

# CHAPITRE 1

## L'ATOME

### Rappel du référentiel - savoirs associés

Ce chapitre est un chapitre d'introduction à la chimie. Il ne fait pas partie du référentiel, mais il est nécessaire pour comprendre les différentes propriétés de la matière puisqu'il reprend la constitution de l'atome.

### Objectif.s :

Connaître la constitution de l'atome

Comprendre l'écriture symbolique d'un élément chimique

Savoir interpréter la classification périodique

Connaître la règle de l'octet

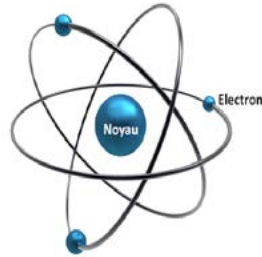
La matière, quelle que soit sa forme, est constituée d'un assemblage d'entités élémentaires appelées atomes. Ces atomes permettent d'expliquer toutes les propriétés physico-chimiques des différentes substances rencontrées dans notre environnement.

La mise en évidence de la constitution des atomes est récente, Rutherford en 1911 montre que l'atome est constitué d'un noyau chargé positivement et d'électrons, particules négatives en mouvement autour du noyau. La composition complète du noyau ne sera établie qu'en 1932.

# L'ATOME

## DÉFINITION

L'atome se compose d'un noyau et d'un nuage d'électrons gravitant autour de celui-ci.



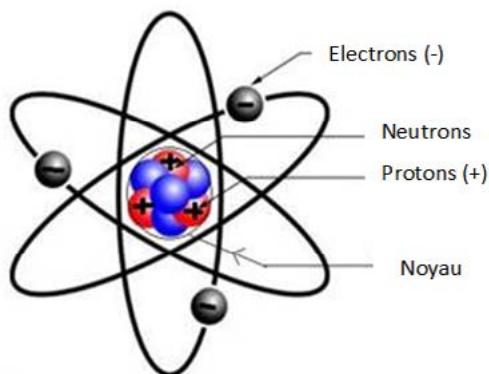
<http://chimieapps.blogspot.com>

## 1 LE NOYAU

## DÉFINITION

Le noyau chargé positivement, contient des particules élémentaires appelées : les nucléons. Ces nucléons se divisent en deux sortes de particules : les neutrons (sans charge donc neutres) en nombre **N** et les protons de charges positives en nombre **Z**.

**Z** est aussi appelé numéro atomique.



[http://thierry.col2.free.fr/restreint/exovideo\\_lycee/cours\\_seconde/univers\\_modele\\_atome.htm](http://thierry.col2.free.fr/restreint/exovideo_lycee/cours_seconde/univers_modele_atome.htm)

Le nombre de nucléons **A** se calcule à partir du nombre de neutrons et de protons par la relation : **A = Z + N**

**Remarque :** **A** est aussi appelé nombre de masse ou de nucléons.

## Charge du noyau

Seuls les protons possèdent une charge positive, les neutrons étant neutres, l'ensemble, c'est à dire le noyau, porte une charge équivalente à celle de la totalité des protons soit :

**+ Ze**

**e** appelé : charge élémentaire, correspond à la plus petite charge électrique existante.

Sa valeur : **e = 1,6.10<sup>-19</sup>C**. (en coulomb)

### EXEMPLE

*Quelle est la charge du noyau de l'élément carbone C ? Le carbone contient 12 nucléons : 6 neutrons et 6 protons.*

Le noyau porte une charge :  $q = 6e = 6 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 9,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

## Masse du noyau

Les protons et les nucléons ont des masses voisines :  $m_p \approx m_n \approx 1,672 \cdot 10^{-27} \text{kg}$

### EXEMPLE

*L'atome de carbone possède 12 nucléons, la masse du noyau est donnée par :*

$m = 12 \times 1,672 \times 10^{-27} = 2,006 \cdot 10^{-26} \text{kg}$ .

## 2 LES ÉLECTRONS

### Masse des électrons

L'électron de masse  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$ , porte une charge négative **-e**. Quel que soit l'atome, la masse des électrons reste négligeable devant celle du noyau. En très bonne approximation, on prendra  $m_{\text{atome}} \approx m_{\text{noyau}}$ .

### EXEMPLE

Calculer la masse du noyau de l'atome chlore sachant qu'il possède 35 nucléons ( $m_n \approx 1,672 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ ).

$m_{\text{noyau}} = 35 \times m_{\text{nucléons}} = 35 \times 1,672 \cdot 10^{-27} = 5,852 \cdot 10^{-26} \text{kg}$ .

Calculer la masse de l'atome de chlore sachant qu'il possède 17 électrons ( $m_e \approx 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$ ).

$m_{\text{atome}} = m_{\text{noyau}} + m_{\text{électrons}} = m_{\text{noyau}} + 17 \times m_{\text{électrons}}$

$m_{\text{atome}} = 5,852 \cdot 10^{-26} + 17 \times 9,1 \cdot 10^{-31} = 5,854 \cdot 10^{-26} \text{kg}$

Cet exemple montre que l'on a un écart relatif de 0,05% entre les deux valeurs, la masse des électrons est donc bien négligeable devant celle du noyau pour calculer la masse de l'atome.

---

## Charge et nombre d'électrons

---

Un atome étant toujours électriquement neutre, le nombre de charge positive est égal au nombre de charges négatives. La charge portée par l'ensemble des électrons est:  $-Ze$ .

### À RETENIR

Un atome étant toujours électriquement neutre, le nombre d'électrons est le même que le nombre de protons constituant le noyau soit  $Z$  électrons.

---

## Répartition des électrons autour du noyau

---

Les électrons évoluent autour du noyau, et sont en perpétuels mouvements. Ils forment ce que l'on appelle le nuage électronique.

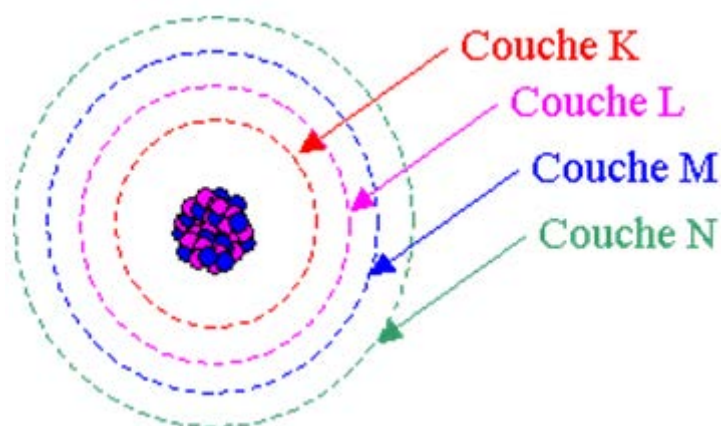
Chaque électron possède un niveau d'énergie pouvant être égal ou différent de celui des autres.

Les électrons de même niveau d'énergie évoluent sur une même orbite autour du noyau. Pour chaque niveau d'énergie différent correspond donc une orbite différente.

- Les électrons se répartissent toujours des couches les plus proches du noyau vers les couches supérieures.
- Une couche se remplit uniquement si la couche précédente est complète.
- La dernière couche contenant des électrons est appelée couche externe.

A chaque couche électronique, est associée une lettre :

- La 1<sup>ière</sup> couche, la plus proche du noyau porte la lettre K,
- La 2<sup>ième</sup> couche la lettre L,
- La 3<sup>ième</sup> couche la lettre M, et ainsi de suite...



<https://sites.google.com/site/olqualahoud/atomes>

Le nombre maximal d'électrons par couche est parfaitement déterminé ainsi :

- La couche K, la plus proche du noyau, contient au maximum 2 électrons.
- La couche L en contient 8.
- La couche M en contient 18 (En réalité on ne placera que 8 électrons sur la couche M, la répartition devenant plus complexe pour des nombres d'électrons plus importants).

La couche K se remplit en premier, quand elle est complète, la couche L se remplit, puis la M et ainsi de suite.

### **À RETENIR**

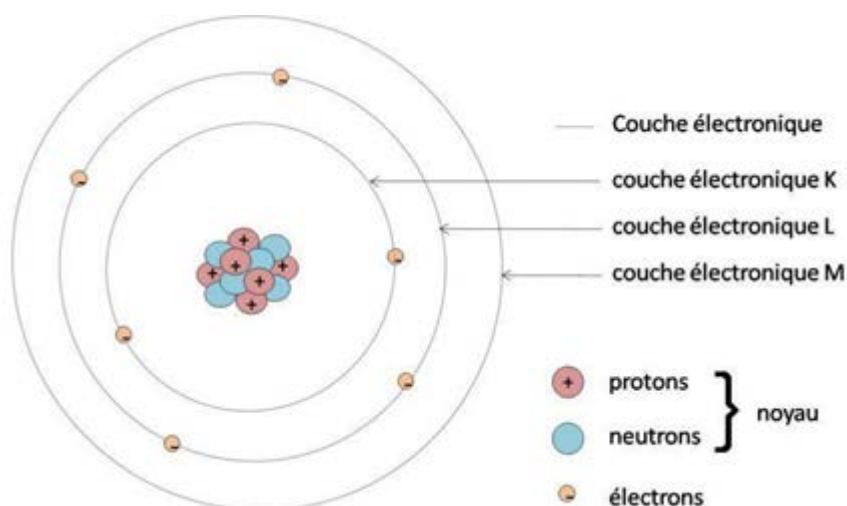
Les électrons se répartissent en couches électroniques de niveau d'énergie différent et ne sont pas tous à la même distance du noyau.

A chaque orbite correspond un niveau d'énergie, l'énergie est dite « quantifiée ». Elle ne peut prendre que des valeurs particulières, elle est discontinue.

### **EXEMPLE**

L'atome de carbone possède 6 électrons, la répartition sera la suivante:

- Couche K : 2 électrons
- Couche L : 4 électrons



<https://www.superprof.fr/ressources/scolaire/physique-chimie/seconde/structure-matiere/atome-et-symbole-atomique.html>

## L'ÉLÉMENT CHIMIQUE

### DÉFINITION

L'élément chimique est défini par rapport au numéro atomique  $Z$ .  
 Des éléments chimiques différents portent des numéros atomiques distincts.

### EXEMPLE

$Z = 6$  : carbone C  
 $Z = 8$  : oxygène O

**Remarque** : L'ensemble des atomes et des ions ayant le même numéro atomique  $Z$  appartiennent au même élément.

### EXEMPLE

Na et Na<sup>+</sup> correspondent au même élément sodium Na, ils portent le numéro atomique 11.

## Écriture symbolique de l'élément chimique

Chaque élément possède un symbole, pour écrire ces symboles on utilise une convention bien particulière :

La première lettre est toujours en majuscule la deuxième lorsqu'il y en a une, est en minuscule.

**EXEMPLE**

hydrogène H ; carbone C ; Oxygène O ; Chlore Cl ; azote N ;

**À RETENIR**

Écriture symbolique :  ${}^A_ZX$

X : lettre (s) associée (s) à l'élément chimique

A : nombre de nucléons constituant le noyau

Z : numéro atomique (nombre de protons)

**Remarque :**  ${}^{12}_6C$  et  ${}^{14}_6C$  correspondent au même élément carbone C, (Z = 6). Ils possèdent le même numéro atomique mais un nombre de nucléons A différent. Ce sont des isotopes.

**EXEMPLE**

La forme prépondérante du potassium est la suivante :  ${}^{39}_{19}K$ . On trouve aussi comme radioisotope naturel (dans la bauxite ou les boues rouges) la forme :  ${}^{40}_{19}K$ .

Donner le nombre de protons, neutrons et d'électrons des deux isotopes du potassium.

Isotope 39 : Nombre de protons Z=19,

Nombre de nucléons A = 39, d'où le nombre de neutrons N=A-Z =39-19=20 neutrons.

Nombre d'électrons = nombre de protons = 19 électrons

Isotope 40 : Nombre de protons Z=19,



Nombre de nucléons A = 40, d'où le nombre de neutrons N=A-Z =40-19=21 neutrons.

Nombre d'électrons = nombre de protons = 19 électrons

**CLASSIFICATION PÉRIODIQUE**

Les différents éléments sont classés dans la classification périodique des éléments. Elle découle de celle établie par Mendeleïev (chimiste russe) en 1869.

Elle regroupe les éléments chimiques rangés par ordre croissant des numéros atomiques Z.

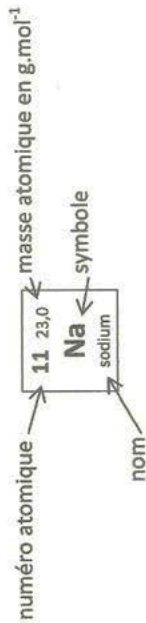
Elle s'organise en colonnes et en lignes appelées aussi périodes, numérotées de 1 à 7.

**Remarque :** Les éléments d'une même colonne possèdent des propriétés chimiques similaires. A ces familles d'éléments, on attribue un nom :

- 1<sup>re</sup> colonne : les alcalins (Li, Na, K...)

# CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS

Légende :



1	1,0	H	hydrogène	2	4,0	He	hélium
3	6,9	Li	lithium	10	20,2	Ne	néon
4	9,0	Be	béryllium	11	23,0	Na	sodium
12	24,3	Mg	magnésium	16	32,1	S	soufre
19	39,1	K	potassium	17	35,5	Cl	chlore
20	40,1	Ca	calcium	18	39,9	Ar	argon
21	45,0	Sc	scandium	31	69,7	Ga	gallium
39	89,9	Y	yttrium	32	72,6	Ge	germanium
37	85,5	Rb	rubidium	33	74,9	As	arsenic
56	137,3	Ba	baryum	34	79,0	Se	sélénium
57	138,9	La	lanthane	35	79,9	Br	brome
89	227	Ac	actinium	50	118,7	In	indium
58	140,1	Ce	cérium	49	114,8	Sn	étain
59	140,9	Pr	praséodyme	51	121,8	Sb	antimoine
60	144,2	Nd	néodyme	52	127,6	Te	tellure
61	145	Pm	prométhium	53	126,9	I	iode
62	150,4	Sm	samarium	81	204,4	Tl	thallium
63	152,0	Eu	europium	82	207,2	Pb	plomb
64	157,3	Gd	gadolinium	83	209,0	Bi	bismuth
65	158,9	Tb	terbium	84	210	Po	polonium
66	162,5	Dy	dysprosium	85	210	At	astate
67	164,9	Ho	holmium	86	222	Rn	radon
68	167,3	Er	erbium	90	232,0	Th	thorium
69	168,9	Tm	thulium	91	231,0	Pa	protactinium
70	173,0	Yb	ytterbium	92	238,0	U	uranium
71	175,0	Lu	lutétium	93	237,0	Np	neptunium
72	175,0	Lw	lawrencium	94	242	Pu	plutonium
73	173,0	Yb	ytterbium	95	243	Am	américium
74	173,0	Lu	lutétium	96	247	Cm	curium
75	173,0	Lu	lutétium	97	247	Bk	berckélium
76	173,0	Lu	lutétium	98	251	Cf	californium
77	173,0	Lu	lutétium	99	254	Es	einsteinium
78	173,0	Lu	lutétium	100	253	Fm	fermium
79	173,0	Lu	lutétium	101	256	Md	mendélévium
80	173,0	Lu	lutétium	102	254	No	nobélium
81	173,0	Lu	lutétium	103	257	Lw	lawrencium
82	173,0	Lu	lutétium	104	258	Lw	lawrencium
83	173,0	Lu	lutétium	105	259	Lw	lawrencium
84	173,0	Lu	lutétium	106	260	Lw	lawrencium
85	173,0	Lu	lutétium	107	261	Lw	lawrencium
86	173,0	Lu	lutétium	108	262	Lw	lawrencium
87	173,0	Lu	lutétium	109	263	Lw	lawrencium
88	173,0	Lu	lutétium	110	264	Lw	lawrencium
89	173,0	Lu	lutétium	111	265	Lw	lawrencium
90	173,0	Lu	lutétium	112	266	Lw	lawrencium
91	173,0	Lu	lutétium	113	267	Lw	lawrencium
92	173,0	Lu	lutétium	114	268	Lw	lawrencium
93	173,0	Lu	lutétium	115	269	Lw	lawrencium
94	173,0	Lu	lutétium	116	270	Lw	lawrencium
95	173,0	Lu	lutétium	117	271	Lw	lawrencium
96	173,0	Lu	lutétium	118	272	Lw	lawrencium
97	173,0	Lu	lutétium	119	273	Lw	lawrencium
98	173,0	Lu	lutétium	120	274	Lw	lawrencium
99	173,0	Lu	lutétium	121	275	Lw	lawrencium
100	173,0	Lu	lutétium	122	276	Lw	lawrencium
101	173,0	Lu	lutétium	123	277	Lw	lawrencium
102	173,0	Lu	lutétium	124	278	Lw	lawrencium
103	173,0	Lu	lutétium	125	279	Lw	lawrencium
104	173,0	Lu	lutétium	126	280	Lw	lawrencium
105	173,0	Lu	lutétium	127	281	Lw	lawrencium
106	173,0	Lu	lutétium	128	282	Lw	lawrencium
107	173,0	Lu	lutétium	129	283	Lw	lawrencium
108	173,0	Lu	lutétium	130	284	Lw	lawrencium
109	173,0	Lu	lutétium	131	285	Lw	lawrencium
110	173,0	Lu	lutétium	132	286	Lw	lawrencium
111	173,0	Lu	lutétium	133	287	Lw	lawrencium
112	173,0	Lu	lutétium	134	288	Lw	lawrencium
113	173,0	Lu	lutétium	135	289	Lw	lawrencium
114	173,0	Lu	lutétium	136	290	Lw	lawrencium
115	173,0	Lu	lutétium	137	291	Lw	lawrencium
116	173,0	Lu	lutétium	138	292	Lw	lawrencium
117	173,0	Lu	lutétium	139	293	Lw	lawrencium
118	173,0	Lu	lutétium	140	294	Lw	lawrencium
119	173,0	Lu	lutétium	141	295	Lw	lawrencium
120	173,0	Lu	lutétium	142	296	Lw	lawrencium

- 2<sup>e</sup> colonne : les alcalino-terreux (Be, Mg, Ca...)



- avant dernière colonne : les halogènes (F, Cl, Br, I)
- dernière colonne : les gaz rares (Ne, Ar, Kr...)

## RÈGLE DE L'OCTET

### 1 COUCHE EXTERNE

Suivant la position d'un élément dans la classification périodique, il est possible de déterminer la structure électronique de la couche externe. Celle-ci contient au maximum 8 électrons.

Ainsi les éléments de la :

- 1<sup>re</sup> colonne (alcalin) possèdent 1 électron sur la couche externe
- 2<sup>e</sup> colonne (alcalino-terreux) possèdent 2 électrons
- 13<sup>e</sup> colonne (bore) possèdent 3 électrons
- 14<sup>e</sup> colonne (carbone) possèdent 4 électrons
- 15<sup>e</sup> colonne (azote) possèdent 5 électrons
- 16<sup>e</sup> colonne (oxygène) possèdent 6 électrons
- 17<sup>e</sup> colonne (halogène) possèdent 7 électrons
- 18<sup>e</sup> colonne (gaz rare) possèdent 8 électrons

### 2 FORMATION DES IONS, RÈGLE DE L'OCTET

Hors mis les gaz rares, tous les atomes cherchent à compléter leur couche externe appelée aussi couche de valence. Pour cela les atomes peuvent former soit des liaisons (chapitre suivant) soit des ions.

#### DÉFINITION

Pour former des ions monoatomiques, les atomes vont perdre ou gagner des électrons :

Si l'atome perd des électrons, il se transforme en cation, et devient chargé positivement.

Si l'atome gagne des électrons, il se transforme en anion, et devient chargé négativement.

#### EXEMPLE

- Le calcium  $Z = 20$

Le calcium appartient à la deuxième colonne, il possède deux électrons sur la couche externe, il perd ses deux électrons pour se transformer en  $\text{Ca}^{2+}$ .

- Le chlore  $Z = 17$

Le chlore appartient à la colonne des halogènes, il possède 7 électrons sur la couche externe, il gagne un électron pour se transformer en  $\text{Cl}^-$ .

### ⚠ À RETENIR

Un atome peut céder ou capter autant d'électrons que nécessaires afin de compléter sa couche de valence.

Pour connaître la charge d'un ion on applique la **règle de l'octet** :

**Au cours de la formation d'un ion, les atomes tendent à perdre des électrons de leur couche externe ou à gagner des électrons sur leur couche externe, pour avoir la structure électronique du gaz rare le plus proche dans la classification périodique.**

👉 **Remarque:** L'hydrogène, le lithium et le béryllium complètent la couche externe avec 2 électrons, (le gaz rare le plus proche étant l'hélium :  $Z = 2$ ). Pour ces éléments, on parle de la règle du duet.

## 3 STRUCTURE ÉLECTRONIQUE

Afin d'obtenir le nombre d'électrons de la couche externe, on détermine la structure électronique (ou configuration électronique) de l'atome. A chaque couche, il est associé le nombre d'électrons qu'elle contient. Soit pour les atomes H, C, N et O :

$\text{H: (K)}^1$        $\text{C: (K)}^2(\text{L})^4$        $\text{N: (K)}^2(\text{L})^5$        $\text{O: (K)}^2(\text{L})^6$

Les couches inférieures sont systématiquement complètes, seule la couche externe ne l'est pas.

Atomes et structures électroniques	H : (K) <sup>1</sup>	C : (K) <sup>2</sup> (L) <sup>4</sup>	N : (K) <sup>2</sup> (L) <sup>5</sup>	O : (K) <sup>2</sup> (L) <sup>6</sup>
Couche externe	K	L	L	L
Nombre d'électrons manquants pour compléter la couche externe	1	4	3	2

**EXEMPLE**

Le potassium  ${}_{19}^{39}\text{K}$  :

1 Déterminer la composition du potassium en proton, neutron et électron

$Z = 19$ , le potassium contient 19 protons et 19 électrons

$A = 39$ ,  $N = 39 - 19 = 20$ , le potassium contient 20 neutrons

2 Déterminer l'ion associé au potassium

Structure électronique :  $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^9(\text{N})^1$

La couche externe contient 1 électron. Le potassium cède cet électron afin de former  $\text{K}^+$ .

3. Le chlore  ${}_{17}^{35}\text{Cl}$

Déterminer la composition du chlore en protons, neutrons et électrons.

$Z = 17$ , le chlore contient 17 protons et 17 électrons

$A = 35$ ,  $N = 35 - 17 = 18$ , le chlore contient 18 neutrons

4. Déterminer l'ion associé au chlore.

Structure électronique :  $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^7$

La couche externe contient 7 électrons. Le chlore gagne un électron afin de former  $\text{Cl}^-$ .

## SYNTHÈSE À RETENIR

• **Élément chimique** :  ${}^A_Z\text{X}$

X : lettre (s) associée (s) à l'élément chimique

A : nombre de nucléons constituant le noyau

Z : numéro atomique (nombre de protons)

$N = A - Z$  : nombre de neutrons

- Un atome est toujours électriquement neutre.
- Le nombre d'électrons est égal au nombre de protons soit Z électrons.
- Les électrons se répartissent en couches d'énergie quantifiée
- **Règle de l'octet** : Au cours de la formation d'un ion, les atomes tendent à perdre des électrons de leur couche externe ou à gagner des électrons sur leur couche externe, pour avoir la structure électronique du gaz rare le plus proche dans la classification périodique.

# Entraînement

## L'ATOME

**Pour répondre à certaines questions, vous vous aiderez de la classification périodique figurant dans les annexes.**

### QCM

---

**Cocher la ou les réponses exactes :**

**1.** Le noyau d'un atome est composé de :

- protons, neutrons et électrons.
- protons et électrons.
- électrons et neutrons.
- neutrons et protons.

**2.** Le proton a une charge électrique qui est :

- celle du neutron.
- la même que celle de l'électron.
- le double de celle de l'électron.
- égale à  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C.

**3.** Un élément chimique est caractérisé par son :

- nombre d'électrons..
- son nombre de protons.
- son nombre de nucléons.
- son numéro atomique.

**4.** Les atomes représentés par  ${}_{17}^{35}\text{Cl}$  et  ${}_{17}^{37}\text{Cl}$

- sont des isotopes.
- ont le même nombre de neutrons.
- ont le même nombre de protons.
- ont le même numéro atomique.

**5.** Les atomes représentés par  ${}_{30}^{64}\text{Zn}$  et  ${}_{28}^{64}\text{Ni}$

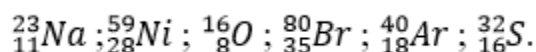
- ont le même nombre de protons.
- ont le même nombre de nucléons.

- sont des isotopes.
  - ont le même nombre de neutrons.
- 6.** La structure électronique du silicium est  $(K)^2(L)^8(M)^4$ , le nombre d'électrons sur sa couche externe est :
- 2
  - 4
  - 8
  - 14
- 7.** Un atome d'or possède les caractéristiques suivantes :  $Z = 79$  et  $A = 197$
- Le nombre d'électrons est de 118
  - Le nombre de protons est de 118
  - Le nombre de neutrons est de 118
  - Le nombre de nucléons des de 118
- 8.** Dans la classification périodique. Les éléments sont rangés par :
- ordre alphabétique.
  - masse atomique croissante.
  - nombre de nucléons croissant
  - numéro atomique croissant.
- 9.** Pour obtenir la formule électronique d'un gaz noble, un atome de magnésium Mg de formule électronique  $(K)^2(L)^8(M)^2$ :
- peut former le cation  $Mg^{2+}$ .
  - peut former l'atome Ne.
  - peut former l'anion  $Mg^{2-}$ .
  - peut gagner 2 électrons.
- 10.** Dans la classification périodique, pour respecter la règle de l'octet :
- les atomes de la deuxième colonne gagnent deux électrons.
  - les atomes de la colonne des halogènes gagnent un électron.
  - les atomes de la première colonne perdent un électron.
  - les atomes de la dernière colonne ne gagnent ni ne perdent d'électrons.

## EXERCICE 1

---

1. Déterminer le nombre de protons, neutrons et électrons des éléments suivants :



## EXERCICE 2

---

1. Les ions suivants  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Sr}^{2+}$ ;  $\text{Na}^+$ ;  $\text{S}^{2-}$ , ont-ils le même nombre d'électrons que  ${}_{18}^{40}\text{Ar}$  ?

## EXERCICE 3

---

Quatre nucléides A, B, C et D ont des noyaux constitués comme ci-dessous :

	A	B	C	D
Nombre neutrons	26	25	27	27
Nombre protons	21	22	22	20

À l'aide la classification périodique donnée dans les annexes, retrouver les différents symboles et noms des éléments A, B, C et D du tableau ci-dessus.

## EXERCICE 4

---

Donner la structure électronique des éléments suivants :  ${}_3\text{Li}$ ;  ${}_{12}\text{Mg}$ ;  ${}_{13}\text{Al}$ ;  ${}_8\text{O}$ ;  ${}_9\text{F}$ ;  ${}_2\text{He}$ .

Même question avec les ions :  $\text{Li}^+$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{Al}^{3+}$ ;  $\text{O}^{2-}$ ;  $\text{F}^-$ .

## EXERCICE 5

---

L'élément sodium a pour symbole chimique  ${}_{11}^{23}\text{Na}$

1. Donner la composition en protons, neutrons et électrons.
2. Donner la structure électronique de cet atome.