

• **DU MODELE DE RUTHERFORD A CELUI DE BOHR.**

❖ Remise en question de modèle de Rutherford.

Les scientifiques ont établi que la masse du proton ( $p^+$ ) est pratiquement égale à la masse d'un atome de H c'est-à-dire  $1.67 \cdot 10^{-27}$  Kg et que la masse d'un électron est 1836 fois (en simplifiant 2000) plus petite. On considère donc la masse de l'électron comme négligeable.

On pourrait donc dire que :

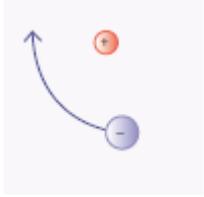
-la masse de l'atome, c'est la masse des protons.

-la masse atomique relative correspond donc au nombre de protons situés dans le noyau de l'atome.

Le nombre Z indique le nombre de protons et donc d'électrons que l'atome contient.

Nous arrondirons la  $A_r$  pour simplifier nos calculs.

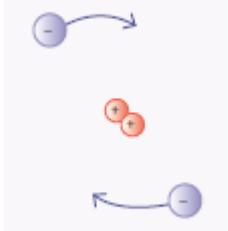
○ CAS DE L'ATOME D'HYDROGENE

	Z	Nombre de protons	Nombre d'électrons	$A_r$	Modèle simplifié
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">           1  <b>H</b>            1.008         </div>	1	1	1	1	

○ CAS DE L'ATOME D'HELIUM.

Puisque la masse de l'atome correspond à la masse des protons, la  $A_r$  devrait être égale à **2** puisqu'il contient 2 protons donc  $A_r \text{ He} = \dots$ .

Prend ton TP, vérifie et complète le tableau ci-après.

	Z	Nombre de protons	Nombre d'électrons	$A_r$	Modèle simplifié
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">           2  <b>He</b> </div>	2	2	2	4	

Cela ne correspond pas à ce que nous avons supposé. Car la  $A_r$  de He vaut 4 et non 2 (comme dans le raisonnement précédent).

Le modèle de Rutherford ne permet donc pas d'expliquer **d'où vient cette différence de masse**

❖ Un nouveau concept : le modèle de Rutherford –Chadwick.

Pour expliquer cette différence de masse, les scientifiques émettent l'hypothèse qu'il y a une particule supplémentaire dans le noyau de l'atome.

Comme les atomes sont électriquement neutres, cette particule devrait l'être également et elle a été baptisée **NEUTRON**, symbolisée par  $n^0$

En 1932, un physicien anglais, Sir James Chadwick collabore avec Rutherford et confirme de façon expérimentale l'existence de cette particule et ils déterminent sa masse comme égale à celle du **proton**.

Le nom de **nucléon** fut donné aux particules constitutives du noyau ( **proton** + **neutron** ).

❖ Neutron et  $A_r$ .

La masse de l'atome est concentré dans son noyau. Nous désignerons par **A** le nombre de protons et de neutrons contenus dans le noyau. Il est égal à la valeur arrondie de la masse atomique relative.

**On retiendra.**

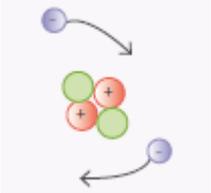
**A =nombre de masse =nombre de neutrons et de protons**

**Electron =particule constitutive de l'atome de charge – notée  $e^-$  gravitant autour du noyau**

**Proton=particule constitutive du noyau de l'atome de charge + et notée  $p^+$**

**Neutron= particule constitutive du noyau de l'atome ne possédant pas de charge et notée  $n^0$**

❖ L'existence du neutron nous permet d'expliquer la différence de masse observée dans le cas de He.

	Z	Nombre de protons	Nombre d'électrons	A	Modèle simplifié
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>2 <b>He</b> 4,003</p> </div>	2	2	2	4	

Le noyau de l'atome de He est constitué de **2 protons** et de **2 neutrons**

Le A de He vaut **4** signifie que le noyau de l'atome de He est constitué de **2 p<sup>+</sup>** et de **2 n<sup>0</sup>**

Il contient donc **4 nucléons**

Le nombre de masse d'un atome correspond au nombre de nucléons et équivaut à la somme de ses protons et de ses neutrons

Pour trouver le nombre de neutrons, il faut faire le calcul suivant.

$$Z = p^+ = e^- \quad , A = p^+ + n^0 \quad , n^0 = A - p^+ = A - Z$$

En chimie, quand on veut indiquer pour un atome déterminé, son nombre atomique **Z** et son nombre de masse **A**, ceux-ci sont placés devant le symbole de l'atome respectivement en indice et en exposant



= modèle AZX

Tout atome électriquement neutre est composé de :

- D'un noyau comprenant :
  - Un ou plusieurs protons
  - O, un ou plusieurs neutrons
- D'électrons évoluant autour du noyau et en nombre égal au nombre de protons

✚ Pourquoi la  $A_r$  est-elle un nombre décimal ?

Observons le document concernant l'atome d'hydrogène.

	Modèle AZX	Noyau	Nbr e <sup>-</sup> z	Nbr p <sup>+</sup> z	Nbr n <sup>0</sup> A-Z	Nbr masse A
Protium	${}^1_1\text{H}$		1	1	0	1
Deutérium	${}^2_1\text{H}$		1	1	1	2
Tritium	${}^3_1\text{H}$		1	1	2	3



= proton



= neutron

Vous avez déjà entendu parler de carbone 14 (il sert à dater des objets anciens) Il s'agit d'une variété de carbone (radioactif) appelée isotope.

En vous aidant des info's récoltées, définis le terme « isotope ».

Un isotope est caractérisé par un nombre atomique  $Z$  identique et un nombre de masse  $A$  différent. Cela signifie que le nombre de protons et d'électrons est le même pour chaque isotope mais le nombre de neutrons peut varier.

Le nombre de neutrons est différent pour chaque isotope

La  $A_r$  est un nombre décimal parce que : c'est la moyenne des masses « isotopiques » tenant compte de l'abondance de chaque isotope naturel

On retiendra :

- Les isotopes sont des atomes d'un même élément qui possèdent le même nombre de protons et d'électrons mais un nombre de neutrons différent
- Dans une case du TP, un élément chimique regroupe donc l'ensemble des isotopes naturels existants dans une même case du TP (donc de même nombre  $Z$ )
- La masse atomique relative d'un élément est un nombre décimal car elle résulte d'une moyenne des masses isotopiques

Rem : grâce aux signaux qu'ils émettent, on utilise des isotopes radioactifs en médecine pour :

-suivre le cheminement d'un produit dans l'organisme

-délimiter un organe

-irradier des tissus dans lesquels ils se fixent (en thérapie)

## CONCEPTS INDISPENSABLES.

### ❖ Les limites du modèle de Rutherford Chadwick.

Nous avons vu que les éléments d'une même famille avaient des propriétés semblables. Mais alors pourquoi émettent-ils des rayonnements lumineux de couleurs différentes lorsqu'ils sont chauffés ?

[http://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Flammes\\_color%C3%A9es](http://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Flammes_color%C3%A9es)

C'est un des principes de base de la pyrotechnie qui permet de donner des couleurs aux fusées d'artifice ou aux feux de Bengale. Certaines couleurs particulièrement difficiles à obtenir (comme le bleu) sont de véritables secrets d'artificiers et sont jalousement conservés... En plus des couleurs, on peut faire des étincelles.

C'est aussi par cette méthode que les jongleurs colorent les flammes de leurs bâtons, en ajoutant à l'alcool des produits chimiques. Par contre, il n'est pas possible d'utiliser cette méthode pour colorer les flammes de bougies ou de briquet car les sels métalliques ne peuvent pas se dissoudre dans la cire ou le gaz.

### 1 Précautions

Outre les [précautions en chimie](#) qui sont d'usage, cette expérience comporte les attentions suivantes :

- Certains produits utilisés sont irritants , nocifs  ou toxiques  . Porter des gants et des lunettes de protection.
- Il faut prendre garde à ne pas mélanger les solutions et toujours tremper une tige en bois dans la même solution.
- Matériel : Sels métalliques en poudre : [Chlorure de sodium](#) NaCl (sel de cuisine), [Chlorure de potassium](#) KCl [Chlorure de lithium](#) LiCl   
[Chlorure de calcium](#) CaCl<sub>2</sub>  [Chlorure de strontium](#) SrCl<sub>2</sub>  

Tubes à essais, autant que de sels métalliques disponibles Tiges en bois pour brochettes Spatule, Bec Bunsen Flacons pulvérisateurs en plastique.

Spatule, Bec Bunsen Flacons pulvérisateurs en plastique.

## REMARQUE :

### *Les pictogrammes de sécurité*

Dans un laboratoire, ou au cours d'une manipulation en chimie, nous utilisons toute une série de produits. Mais nous en utilisons aussi dans notre **vie quotidienne** !

Ces produits sont contenus dans des flacons sur lesquels apparaissent des pictogrammes de danger, des risques et des précautions à prendre.

- Le mot "**ATTENTION**" ou "**DANGER**" apparaît en gras au centre de l'étiquette
    - **ATTENTION** est utilisé pour désigner des réactifs ou des mélanges qui ne sont pas très agressifs
    - **DANGER** est utilisé pour désigner des réactifs ou des mélanges plus agressifs nécessitant plus de précautions
  - Les pictogrammes sont au nombre de 9 et sont des carrés posés sur leur pointe et bordés de rouge. Les anciennes désignations des pictogrammes par des lettres (T+, Xn, Xi, ...) n'existent plus !
  - Les phrases de Risques sont remplacées par des mentions de danger, désignées par un code **H000** (H pour *Hazards* "danger" en anglais) et doivent être inscrites en toutes lettres.
  - Les consignes de Sécurité sont désormais appelées "conseils de prudence" et sont désignés par un code **P000** (P pour *Prudence*) et doivent être inscrits en toutes lettres.
  - Des informations complémentaires sont codées avec les codes **EUH000**. Ces codes apportent des précisions sur les dangers propres au réactif ou mélange.
- 
- *Les pictogrammes de sécurité*



Cette nouvelle signalétique a été décidée par l'Europe et est entrée progressivement en vigueur en 2010 ! Depuis 2015, tous les produits chimiques, ménagers comportent ces nouveaux symboles ! Apprenons dès aujourd'hui leur signification ! La plupart ressemblent aux anciens pictogrammes, mais des nouveaux apparaissent comme le < ! > ou le danger pour l'homme. Ces anciens pictogrammes sont encore présents sur d'anciens flacons de produits ménagers ou de produits

chimiques. Ceux-ci doivent normalement être réétiquetés (surtout dans les laboratoires didactiques).

Les correspondances avec les anciens pictogrammes (tableau simplifié)

<u>Nouveau pictogramme</u>	<u>remplace</u> (selon les phrases R/S accompagnant)	<u>symboles lettrés</u>
	 Comburant	O
	 inflammable	F+ , F et O
	 Explosif	E
	 Corrosif	Xi, C
	 Toxique	T+, T, Xn

	 Nocif, irritant	Xi, Xn
	  Danger pour la santé	T+, T, Xn
	 Danger pour l'environnement	N

## EXERCICE

Crée une étiquette répondant aux normes SGH pour le chlorure de Cobalt. Utilise un générateur d'étiquettes en ligne ou dessine-la.  
Caractéristiques du chlorure de cobalt :

Chlorure de Cobalt ( $\text{CoCl}_2$ ) - solide - 1000 grammes

- Ne pas respirer les poussières.
- Eviter l'exposition, se procurer des instructions spéciales avant utilisation.
- Eliminer le produit comme déchet dangereux.
- Eviter les rejets dans l'environnement.
- en cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'étiquette.



## 1. Baguettes en bois



Flammes colorées, de gauche à droite : violet pâle (potassium), rose fuchsia (lithium), rouge (strontium), orangé (calcium), jaune (sodium).  
Crédit photo : © 2006 [S. Querbes](#) pour [Anima-Science](#) et [Les atomes crochus](#).

- Préparer les solutions de sels métalliques en introduisant dans chaque tube l'équivalent d'une pointe de spatule de poudre. Laver la spatule entre chaque poudre de manière à ne pas faire de mélanges. Remplir les tubes aux 2/3 avec de l'eau et plonger une tige en bois dans chaque flacon.
- Au-dessus de la flamme du chalumeau (la plus bleue possible), faire passer tour à tour les tiges en bois imbibées des solutions de sels, en approchant la tige sur le bord de la flamme. Observer les différentes couleurs : bleu, vert, vert pâle, rouge, orangé-rouge, jaune-orange, lilas, rose fuchsia.
- 2. Lance-flammes colorées

On utilise des pulvérisateurs en plastique (donc inertes par rapport aux sels métalliques).

- L'équivalent d'une spatule de chaque sel est dilué dans un mélange 50% eau + 50% éthanol environ. Si le sel n'est pas complètement

dissout, filtrer la solution avant de l'introduire dans le pulvérisateur. Les couleurs pâles du potassium et du baryum ne seront bien visibles qu'avec le méthanol, dont la flamme de combustion est parfaitement incolore.

- Pulvériser la solution dans la flamme d'un briquet ou d'un chalumeau, **en faisant attention à ne pas respirer les vapeurs et à ne pas diriger la flamme vers une personne, un animal ou des objets inflammables.**
- On peut remarquer que le sulfate de cuivre donne des flammes vertes, alors que le chlorure de cuivre donne des flammes bleues-vertes.

### 3. Explications

---

- Lorsqu'un métal sous forme de sel est placé dans une flamme assez chaude, celui-ci absorbe de l'énergie puis la restitue sous forme de lumière. Si la lumière émise appartient au domaine du visible, nous observons une couleur. D'autres métaux peuvent émettre dans le domaine de l'ultra-violet mais nous ne le voyons pas.
- La couleur de la flamme n'est pas reliée à la couleur de la solution du sel métallique. Par exemple, la solution de sulfate de cuivre est bleue et la couleur de flamme est verte. De nombreux ions métalliques donnent des solutions colorées (cobalt, nickel, fer...) mais n'ont pas de couleur de flamme.
- Cette expérience peut être utilisée pour montrer que les électrons des atomes sont placés sur des niveaux ayant une énergie bien déterminée et pas n'importe comment. Lors de l'excitation par la chaleur, les électrons passent des niveaux stables à des niveaux instables (plus hauts en énergie). En se désexcitant, ils retournent à leur niveau d'origine et émettent un photon (lumière) d'une longueur d'onde bien précise (couleur).
- Et pourtant des éléments d'une même famille, donc ayant des propriétés similaires émettent des rayonnements lumineux de couleurs différentes lorsqu'ils sont chauffés.
- Le modèle ne permet pas non plus d'expliquer le fait suivant :

Les électrons en mouvement aléatoire autour du noyau perdent continuellement de l'énergie, ils devraient finir par s'écraser sur le noyau.

Niels Bohr tente de trouver une explication et publie sa théorie en 1913.

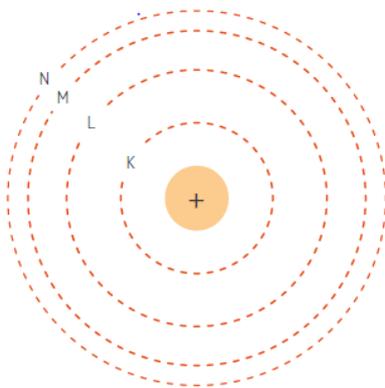
Le modèle proprement dit.

Il postule 2 faits :

1. Les électrons n'évoluent pas de manière aléatoire autour du noyau mais sur des couches possédant une énergie précise.
2. C'est en passant d'une couche à l'autre que les électrons peuvent émettre ou absorber de la lumière.

Il définit 7 couches électroniques et le nomme successivement K, L, M, N, O, P, Q (en partant du noyau).

La couche K est la couche possédant l'énergie la moins élevée tandis que les couches suivantes possèdent des niveaux d'énergie supérieure. L'écart entre chaque couche n'est pas identique et il diminue en s'éloignant du noyau.



Comment les électrons se répartissent-ils ?

Souvenez-vous les électrons chargés – exercent les uns sur les autres des forces de répulsion. Il ne peut donc y en avoir un nombre quelconque sur chaque couche.

Chaque couche ne peut contenir qu'un nombre maximum d'électrons par couche. Ce nombre est déterminé par la formule  $2 n^2$  ( $n$  =niveau d'énergie de la couche).

Lorsqu'une couche est remplie, on passe à la suivante et ainsi de suite jusqu'à épuisement des électrons.

Couche	N	Calcul	Nombre max d'e <sup>-</sup>
K	1	$2 \cdot 1^2$	2
L	2	$2 \cdot 2^2$	8
M	3	$3 \cdot 2^2$	18
N	4	$4 \cdot 2^2$	32
O	5		
P	6		
Q	7		

ATTENTION la théorie ne s'applique qu'aux 18 premiers éléments.

Les électrons de la couche la plus externe sont appelés **électrons périphériques**

Les électrons des autres couches sont appelés **électrons internes ou de cœur**

Écriture condensée de la configuration électronique des éléments.

Elle consiste à donner la lettre correspondant à la couche suivie du nombre d'e<sup>-</sup> situés sur cette couche et ce dans l'ordre des couches en s'éloignant du noyau.

Exemple pour l'atome de fluor.

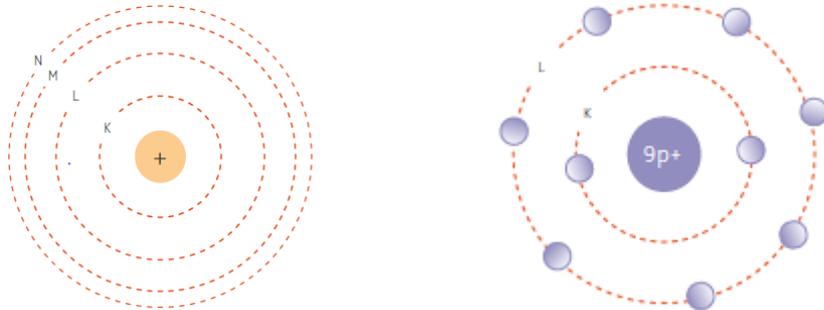
	Z	K (n=1)	L (n=2)	M (n=3)	N (n=4)	Écriture condensée
F	9	2	7			K2 L7

Indiquer dans la case le nombre d'e<sup>-</sup>.

## Représentation schématique selon le modèle de Bohr.

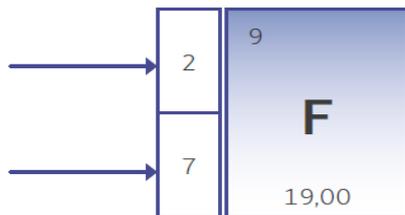
On peut également résumer ces informations sous forme d'un schéma en tenant compte du nombre d'électrons de chaque couche

Pour le fluor :



## Analyse d'une case du TP

Le TP (outil précieux pour le chimiste) nous renseigne également sur la répartition des électrons par couche.



Soit 2 électrons sur la couche K et 7 sur la couche L.

## Exercices

- 1) Modélise l'atome d'azote selon les différentes théories (depuis Dalton jusqu'à Bohr) voir plus bas
- 2) Une entité chimique comporte un noyau contenant 20 protons et 20 neutrons. Il est entouré d'un nuage électronique de 18 électrons. Que vaut son nombre de masse ?  $A = 20 p^+ + 20 n^0 = 40$
- 3) Un atome contient 10 électrons et 10 neutrons. Quel est son symbole et combien de protons possède-t-il ? **Ne et 10 protons**
- 4) Complète le tableau à l'aide de ton TP et écris pour chacun l'écriture condensée.

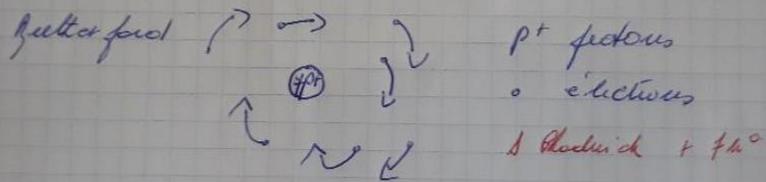
Nom de l'atome	Symbole	Z	A	p <sup>+</sup>	e <sup>-</sup>	N <sup>0</sup>
Bore	B	5	11	5	5	6
Calcium	Ca	20	40	20	20	20

Exercices p 24

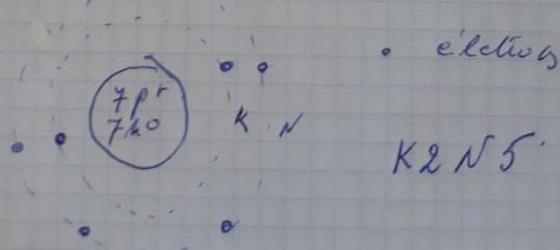
1) Atome d'oxyde  $N \rightarrow Z = 7$

Solton  $\circ$

Stomson  $\begin{pmatrix} 7+ \\ 7- \end{pmatrix}$



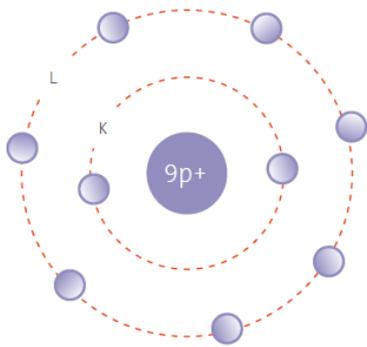
Bols  $A = 14 \rightarrow 7p^+ \text{ et } 7n^0$



# SYNTHESE

### Le modèle de Bohr

Exemple avec l'atome de fluor

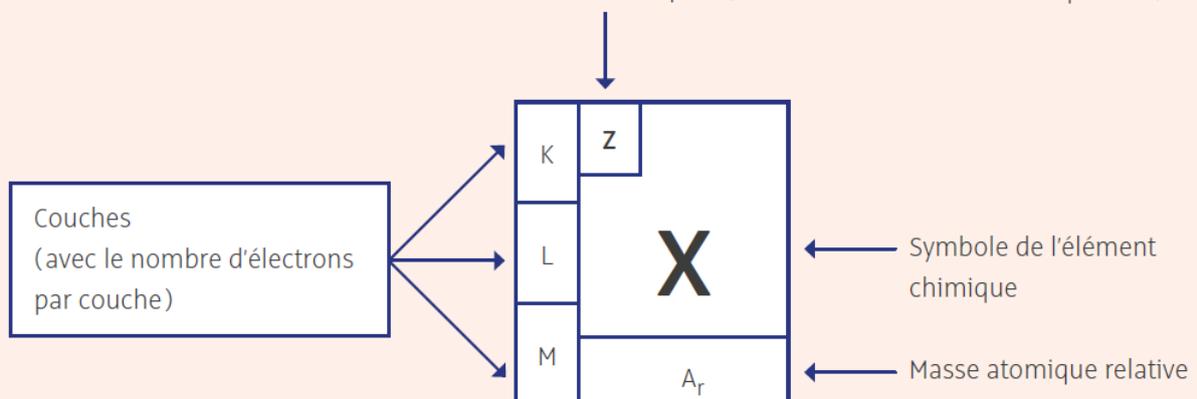


Tout atome électriquement neutre est composé:

- d'un noyau comprenant des nucléons:
  - 1 ou plusieurs protons
  - 0, 1 ou plusieurs neutrons
- d'électrons en nombre égal à celui des protons
- les électrons évoluent sur des couches d'énergie nommées K, L, M, N, O, P, Q en partant du noyau

### Carte d'identité d'un atome

Nombre atomique (= Nombre d'électrons ou de protons)



### REMARQUES:

- 1) Le taux d'occupation des couches par les e<sup>-</sup> est donné par la formule  $2n^2$  (valable pour les 18 premiers éléments)
- 2) ECRITURE CONDENSEE : pour Mg K2 L8 M2