



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.

Objectifs :

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

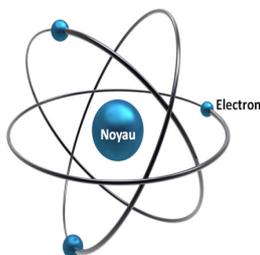
La matière, quelle que soit sa forme, est constituée d'un assemblage d'entités élémentaires appelées atomes. Ces atomes permettent d'expliquer toutes les propriétés physico-chimiques des différentes substances rencontrées dans notre environnement.

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.

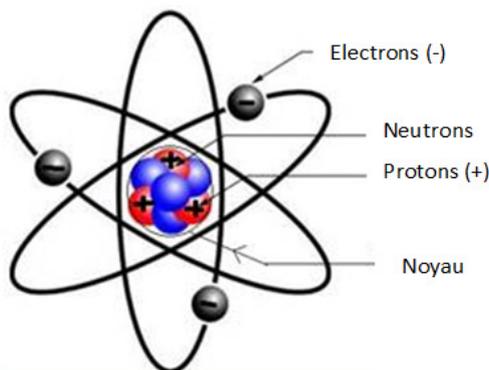


<http://chimieapps.blogspot.com>

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

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 = 1,6.10⁻¹⁹C**. (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.

$$m_{\text{atome}} \approx m_{\text{noyau}}$$

$$m_n \approx 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

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

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

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

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

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

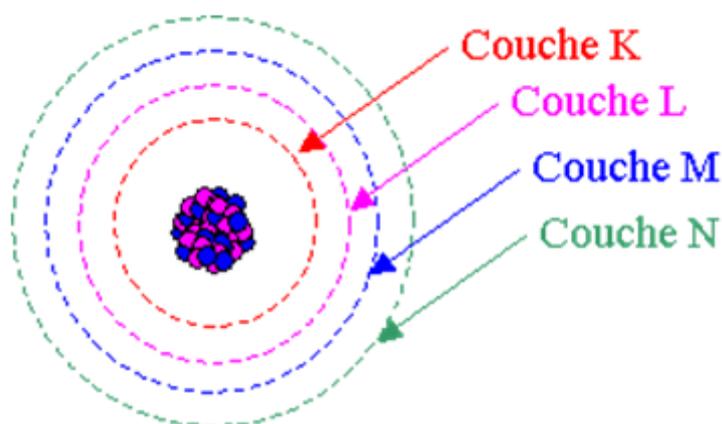
Les électrons évoluent autour du noyau, et sont en perpétuels mouvements. Ils forment ce que l'on appelle le nuage électronique. Chaque électron possède un niveau d'énergie pouvant être égal ou différent de celui des autres. Les électrons de même niveau d'énergie évoluent sur une même orbite autour du 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^{re} couche, la plus proche du noyau porte la lettre K,
- La 2^e couche la lettre L,
- La 3^e couche la lettre M, et ainsi de suite...



<https://sites.google.com/site/olgualahoud/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 important).

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

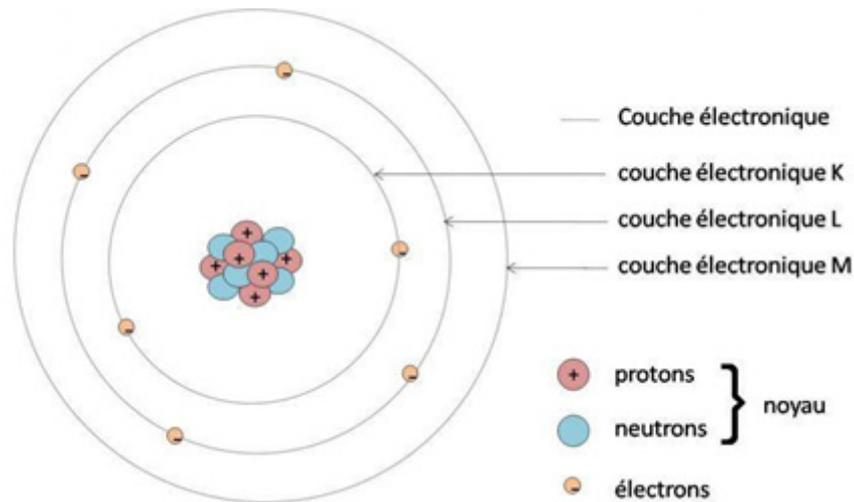
Les électrons se répartissent en couches électroniques de niveau d'énergie différent et ne sont pas tous à la même distance du noyau.

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^+ 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 : ${}^A_Z X$

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

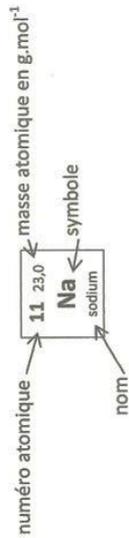
Les différents éléments sont classés dans la classification périodique des éléments. Elle découle de celle établie par Mendeleïev (chimiste russe) en 1869.

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.

CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS

Légende :



1	1,0	H	hydrogène	2	4,0	He	hélium
3	6,9	Li	lithium	4	9,0	Be	béryllium
11	23,0	Na	sodium	12	24,3	Mg	magnésium
19	39,1	K	potassium	20	40,1	Ca	calcium
37	85,5	Rb	rubidium	38	87,6	Sr	strontium
55	132,9	Cs	césium	56	137,3	Ba	baryum
87	223	Fr	francium	88	226	Ra	radium
21	45,0	Sc	scandium	22	47,9	Ti	titane
39	88,9	Y	yttrium	23	50,9	V	vanadium
57	138,9	La	lanthane	24	52,0	Cr	chrome
71	140,9	Pr	praseodyme	25	54,9	Mn	manganèse
89	227	Ac	actinium	26	55,8	Fe	fer
87	223	Fr	francium	27	58,9	Co	cobalt
88	226	Ra	radium	28	58,7	Ni	nickel
89	227	Ac	actinium	29	63,5	Cu	cuivre
90	232,0	Th	thorium	30	65,4	Zn	zinc
91	231,0	Pa	protactinium	31	69,7	Ga	gallium
92	238,0	U	uranium	32	72,6	Ge	germanium
93	237,0	Np	neptunium	33	74,9	As	arsenic
94	242	Pu	plutonium	34	79,0	Se	sélénium
95	243	Am	américium	35	79,9	Br	brome
96	243	Cm	curium	36	83,8	Kr	krypton
97	247	Bk	berckélium	37	85,5	Rb	rubidium
98	251	Cf	californium	38	87,6	Sr	strontium
99	252	Es	einsteinium	39	88,9	Y	yttrium
100	253	Fm	fermium	40	91,2	Zr	zirconium
101	256	Md	mendélévium	41	92,9	Nb	niobium
102	254	No	nobélium	42	95,9	Mo	molybdène
103	257	Lw	lawrencium	43	99	Tc	technétium
104	261	Rf	rutherfordium	44	101,1	Ru	rubidium
105	262	Db	debérium	45	102,9	Rh	rhodium
106	263	Sg	seaborgium	46	106,4	Pd	palladium
107	268	Bh	bohrium	47	107,9	Ag	argent
108	271	Hs	hassium	48	112,4	Cd	cadmium
109	274	Mt	meitnerium	49	114,8	In	étain
110	277	Ds	darmstadtium	50	118,7	Sn	étain
111	281	Rg	roentgenium	51	121,8	Sb	antimoine
112	285	Cn	copernicium	52	127,6	Te	tellure
113	289	Nh	nihonium	53	126,9	I	iode
114	293	Fl	flérovium	54	131,3	Xe	xénon
115	297	Mc	moscovium	55	132,9	Cs	césium
116	301	Lv	livermorium	56	137,3	Ba	baryum
117	304	Ts	tennessium	57	138,9	La	lanthane
118	306	Og	oganesson	58	140,1	Ce	cérium
119	309	Uue	unbinilium	59	140,9	Pr	praseodyme
120	311	Uuo	unbinilium	60	144,2	Nd	néodyme
121	313	Uuq	unbinilium	61	145	Pm	prométhium
122	315	Uus	unbinilium	62	150,4	Sm	samarium
123	317	Uuq	unbinilium	63	152,0	Eu	europlum
124	319	Uuq	unbinilium	64	157,3	Gd	gadolinium
125	321	Uuq	unbinilium	65	158,9	Tb	terbium
126	323	Uuq	unbinilium	66	162,5	Dy	dysprosium
127	325	Uuq	unbinilium	67	164,9	Ho	holmium
128	327	Uuq	unbinilium	68	167,3	Er	erbium
129	329	Uuq	unbinilium	69	168,9	Tm	thulium
130	331	Uuq	unbinilium	70	173,0	Yb	ytterbium
131	333	Uuq	unbinilium	71	175,0	Lu	lutétium

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

- 1^{re} colonne : les alcalins (Li, Na, K...)
- 2^e 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^{re} colonne (alcalin) possèdent 1 électron sur la couche externe
- 2^e colonne (alcalino-terreux) possèdent 2 électrons
- 13^e colonne (bore) possèdent 3 électrons
- 14^e colonne (carbone) possèdent 4 électrons
- 15^e colonne (azote) possèdent 5 électrons
- 16^e colonne (oxygène) possèdent 6 électrons
- 17^e colonne (halogène) possèdent 7 électrons
- 18^e colonne (gaz rare) possèdent 8 électrons

2 FORMATION DES IONS, RÈGLE DE L'OCTET

Horsmis 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 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 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 quelle contient. Soit pour les atomes H, C, N et O :



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

ATOMES ET STRUCTURES ÉLECTRONIQUES	H : (K) ¹	C: (K) ² (L) ⁴	N: (K) ² (L) ⁵	O: (K) ² (L) ⁶
COUCHE EXTERNE	K	L	L	L
NOMBRE D'ÉLECTRONS MANQUANTS POUR COMPLÉTER LA COUCHE EXTERNE	1	4	3	2

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

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

La couche externe contient 1 électron. Le potassium cède cet électron afin de former K^+ .

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

1. 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

2. 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 Cl^- .

SYNTHÈSE

À retenir

Élément chimique : $\overset{A}{\underset{Z}{X}}$

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.



Entraînez-vous !

Corrigés en fin d'ouvrage

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

EXERCICE 1

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 $(K)^2(L)^8(M)^2$:

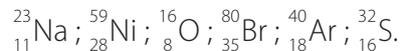
- peut former le cation Mg^{2+} .
- peut former l'atome Ne.
- peut former l'anion Mg^{2-} .
- peut gagner 2 électrons.

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 2

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



EXERCICE 3

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

EXERCICE 4

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

1. 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 5

1. Donner la structure électronique des éléments suivants : ${}_3\text{Li}$; ${}_{12}\text{Mg}$; ${}_{13}\text{Al}$; ${}_8\text{O}$; ${}_9\text{F}$; ${}_2\text{He}$.
 2. Même question avec les ions : Li^+ ; Mg^{2+} ; Al^{3+} ; O^{2-} ; F^- .

EXERCICE 6

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.
 3. À l'aide de la classification périodique, préciser la position (famille, période) dans celle-ci.

EXERCICE 7

1. Rappeler la règle de l'octet.
2. Donner la charge des ions obtenus à partir des atomes suivants : Mg ; Ca ; K ; Cl ; S.
3. L'ion Ne^+ peut-il exister?

EXERCICE 8

L'ion X^{2-} possède 18 électrons.

1. Donner la structure électronique de cet ion.
2. Donner la structure électronique de l'atome correspondant.
3. En déduire son nom.

EXERCICE 9

L'ion X^+ possède 10 électrons.

1. Donner la structure électronique de cet ion.
2. Donner la structure électronique de l'atome correspondant.
3. En déduire son nom.

EXERCICE 10

L'atome d'argent a pour symbole : ${}_{47}^{108}\text{Ag}$.

1. Préciser la composition du noyau. En déduire le nombre d'électrons.
2. Déterminer la masse d'un atome d'argent sachant que :

$$m_p = m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg} \text{ et } m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$$

Déterminer la masse d'un atome d'argent en négligeant la masse des électrons.
Conclure.

EXERCICE 11

1. Calculer la masse d'un atome de carbone 12 ($^{12}_6\text{C}$) sachant que la masse d'un nucléon est voisine de $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$, celle des électrons étant négligeable devant celle du noyau.
2. Calculer le nombre d'atome de carbone 12, dans 12g de carbone 12.