



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

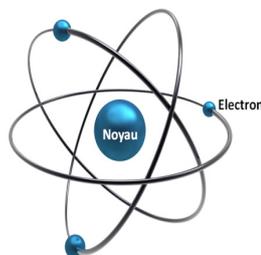
La matière, quelle que soit sa forme, est constituée d'un assemblage d'entités élémentaires appelées atomes. Ces atomes permettent d'expliquer toutes les propriétés physico-chimiques des différentes substances rencontrées dans notre environnement.

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.

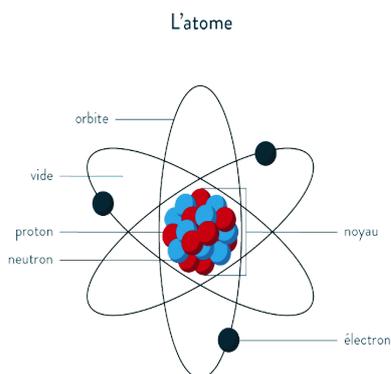


1 LE NOYAU

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.



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 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 : **$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$** . (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 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 :

$m = 12 \times 1,672 \times 10^{-27} = 10,03 \cdot 10^{-27} \text{kg}$.

2 LES ÉLECTRONS

L'électron de masse $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$, porte une charge négative **-e**.

À RETENIR

Un atome étant toujours électriquement neutre, le nombre de charge positive est égal au nombre de charges négatives.

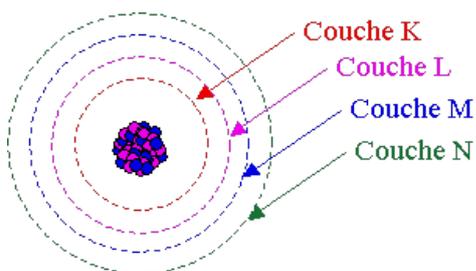
Dans un atome, le nombre d'électrons est le même que le nombre de protons constituant le noyau soit Z électrons.

Charge

La charge portée par l'ensemble des électrons est : **-Ze**.

Répartition des électrons autour du noyau

Les électrons évoluent autour du noyau, et sont en perpétuels mouvements. Ils n'ont pas tous la même énergie et se répartissent en couches d'électrons dont les énergies sont voisines. Ils se déplacent sur des orbites de rayon bien définies. Ils ne sont donc pas tous à la même distance du noyau. Les énergies correspondantes aux électrons des différentes couches sont alors dites quantifiées. (Elles ne peuvent prendre que des valeurs particulières et sont discontinues).



Il est associé des lettres à ces différentes couches électroniques :

- 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...

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

Les électrons se répartissent de la couche la plus proche du noyau puis vers les couches supérieures.

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

Une couche se remplit uniquement si la couche précédente est complète.

La dernière couche contenant des électrons est appelée couche externe.

L'ÉLÉMENT CHIMIQUE

DÉFINITION

L'élément chimique est défini par rapport au numéro atomique Z.

Des éléments chimiques différents portent des numéros atomiques distincts.

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 , ($Z = 6$) par contre ce sont des isotopes (même numéro atomique mais le nombre de nucléons A est différent).

EXEMPLE

${}^{39}_{19}K$, K caractérise l'élément potassium, Donner le nombre de protons, neutrons et d'électrons.

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

CLASSIFICATION PÉRIODIQUE

Les différents éléments sont classés dans la classification périodique des éléments. Elle découle de celle établit par Mendeleiev (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, numérotée de 1 à 7.

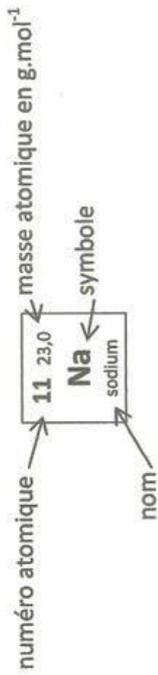
(Page suivante, également donnée en annexe.)

 **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...)

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
72	178,5	Hf	hafnium	25	54,9	Mn	manganèse
89	227	Ac	actinium	26	55,8	Fe	fer
21	45,0	Sc	scandium	27	58,9	Co	cobalt
39	88,9	Y	yttrium	28	58,7	Ni	nickel
57	138,9	La	lanthane	29	63,5	Cu	cuivre
72	178,5	Hf	hafnium	30	65,4	Zn	zinc
89	227	Ac	actinium	31	69,7	Ga	gallium
21	45,0	Sc	scandium	32	72,6	Ge	germanium
39	88,9	Y	yttrium	33	74,9	As	arsenic
57	138,9	La	lanthane	34	79,0	Se	sélénium
72	178,5	Hf	hafnium	35	79,9	Br	brome
89	227	Ac	actinium	36	83,8	Kr	krypton
21	45,0	Sc	scandium	37	85,5	Rb	rubidium
39	88,9	Y	yttrium	38	87,6	Sr	strontium
57	138,9	La	lanthane	39	88,9	Y	yttrium
72	178,5	Hf	hafnium	40	91,2	Zr	zirconium
89	227	Ac	actinium	41	92,9	Nb	niobium
21	45,0	Sc	scandium	42	95,9	Mo	molybdène
39	88,9	Y	yttrium	43	99	Tc	technétium
57	138,9	La	lanthane	44	101,1	Ru	rubidium
72	178,5	Hf	hafnium	45	102,9	Rh	rhodium
89	227	Ac	actinium	46	106,4	Pd	palladium
21	45,0	Sc	scandium	47	107,9	Ag	argent
39	88,9	Y	yttrium	48	112,4	Cd	cadmium
57	138,9	La	lanthane	49	114,8	In	indium
72	178,5	Hf	hafnium	50	118,7	Sn	étain
89	227	Ac	actinium	51	121,8	Sb	antimoine
21	45,0	Sc	scandium	52	127,6	Te	tellure
39	88,9	Y	yttrium	53	126,9	I	iode
57	138,9	La	lanthane	54	131,3	Xe	xénon
72	178,5	Hf	hafnium	55	132,9	Cs	césium
89	227	Ac	actinium	56	137,3	Ba	baryum
21	45,0	Sc	scandium	57	138,9	La	lanthane
39	88,9	Y	yttrium	58	140,1	Ce	cérium
57	138,9	La	lanthane	59	140,9	Pr	praséodyme
72	178,5	Hf	hafnium	60	144,2	Nd	néodyme
89	227	Ac	actinium	61	145	Pm	prométhium
21	45,0	Sc	scandium	62	150,4	Sm	samarium
39	88,9	Y	yttrium	63	152,0	Eu	europium
57	138,9	La	lanthane	64	157,3	Gd	gadolinium
72	178,5	Hf	hafnium	65	158,9	Tb	terbium
89	227	Ac	actinium	66	162,5	Dy	dysprosium
21	45,0	Sc	scandium	67	164,9	Ho	holmium
39	88,9	Y	yttrium	68	167,3	Er	erbium
57	138,9	La	lanthane	69	168,9	Tm	thullium
72	178,5	Hf	hafnium	70	173,0	Yb	ytterbium
89	227	Ac	actinium	71	175,0	Lu	lutétium
21	45,0	Sc	scandium	72	178,5	Fr	francium
39	88,9	Y	yttrium	73	180,9	Ta	tantale
57	138,9	La	lanthane	74	183,9	W	tungstène
72	178,5	Hf	hafnium	75	186,2	Re	rhénium
89	227	Ac	actinium	76	190,2	Os	osmium
21	45,0	Sc	scandium	77	192,2	Ir	iridium
39	88,9	Y	yttrium	78	195,1	Pt	platine
57	138,9	La	lanthane	79	197,0	Au	or
72	178,5	Hf	hafnium	80	200,6	Hg	mercure
89	227	Ac	actinium	81	204,4	Tl	thallium
21	45,0	Sc	scandium	82	207,2	Pb	plomb
39	88,9	Y	yttrium	83	209,0	Bi	bismuth
57	138,9	La	lanthane	84	210	Po	polonium
72	178,5	Hf	hafnium	85	210	At	astate
89	227	Ac	actinium	86	222	Rn	radon
21	45,0	Sc	scandium	87	223	Fr	francium
39	88,9	Y	yttrium	88	226	Ra	radium
57	138,9	La	lanthane	89	227	Ac	actinium
72	178,5	Hf	hafnium	90	232,0	Th	thorium
89	227	Ac	actinium	91	231,0	Pa	protactinium
21	45,0	Sc	scandium	92	238,0	U	uranium
39	88,9	Y	yttrium	93	237,0	Np	neptunium
57	138,9	La	lanthane	94	242	Pu	plutonium
72	178,5	Hf	hafnium	95	243	Am	américium
89	227	Ac	actinium	96	247	Cm	curium
21	45,0	Sc	scandium	97	247	Bk	berckélium
39	88,9	Y	yttrium	98	251	Cf	californium
57	138,9	La	lanthane	99	254	Es	einsteinium
72	178,5	Hf	hafnium	100	253	Fm	fermium
89	227	Ac	actinium	101	256	Md	mendélévium
21	45,0	Sc	scandium	102	254	No	nobélium
39	88,9	Y	yttrium	103	257	Lw	lawrencium
57	138,9	La	lanthane	104	258	Rf	rutherfordium
72	178,5	Hf	hafnium	105	262	Db	debérium
89	227	Ac	actinium	106	265	Sg	seaborgium
21	45,0	Sc	scandium	107	269	Bh	bohrium
39	88,9	Y	yttrium	108	273	Hs	hassium
57	138,9	La	lanthane	109	277	Mt	meitnerium
72	178,5	Hf	hafnium	110	281	Ds	dashévium
89	227	Ac	actinium	111	285	Rg	roentgenium
21	45,0	Sc	scandium	112	289	Cn	copernicium
39	88,9	Y	yttrium	113	293	Nh	nihonium
57	138,9	La	lanthane	114	297	Fl	flérovium
72	178,5	Hf	hafnium	115	301	Mc	moscovium
89	227	Ac	actinium	116	305	Lv	livermorium
21	45,0	Sc	scandium	117	309	Ts	tennessium
39	88,9	Y	yttrium	118	313	Og	oganesson
57	138,9	La	lanthane	119	317	Uu	unbinilium
72	178,5	Hf	hafnium	120	321	Uub	unbohrium
89	227	Ac	actinium	121	325	Uuq	unquadium
21	45,0	Sc	scandium	122	329	Uubk	unbekovium
39	88,9	Y	yttrium	123	333	Uut	untritium
57	138,9	La	lanthane	124	337	Uuq	unquadium
72	178,5	Hf	hafnium	125	341	Uubk	unbekovium
89	227	Ac	actinium	126	345	Uut	untritium
21	45,0	Sc	scandium	127	349	Uuq	unquadium
39	88,9	Y	yttrium	128	353	Uubk	unbekovium
57	138,9	La	lanthane	129	357	Uut	untritium
72	178,5	Hf	hafnium	130	361	Uuq	unquadium
89	227	Ac	actinium	131	365	Uubk	unbekovium
21	45,0	Sc	scandium	132	369	Uut	untritium
39	88,9	Y	yttrium	133	373	Uuq	unquadium
57	138,9	La	lanthane	134	377	Uubk	unbekovium
72	178,5	Hf	hafnium	135	381	Uut	untritium
89	227	Ac	actinium	136	385	Uuq	unquadium
21	45,0	Sc	scandium	137	389	Uubk	unbekovium
39	88,9	Y	yttrium	138	393	Uut	untritium
57	138,9	La	lanthane	139	397	Uuq	unquadium
72	178,5	Hf	hafnium	140	401	Uubk	unbekovium
89	227	Ac	actinium	141	405	Uut	untritium
21	45,0	Sc	scandium	142	409	Uuq	unquadium
39	88,9	Y	yttrium	143	413	Uubk	unbekovium
57	138,9	La	lanthane	144	417	Uut	untritium
72	178,5	Hf	hafnium	145	421	Uuq	unquadium
89	227	Ac	actinium	146	425	Uubk	unbekovium
21	45,0	Sc	scandium	147	429	Uut	untritium
39	88,9	Y	yttrium	148	433	Uuq	unquadium
57	138,9	La	lanthane	149	437	Uubk	unbekovium
72	178,5	Hf	hafnium	150	441	Uut	untritium
89	227	Ac	actinium	151	445	Uuq	unquadium
21	45,0	Sc	scandium	152	449	Uubk	unbekovium
39	88,9	Y	yttrium	153	453	Uut	untritium
57	138,9	La	lanthane	154	457	Uuq	unquadium
72	178,5	Hf	hafnium	155	461	Uubk	unbekovium
89	227	Ac	actinium	156	465	Uut	untritium
21	45,0	Sc	scandium	157	469	Uuq	unquadium
39	88,9	Y	yttrium	158	473	Uubk	unbekovium
57	138,9	La	lanthane	159	477	Uut	untritium
72	178,5	Hf	hafnium	160	481	Uuq	unquadium
89	227	Ac	actinium	161	485	Uubk	unbekovium
21	45,0	Sc	scandium	162	489	Uut	untritium
39	88,9	Y	yttrium	163	493	Uuq	unquadium
57	138,9	La	lanthane	164	497	Uubk	unbekovium
72	178,5	Hf	hafnium	165	501	Uut	untritium
89	227	Ac	actinium	166	505	Uuq	unquadium
21	45,0	Sc	scandium	167	509	Uubk	unbekovium
39	88,9	Y	yttrium	168	513	Uut	untritium
57	138,9	La	lanthane	169	517	Uuq	unquadium
72	178,5	Hf	hafnium	170	521	Uubk	unbekovium
89	227	Ac	actinium	171	525	Uut	untritium
21	45,0	Sc	scandium	172	529	Uuq	unquadium
39	88,9	Y	yttrium	173	533	Uubk	unbekovium
57	138,9	La	lanthane	174	537	Uut	untritium
72	178,5	Hf	hafnium	175	541	Uuq	unquadium
89	227	Ac	actinium	176	545	Uubk	unbekovium
21	45,0	Sc	scandium	177	549	Uut	untritium
39	88,9	Y	yttrium	178	553	Uuq	unquadium
57	138,9	La	lanthane	179	557	Uubk	unbekovium
72	178,5	Hf	hafnium	180	561	Uut	untritium
89	227	Ac	actinium	181	565	Uuq	unquadium
21	45,0	Sc	scandium	182	569	Uubk	unbekovium
39	88,9	Y	yttrium	183	573	Uut	untritium
57	138,9	La	lanthane	184	577	Uuq	unquadium
72	178,5	Hf	hafnium	185	581	Uubk	unbekovium
89	227	Ac	actinium	186	585	Uut	untritium
21	45,0	Sc	scandium	187	589	Uuq	unquadium
39	88,9	Y	yttrium	188	593	Uubk	unbekovium
57	138,9	La	lanthane	189	597	Uut	untritium
72	178,5	Hf	hafnium	190	601	Uuq	unquadium
89	227	Ac	actinium	1			

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

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, 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 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 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.

H: (K)¹

C: (K)²(L)⁴

N: (K)²(L)⁵

O: (K)²(L)⁶

EXEMPLE

Le potassium :

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 : (K)²(L)⁸(M)⁸(N)¹

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

SYNTHÈSE À RETENIR

- **Élément chimique** : A_ZX

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 aidez 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 ${}_{28}^{64}\text{Zn}$

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