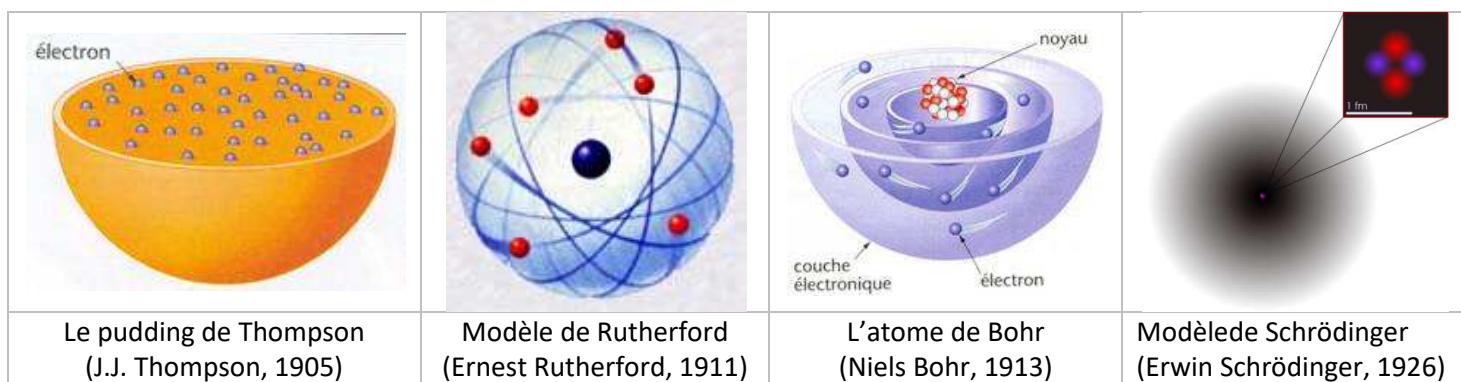


Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	Le modèle atomique (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

Le modèle de l'atome

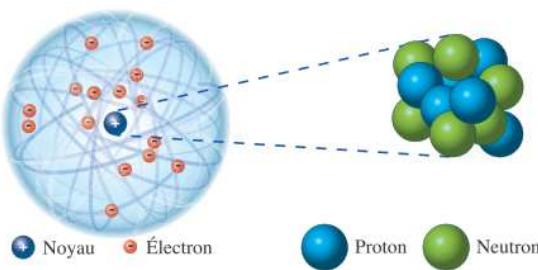
1. Historique

Un modèle est une représentation théorique d'une réalité restreinte de la nature qui n'est pas accessible par les sens. Il a pour utilité de décrire, d'interpréter et de prévoir des événements dans le cadre de cette réalité et ne s'applique qu'à un nombre limité de phénomènes.



2. Constitution de l'atome

Un atome est constitué de particules chargées qui se répartissent dans 2 parties :



- **Un noyau :** Il est constitué de protons (de charge électrique positive), et de neutrons (de charge électrique nulle). Ces particules, qui constituent le noyau, sont également appelées *nucléons*.
- **Un cortège électronique :** Il est constitué d'électrons (de charge électrique négative) qui gravitent autour du noyau.

A RETENIR :

- La charge électrique d'un proton est appelée charge élémentaire, on la note e ;
- L'électron porte une charge électrique négative, opposée à celle du proton ;
- Un atome possède autant de protons que d'électrons : il est électriquement neutre.

	proton
	neutron
	électron

Particule	Symbol	Charge électrique (C)	Masse (kg)
Proton	p	$e=1,602 \times 10^{-19}$	$m_p=1,6726 \times 10^{-27}$
Neutron	n	0	$m_n=1,6749 \times 10^{-27}$
Electron	e^-	$-1,602 \times 10^{-19}$	$m_e=9,1094 \times 10^{-31}$

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	Le modèle atomique (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

3. Représentation symbolique du noyau

Un noyau est constitué de **Z protons** et de **N neutrons**. On le symbolise par :



$A = Z + N$ = nombre de masse d'un noyau, c'est le **nombre de nucléons** (protons+neutrons) qu'il contient.

Z = **numéro atomique** d'un noyau, c'est le nombre de protons qu'il contient.

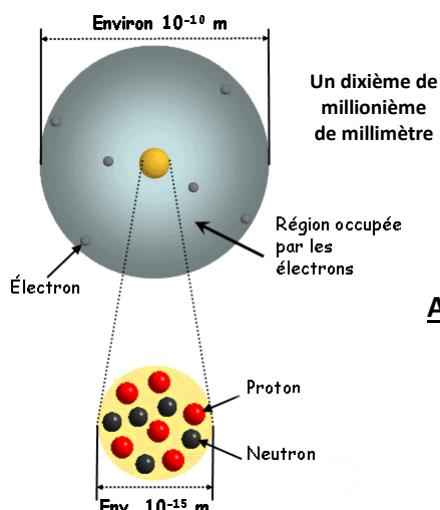
⇒ Un atome étant électriquement neutre, il possède **Z électrons**.

A RETENIR :

- La charge totale du noyau vaut $+Z \times e$.
 - La paire (Z, A) caractérise un atome.
- L'ensemble des atomes définis par la paire ($Z ; A$) forment un **nucléide** ;
- L'ensemble des nucléides ayant le même numéro atomique (Z) correspond à un **élément**.

4. Les caractéristiques de l'atome

4.1. Les dimensions de l'atome



$$\frac{r_{\text{atome}}}{r_{\text{noyer}}} = \frac{10^{-10}}{10^{-15}} = 10^5 = 100\ 000$$

⇒ Le diamètre de l'atome est 100 000 fois plus grand que celui du noyau.

A RETENIR :

- L'atome est essentiellement constitué de **vide**, on dit qu'il a une **structure lacunaire** ;
- Le noyau est de taille négligeable devant celle de l'atome.

4.2. Masse de l'atome

La masse d'un atome est égale à la somme des masses des particules qui le composent :

$$m_{\text{atome}} = Z \times m_p + (A - Z) \times m_n + Z \times m_e$$

Massee des protons Massee des neutrons Massee des électrons

Exemple : l'atome de fluor (${}^{19}_9 F$)

Masse de l'atome	Masse du noyau	$\frac{\text{masse du noyau}}{\text{masse de l'atome}}$
$m_F = 9 \times m_p + (19 - 9) \times m_n + 9 \times m_e$	$m_{\text{noyer}} = Z \times m_p + (A - Z) \times m_n$	$\% = \frac{Z \times m_p + (A - Z) \times m_n}{Z \times m_p + (A - Z) \times m_n + Z \times m_e} \times 100$

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	Le modèle atomique (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

$\Rightarrow m_F = 9 \times 1,67 \cdot 10^{-27} + 10 \times 1,67 \cdot 10^{-27} + 9 \times 9,11 \cdot 10^{-31}$	$\Rightarrow m_{\text{noyau}} = 9 \times 1,67 \cdot 10^{-27} + 10 \times 1,67 \cdot 10^{-27}$	$\frac{9 \times 1,67 \cdot 10^{-27} + 10 \times 1,67 \cdot 10^{-27}}{9 \times 1,67 \cdot 10^{-27} + 10 \times 1,67 \cdot 10^{-27} + 9 \times 9,11 \cdot 10^{-31}} \times 100$
$m_F = 3,18 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$	$m_{\text{noyau}} = 3,18 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$	99,95 %

On constate, par le calcul, que la masse d'un atome est concentrée dans son noyau. La masse du cortège électronique est négligeable :

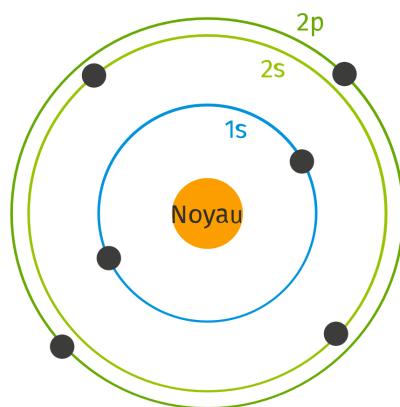
$$m_{\text{atome}} \approx m_{\text{noyau}} = Z \times m_p + (A - Z) \times m_n$$

Le noyau contient plus de 99,9 % de la masse de l'atome.

4.3. Le cortège électronique

Les **Z** électrons qui composent le nuage électronique d'un atome de numéro atomique **Z** sont en mouvement incessant et rapide. Ils restent néanmoins au voisinage du noyau car ils sont soumis à son attraction: le noyau qui porte la charge électrique $+Z \times e$ attire les électrons de charge $-e$.

Les électrons se répartissent en couches et sous-couches. Cette répartition se nomme la **configuration** (ou **structure électronique de l'atome**) :



Règle de Klechkowski :

1s
 2s 2p
 3s 3p 3d
 4s 4p 4d 4f
 5s 5p 5d 5f ...
 6s 6p 6d

Jusqu'à 18 électrons, les sous-couches se remplissent selon l'ordre suivant : 1s → 2s → 2p → 3s → 3p. Au-delà, il faut suivre la règle de Klechkowski (ci-dessus).

Couche	Sous-couche	Nombres maximal d'électrons	
		Sous-couche	Couche
1 (K)	1s	2	2
2 (L)	2s	2	
	2p	6	
3 (M)	3s	2	8
	3p	6	
	3d	10	

A RETENIR :

- La dernière couche de la configuration électronique qui contient des électrons est appelée **couche externe**. Elle contient les électrons **de valence** de l'atome ;
- Les autres couches sont appelées **couches internes** et contiennent les électrons **de cœur** des atomes.
- Les électrons présents dans la couche externe de la structure électronique (ces électrons sont ceux qui permettent de créer des liaisons chimiques) sont appelés « **Électron de valence** ».

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	Le modèle atomique (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

Exemple : l'atome de carbone ${}_6C$ possède six électrons ($Z = 6$). Sa configuration électronique est $1s^2 2s^2 2p^2$. Il a donc deux électrons dans chacune de ces sous-couches :



5. Les ions monoatomiques

5.1. Définition

Un ion monoatomique est formé par un atome qui a perdu ou gagné un ou plusieurs électrons.

Exemple :

Ca^{2+}	Cl^-
Atome de calcium qui a perdu 2 électrons	Atome de chlore qui a gagné 1 électron

A RETENIR :

- Un atome X se transforme en ion X^{p+} s'il perd **p** électrons et devient un **cation** ;
- Un atome X se transforme en ion X^{n-} s'il gagne **n** électrons et devient un **anion**.

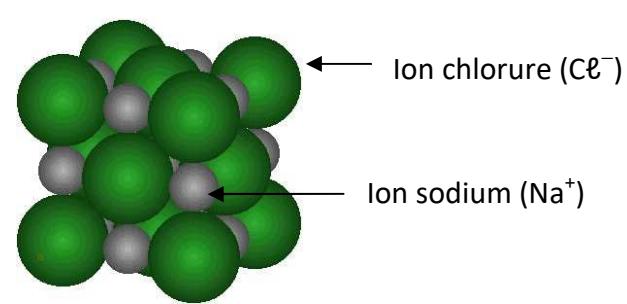
Quelques ions à connaître :

Formule	Nom
H^+	ion hydrogène
Na^+	ion sodium
K^+	ion potassium
Ca^{2+}	ion calcium
Mg^{2+}	ion magnésium
Cl^-	ion chlorure
F^-	ion fluorure

5.2. Les composés ioniques

Les composés ioniques solides sont des arrangements tridimensionnels (= en 3D) alternant des ions positifs et négatifs :

Le chlorure de sodium (sel)



Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	Le modèle atomique (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

A RETENIR :

Les composés ioniques sont électriquement neutres : ils comportent autant de charges positives que de charges négatives.

Remarque : par convention, dans la formule d'un composé ionique, l'ion positif est toujours mis en premier (ex : cristal ionique de NaCl).

5.3. Mise en évidence des ions monoatomiques

Pour mettre en évidence des ions monoatomiques, on peut réaliser des tests simples :

- Test d'identification avec une solution ;
- Test à la flamme ;
- ...

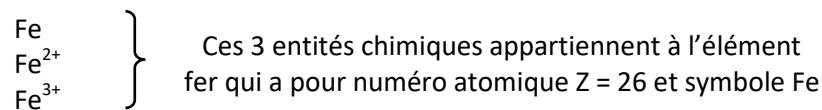
6. L'élément chimique

On donne le nom **d'élément chimique** à l'ensemble des entités, qu'il s'agisse d'atomes ou d'ions monoatomiques, caractérisées par le même nombre de protons Z, présents dans leur noyau.

ARETENR :

Ainsi, toutes les entités chimiques (atome ou ion monoatomique) possédant le même numéro atomique Z appartiennent au même **élément chimique**.

Exemple :



Application 1

I. Atome et structure électronique : (4,5 points)

- On donne le numéro atomique des atomes suivants : aluminium, Al (Z = 13) ; Néon, Ne (Z = 10)
- 1) Que représente la lettre Z pour le noyau de l'atome ?
 - 2) Combien d'électrons possède chaque atome ? Justifier.
 - 3) Etablir la structure électronique de chaque atome dans son état fondamental. Justifier votre réponse.
 - 4) Déterminer le nombre d'électrons sur la couche externe pour chaque atome.
 - 5) L'un des atomes est susceptible de former un ion. Lequel ? Quel est alors cet ion ? Justifier votre réponse.

Solution

- 1) La lettre Z représente le nombre de protons pour l'atome
- 2) L'aluminium a 13 électrons et le néon 10 électrons car dans un atome il y a autant d'électrons que de protons.
- 3) aluminium, Al (Z = 13) soit K(2)L(8)M(3) ; néon, Ne (Z = 10) soit K(2)L(8)
- La couche K est saturée pour 2 électrons et la couche L est saturée pour 8 électrons
- 4) Pour l'aluminium, il y a 3 électrons sur la couche externe ; pour le néon, il y a 8 électrons sur la couche externe
- 5) L'atome d'aluminium est susceptible de former un ion en perdant 3 électrons. On obtient alors l'ion Al³⁺ qui a comme structure électronique K(2)L(8), celle d'un gaz rare ou noble .

Application 2

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	Le modèle atomique (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

II. Qu'est-ce qu'un ion ? (8,5 points)

- C'est le chimiste suédois Svante August Arrhenius qui fut le premier, vers 1880, à découvrir que certaines substances en solution se trouvent sous la forme d'ions et non de molécules.
- 1) Compléter : Un ion est un atome qui a ou un (ou plusieurs) électron(s).
- On extrait le sel de cuisine dans les marais salants et les mines de sel. On peut le fabriquer artificiellement au laboratoire : on fait réagir le métal sodium Na avec le gaz dichlore Cl₂ (la réaction est violente !). Il se forme à la fin de la transformation du chlorure de sodium : c'est un solide constitué d'ions sodium Na⁺ et d'ions chlorure Cl⁻.
- 2) Compléter le tableau suivant et les questions 3) et 4) avec les mots qui conviennent parmi cette liste : négatifs ; chlorure ; perdu ; sodium ; gagné ; chlore ; Na⁺ ; Cl⁻ ; positifs ; e⁻ (certains mots peuvent être utilisés plusieurs fois)

Formation des ions	Formation des ions
• Les atomes Na se transforment en ions	• Les atomes Cl se transforment en ions
• Les ions sont des atomes de qui ont un électron	• Les ions sont des atomes de qui ont un électron
• Ce qui s'écrit : Na —→ +	• Ce qui s'écrit : Cl + —→

- 3) Compléter : L'électron gagné par l'atome de a été donné par l'atome de
.....
- 4) Compléter : Pour que la matière reste électriquement neutre, des ions sont toujours associés à des ions
- 5) Comment mémoriser de façon simple cation et anion ? Définir alors un cation.
- 6) Compléter le tableau suivant :

Atome	structure électronique de l'atome		structure électronique de l'ion	même structure électronique que	Symbol de l'ion
Ex : Li	K(2)L(1)	perd un e ⁻	K(2)	He	Li ⁺
F	K(2)L(7)	.....	.....	Ne	.....
Mg	K(2)L(8)M(2)	.....	.....	Ne	.....

Solution

- 1) Un ion est un atome qui a gagné ou perdu un (ou plusieurs) électron(s).

2)

Formation des ions sodium Na ⁺	Formation des ions chlorure Cl ⁻
<ul style="list-style-type: none"> Les atomes Na se transforment en ions Na⁺ Les ions sodium sont des atomes de sodium qui ont perdu un électron Ce qui s'écrit : Na —→ Na⁺ + e⁻ 	<ul style="list-style-type: none"> Les atomes Cl se transforment en ions Cl⁻ Les ions chlorure sont des atomes de chlore qui ont gagné un électron Ce qui s'écrit : Cl + e⁻ —→ Cl⁻

- 3) L'électron gagné par l'atome de chlore a été donné par l'atome de sodium

- 4) Pour que la matière reste électriquement neutre, des ions négatifs sont toujours associés à des ions positifs

- 5) Le mot cation a plus de lettres que le mot anion donc le cation est chargé positivement.
Ou dans le mot anion, le premier « n » du mot fait penser à négatif.

6)

Atome	structure électronique de l'atome		structure électronique de l'ion	même structure électronique que	Symbol de l'ion
F	K(2)L(7)	gagne un e ⁻	K(2)L(8)	Ne	F ⁻
Mg	K(2)L(8)M(2)	perd deux e ⁻	K(2)L(8)	Ne	Mg ²⁺

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	Le modèle atomique (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

Application 3

III. Identifications des ions (2 points)

- Indications : Identification des ions en solution :

Ion	ion chlorure Cl^-	ion sulfate SO_4^{2-}	ion cuivre II Cu^{2+}	ion fer II Fe^{2+}	ion fer III Fe^{3+}
Réactif	solution de nitrate d'argent	solution de chlorure de baryum		solution de soude ou solution d'hydroxyde de sodium	
Couleur du précipité	blanc (qui noircit à la lumière du soleil)	blanc	bleu	vert	rouille

- Rédiger soigneusement un protocole permettant de mettre en évidence les ions contenus dans une solution de chlorure de fer III. Faire des schémas légendés.

Solution

Prendre 2 tubes à essai puis verser dedans environ 2 mL de solution de chlorure de fer III.

- Dans l'un des tubes, verser quelques gouttes de solution de nitrate d'argent. Un précipité blanc devrait apparaître (qui noircit à la lumière) caractéristique des ions chlorure.
- Dans l'autre tube, verser quelques gouttes de solution de soude. Un précipité rouille devrait apparaître caractéristique des ions fer III.

Application 4

IV. Composition d'un atome et structure électronique (5 points)

- Compléter le tableau suivant

Atome	Ar (argon)	Si (silicium)	Na (sodium)	S (soufre)
Symbol du noyau	$^{40}_{18}\text{Ar}$	$^{29}_{14}\text{Si}$	$^{23}_{11}\text{Na}$	$^{32}_{16}\text{S}$
Nombre d'électrons	14	.....	.....
Nombre de protons	16
Nombre de neutrons	16
Structure électronique	$(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^1$	.....
Nombre d'électrons externes

Solution

Atome	Ar (argon)	Si (silicium)	Na (sodium)	S (soufre)
Symbol du noyau	$^{40}_{18}\text{Ar}$	$^{29}_{14}\text{Si}$	$^{23}_{11}\text{Na}$	$^{32}_{16}\text{S}$
Nombre d'électrons	18	14	11	16
Nombre de protons	18	14	11	16
Nombre de neutrons	22	15	12	16
Structure électronique	$(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^8$	$(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^4$	$(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^1$	$(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^6$
Nombre d'électrons externes	8	4	1	6