

CHIMIE PHYSIQUE – ITR1 - CHP1 (LAS)

Chapitre 1

Modèles pour l'atome

Dr. Pierre-Alexis GAUCHARD

Chapitre 1.

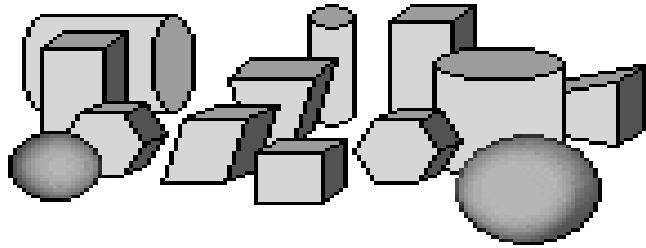
Modèles pour l'atome

I. Historique

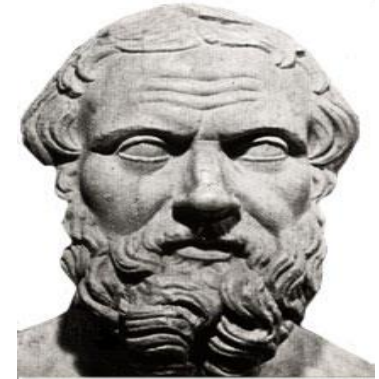
II. Structure atomique de la matière

III. Quantification de l'énergie

I) Historique



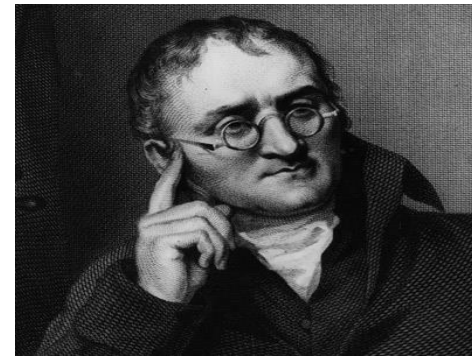
1^{re} idée grecque
[Démocrite, vers 400 av. J.-C.]



1803



Modèle de
Dalton



... puis le modèle évolue avec les avancées expérimentales...

I.1) Historique

Découverte de
l'électron

Mise en évidence du
noyau

Quantification de
l'énergie

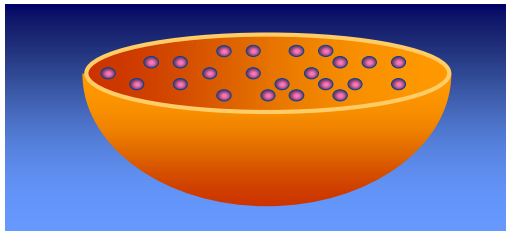
Théorie quantique

vers 1900

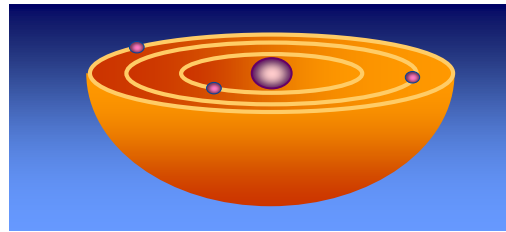
1911

1913

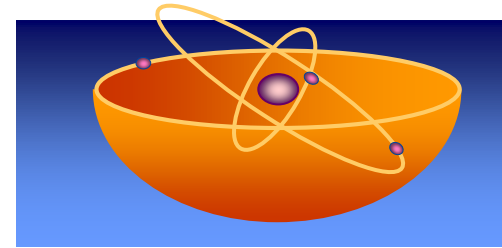
1926



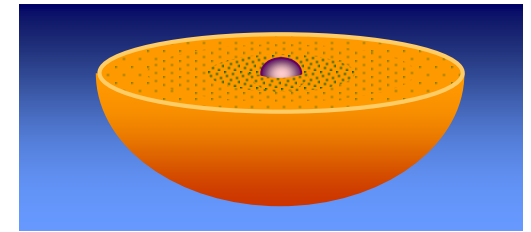
Modèle de
Thompson



Modèle de
Rutherford



Modèle de
Bohr



Modèle quantique (ou
modèle de Schrödinger)



Prix Nobel de
physique (1906)



Prix Nobel de
chimie (1908)

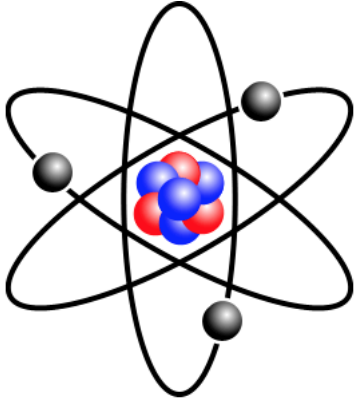


Prix Nobel de
physique (1922)



Prix Nobel de
physique (1933)

II. Structure atomique de la matière



Dans ce cours le modèle quantique ne sera pas abordé, et on se limitera à un modèle simple qui permettra après avoir introduit la notion de quantification de l'énergie de décrire le modèle de Bohr même si on le sait inexact.

II.1) L'atome

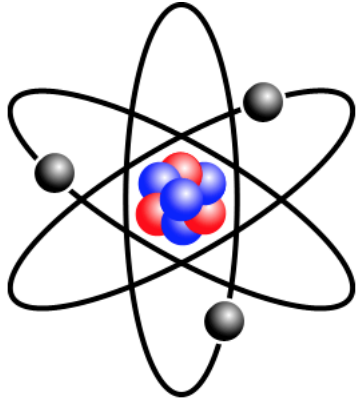
II.2) Propriétés des particules “élémentaires”

II.3) L'élément chimique

II.4) Ions

II.5) Isotopes

II.1) L'atome



Un atome est constitué :

d'un noyau chargé positivement composé
de protons et de neutrons

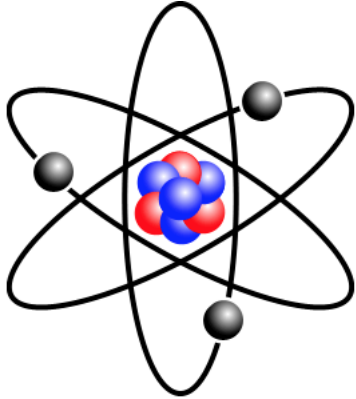
et d'électrons qui évoluent autour du noyau.

L'atome a une structure lacunaire

Noyau sphérique central : rayon de l'ordre de 10^{-15} m

Taille de l'ensemble atomique : de l'ordre de 10^{-10} m

II.1) L'atome



Symbole :



Z = numéro atomique (ou nb de charges) = nombre de protons

A = nombre de masse = nombre de nucléons (protons + neutrons)

Le symbole $\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X_N$ où N est le nombre de neutrons est parfois utilisé mais il est redondant car $N = A - Z$

II.2) Propriétés des particules “élémentaires”

	Charge	
Électron	$-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	Un atome possédant Z protons a aussi Z électrons
Proton	$e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	La cohésion de l'atome est assurée par des forces électrostatiques (coulombiennes) entre les protons et les électrons de charge oppose.
Neutron	0	La présence des neutrons assure la cohésion du noyau (forces nucléaires)

II.2) Propriétés des particules “élémentaires”

	Masse	
Électron	$0,9 \cdot 10^{-27} \text{ g}$	<div>$m(\text{neutron}) = m(\text{proton})$ $\gg m(\text{électron})$</div>
Proton	$1,7 \cdot 10^{-24} \text{ g}$	} Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ <i>numériquement : $1,7 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1 \text{ u.m.a} = "1 / N_A" \text{ en g}$</i>
Neutron	$1,7 \cdot 10^{-24} \text{ g}$	



La masse de l'atome (masse atomique) est égale à **A (en u.m.a)**

1 mole d'atome $\Leftrightarrow 6,02 \cdot 10^{23}$ atomes, chaque atome pesant A u.m.a soit $A \times 1,7 \cdot 10^{-24}$ grammes
1 mole d'atome \Leftrightarrow une masse de $(A \times 6,02 \cdot 10^{23} \times 1,7 \cdot 10^{-24})$ grammes soit A grammes



La masse d'une mole du même atome est égale à **A (en g)**
La masse molaire atomique est égale à **A (en g/mol)**

II.3) L'élément chimique

Un numéro atomique Z définit un élément chimique et son symbole

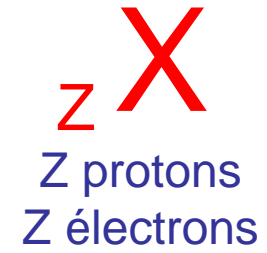


(ou ${}_Z X$)

Exemples :

Z	1	6	7	8
Élément chimique	Hydrogène ${}_1\text{H}$ (ou H)	Carbone ${}_6\text{C}$ (ou C)	Azote ${}_7\text{N}$ (ou N)	Oxygène ${}_8\text{O}$ (ou O)

II.4) Ions



Cation



Anion



II.5) Isotopes

Des isotopes d'un même élément sont des espèces qui ont :

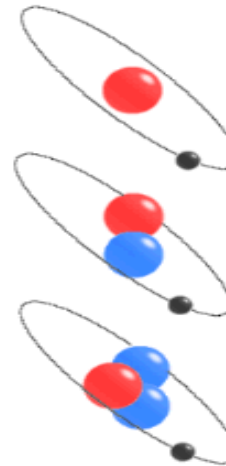
- le même nombre de protons (*même Z*)
- un nombre de neutrons différent (*donc A différent*)

Exemples :

Carbone



Hydrogène



deutérium

tritium

III. Quantification de l'énergie

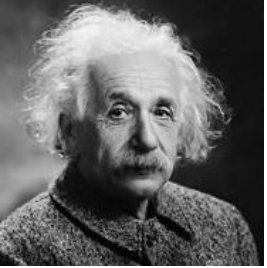
III.1) Modèle corpusculaire de la lumière

III.2) Echanges quantifiés d'énergie

III.3) Modèle de Bohr

III.4) L'atome d'hydrogène dans le modèle de Bohr

III.1) Modèle corpusculaire de la lumière



Prix Nobel de
physique (1921)

Einstein → rayonnement monochromatique de fréquence ν est un flux de petites particules (corpuscules) appelées photons.

L'énergie de la lumière est transportée par les photons.

$$E = h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda}$$

Diagram illustrating the equation $E = h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda}$ with labels for the variables:

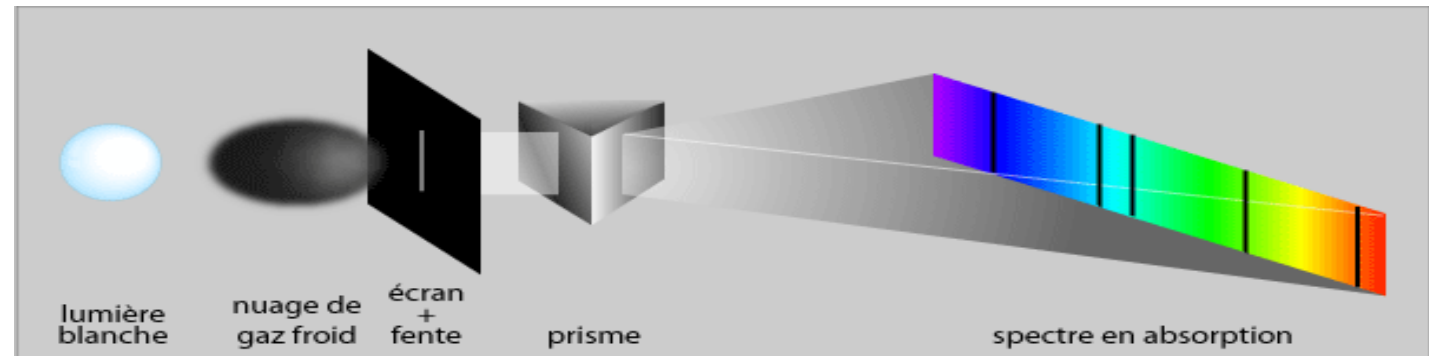
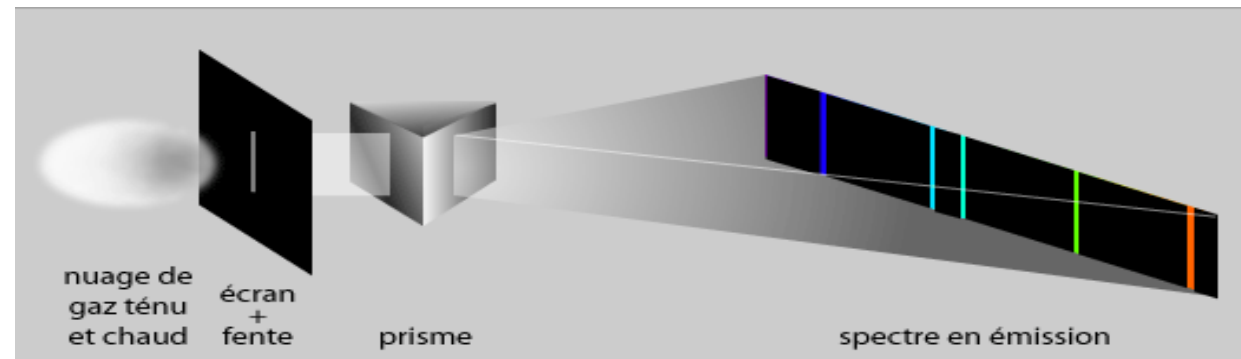
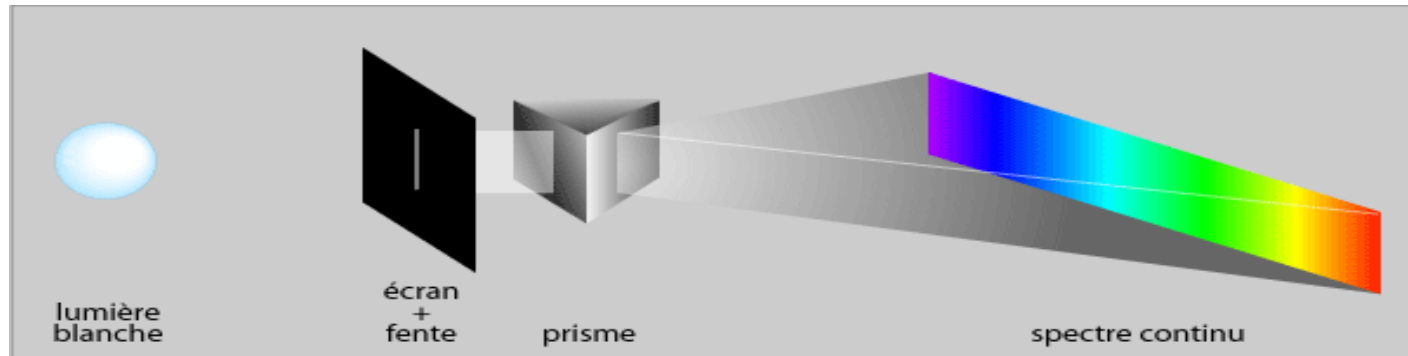
- Énergie** (Energy) points to E .
- Constante de Planck** (Planck constant) points to h .
- Célérité** (Speed of light) points to c .
- Longueur d'onde** (Wavelength) points to λ .



Prix Nobel de
physique (1918)

Le produit $h \cdot \nu$ est un quantum d'énergie. Chaque photon porte un quantum d'énergie.

III.2) Echanges quantifiés d'énergie



III.2) Echanges quantifiés d'énergie

Spectre d'émission



➤ Les fréquences des radiations émises par des atomes préalablement excités ne peuvent prendre que certaines valeurs.

Spectre d'absorption



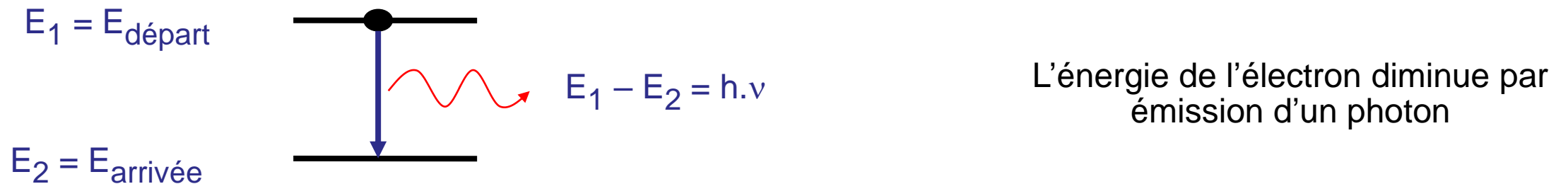
➤ Les fréquences de la lumière blanche absorbées par des atomes ne peuvent prendre que certaines valeurs.

III.2) Echanges quantifiés d'énergie

Absorption d'une radiation monochromatique de fréquence ν
= absorption d'un photon d'énergie $h.\nu$

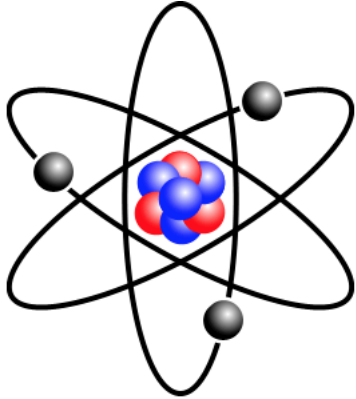


Emission d'une radiation monochromatique de fréquence ν
= émission d'un photon d'énergie $h.\nu$

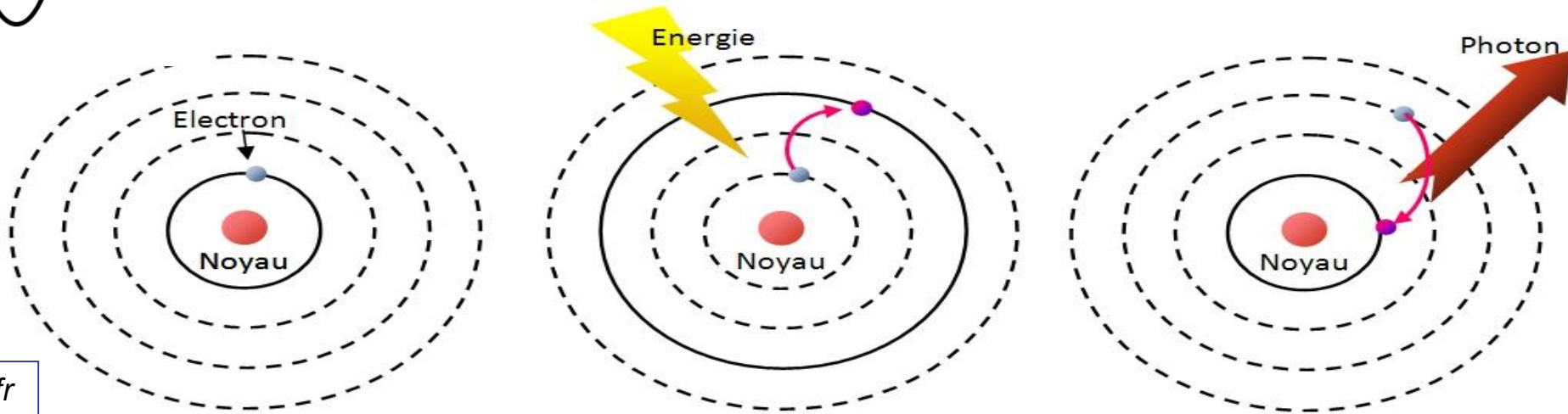


Les niveaux d'énergie accessibles aux électrons sont quantifiés

III.3) Modèle de Bohr



L'électron décrit des orbites circulaires de rayons bien définis autour du noyau avec une énergie bien définie.
(à une orbite correspond une énergie).

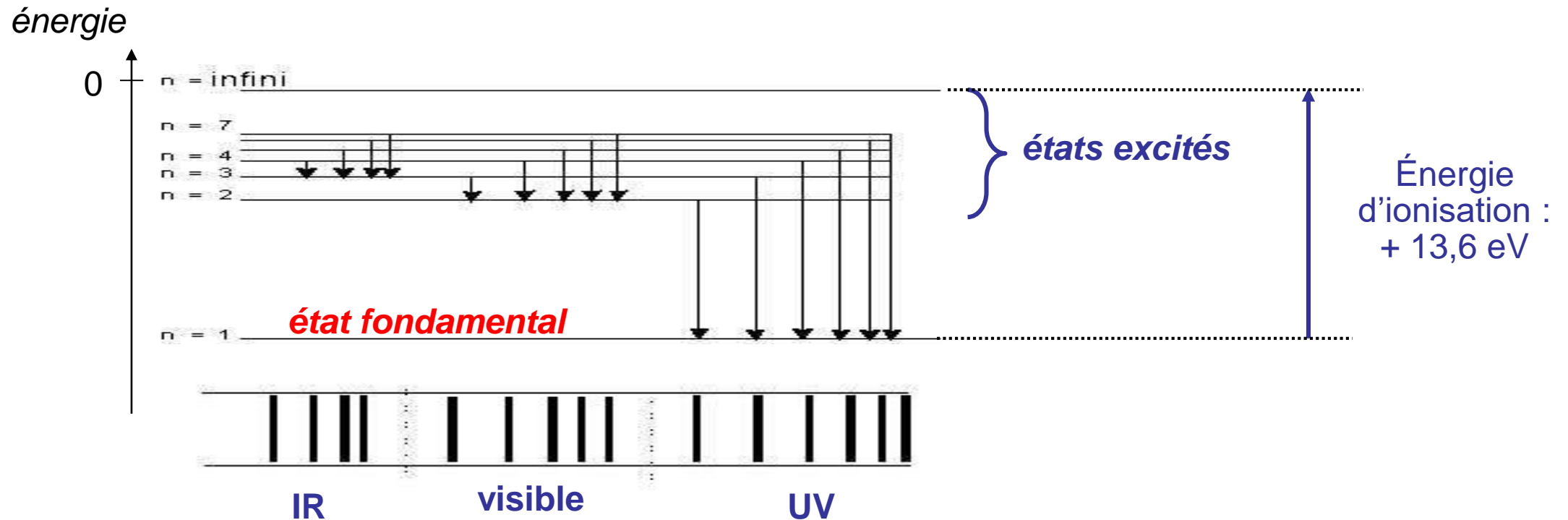


accres.ens-lyon.fr

Un électron

- s'éloigne du noyau si l'énergie est absorbée
- se rapproche du noyau si l'énergie est émise

III.4) L'atome d'hydrogène dans le modèle de Bohr



Rayons des orbites: $R_n = a_0 \times n^2 = 53 \times n^2$ (en pm)

Niveaux d'énergie : $E_n = - 13,6 / n^2$ (en eV) ; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Nombre quantique principal « n » : n est un entier non nul

L'essentiel

L'atome peut être visualisé comme un noyau central contenant
Z protons ($q = +e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m = 1 \text{ u.m.a}$)
et $(A - Z)$ neutrons ($q = 0$; $m = 1 \text{ u.m.a}$)
autour duquel gravite Z électrons ($q = -e = - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; m négligeable).

Z est le numéro atomique, il est caractéristique de l'élément associé à l'atome.

A est le nombre de masse (nombre de nucléons). Il représente la masse de l'atome en u.m.a
($1 \text{ u.m.a} = "1 / N_A"$ en g) ou la masse d'une mole d'atomes en gramme.

La cohésion de l'atome est assurée par des forces coulombiennes (tandis que la cohésion du noyau est assurée par des forces nucléaires)

La perte ou la gain d'un ou plusieurs électrons par un atome conduit respectivement à un cation ou à anion.

A un même élément peuvent correspondre plusieurs atomes (ou ions) isotopes (nombre de neutrons différent)

L'essentiel

La spectroscopie atomique prouve l'existence de niveaux d'énergie quantifiées dans l'atome (spectres de raies en émission ou en absorption).

Un photon est absorbé lorsque l'électron passe d'un niveau inférieur à un niveau supérieur. Il est émis lorsqu'il passe d'un niveau supérieur à inférieur. Quantum d'énergie associé : $\Delta E = h \cdot \nu$ (h constante de Planck et ν fréquence du rayonnement).

Bohr attribue à chaque orbite électronique une énergie quantifiée pour l'électron de l'atome d'hydrogène ($E_n = -13,6/n^2$ (en eV avec $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)).

L'électron à l'état fondamental a donc une énergie de $-13,6 \text{ eV}$. L'atome est ionisé lorsque E_n tend vers 0. L'énergie d'ionisation est donc de $13,6 \text{ eV}$ pour l'atome d'hydrogène.

Exercices

Exercice 1. Combien y-a-t-il de protons, de nucléons, de neutrons et d'électrons dans un atome de fer ($Z = 26$) de nombre de masse $A = 56$? Dans un ion $^{56}\text{Fe}^{2+}$? Dans un ion $^{35}_{17}\text{Cl}^{-}$?

Exercice 2. Quelle(s) proposition(s) est(sont) vraie(s) ?

A- Le noyau concentre la quasi-totalité de la masse d'un atome.

B- L'atome est essentiellement constitué de vide.

C- La charge du neutron est opposée à celle de l'électron.

D- Un élément chimique est caractérisé par son nombre de masse.

E- Deux isotopes diffèrent par leur numéro atomique.

Exercice 3. Avec calculatrice, calculer l'énergie du photon absorbé (en eV) lors du passage de l'électron de l'atome d'hydrogène de l'état fondamental au niveau énergétique caractérisé par la valeur de $n = 2$.

Exercices (correction)

Exercice 1.

$^{56}_{26}\text{Fe}$: 26 protons, 56 nucléons, 30 neutrons et 26 électrons.

$^{56}\text{Fe}^{2+}$: 26 protons, 56 nucléons, 30 neutrons et 24 électrons.

$^{35}_{17}\text{Cl}^{-}$: 17 protons, 35 nucléons, 18 neutrons et 18 électrons.

Exercice 2. A et B

Exercice 3.

$E_1 = -13,6 \text{ eV}$ est l'énergie du niveau fondamental

$E_2 = -13,6/2^2 = -13,6/4 = -3,4 \text{ eV}$ est l'énergie du niveau $n = 2$ (premier niveau excité)

Le photon absorbé a une énergie égale à $E_2 - E_1 = -3,4 + 13,6 \text{ eV}$ soit $10,2 \text{ eV}$

Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'Université Grenoble Alpes (UGA).

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits à l'Université Grenoble Alpes (UGA), et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.