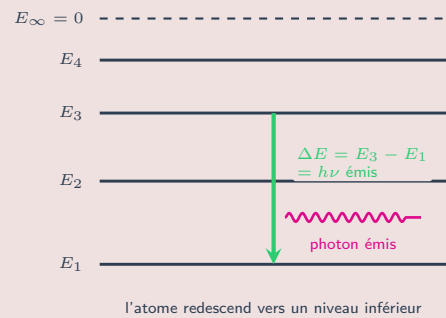
- **Absorption** : l'atome passe d'un niveau bas E_n à un niveau plus haut E_p en **absorbant** un photon d'énergie ΔE .
- **Émission** : l'atome passe d'un niveau haut E_p à un niveau plus bas E_n en **émettant** un photon d'énergie ΔE .

$$\Delta E = E_p - E_n = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{hc}{E_p - E_n}$$

Absorption



Émission



5) Le spectre de raies

Cadre de référence : PH4.6.5

Puisque les niveaux d'énergie de l'atome sont **quantifiés**, les énergies ΔE échangées ne peuvent prendre que certaines valeurs. Les longueurs d'onde $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$ émises ou absorbées sont donc elles aussi **discrètes**.

C'est pourquoi le spectre d'un atome n'est pas continu mais formé de **raies** :

- **spectre d'émission** : raies colorées sur fond noir ;
- **spectre d'absorption** : raies noires sur fond coloré continu, aux **mêmes longueurs d'onde**.

Chaque élément chimique possède un spectre de raies qui lui est propre : c'est sa **signature**.

