

Unité 6 : Classification périodique des éléments chimiques

I. Tableau de Mendeleïev

Au cours des années, le tableau initial s'est progressivement complété par la découverte de nouveaux éléments, prévus ou non par Mendeleïev (par exemple, les gaz nobles), et on a rectifié les erreurs (par exemple, la place de l'uranium dont la masse molaire était complètement fautive : 116 au lieu de 238 !).

Les améliorations du modèle de l'atome engendrent aussi un changement important : le numéro atomique Z d'un élément, défini en 1914, remplace la masse atomique comme critère de classement.

II. La classification périodique moderne

La classification périodique complète, comportant les 118 éléments connus en novembre 2014, figure dans le

rabat de couverture. Chaque élément, noté ${}^A_ZX$, est représenté par son symbole chimique X , son numéro atomique Z et le nombre de nucléons A de son isotope le plus abondant dans le mélange naturel.

- La classification moderne est constituée de 18 colonnes et de 7 lignes (ou périodes).

Dans la classification périodique, les éléments sont rangés par numéros atomiques Z croissants.

Chaque case de la classification correspond à un élément (${}_Z X$). Tous les isotopes d'un élément se placent dans la même case.

La figure 1 ci-après présente une classification simplifiée des 18 premiers éléments.

Handwritten version of Mendeleev's periodic table. The elements are arranged in rows and columns based on their atomic weights and chemical properties. The table includes elements from Hydrogen (H) to Uranium (U). The handwritten notes and corrections are visible, particularly around the atomic weights and the placement of certain elements like Uranium.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Première période	1,0 1 H (K) ¹							4,0 2 He (K) ²
Deuxième période	6,9 3 Li (K) ² (L) ¹	9,0 4 Be (K) ² (L) ²	10,8 5 B (K) ² (L) ³	12,0 6 C (K) ² (L) ⁴	14,0 7 N (K) ² (L) ⁵	16,0 8 O (K) ² (L) ⁶	19,0 9 F (K) ² (L) ⁷	20,2 10 Ne (K) ² (L) ⁸
Troisième période	23,0 11 Na (K) ² (L) ⁸ (M) ¹	24,3 12 Mg (K) ² (L) ⁸ (M) ²	27,0 13 Al (K) ² (L) ⁸ (M) ³	28,1 14 Si (K) ² (L) ⁸ (M) ⁴	31,0 15 P (K) ² (L) ⁸ (M) ⁵	32,1 16 S (K) ² (L) ⁸ (M) ⁶	35,5 17 Cl (K) ² (L) ⁸ (M) ⁷	39,9 18 Ar (K) ² (L) ⁸ (M) ⁸

Fig.1. Classification périodique simplifiée des 18 premiers éléments. Sous chaque symbole est écrite la répartition des électrons des atomes correspondants

- La classification périodique traduit le remplissage progressif des couches électroniques des atomes. Par exemple, dans la première période (hydrogène et hélium), c'est la couche K qui se remplit ; puis dans la deuxième période (du lithium au néon), c'est la couche L ; enfin dans la troisième période (du sodium à l'argon), c'est la couche M.

En outre, on constate en examinant les répartitions électroniques que les atomes appartenant à la colonne n de la classification périodique simplifiée ont tous n électrons dans leur couche externe.

D'une manière générale, dans la classification périodique complète :

- Dans une même ligne, les atomes des éléments ont le même nombre de couches électroniques occupées.
- Dans une même colonne, les atomes des éléments ont le même nombre d'électrons dans leur couche externe.

Exercice résolu : place d'un élément dans la classification

Énoncé : Où se situe, dans la classification périodique simplifiée, l'élément de numéro atomique $Z=14$? Répondre sans regarder la classification.

Solution

- L'atome correspondant à cet élément a 14 électrons. Sa répartition électronique est :

$$(K)^2(L)^8(M)^4$$

L'élément considéré est donc :

- Dans la 3^e ligne puisque trois couches (K, L, M) contiennent des électrons ;

- Dans la 4^e colonne puisque la dernière couche est représenté par $(M)^2$: 4 électrons dans la couche M .
- Il est aisé de vérifier cette place dans la classification simplifiée de la figure ; l'élément considéré est le silicium Si.

III. Utilisation de la classification périodique

1. Les familles chimiques

a) Mise en évidence



Fig. 2. Réaction entre le dichlore et l'aluminium. Le ballon contient du dichlore (gaz) et de l'aluminium en poudre. Quand on chauffe, l'aluminium réagit vivement avec le dichlore. On obtient du trichlorure d'aluminium $AlCl_3$



Fig. 3. Réaction entre le dibrome et l'aluminium. On laisse tomber quelques gouttes de dibrome liquide Br_2 sur de l'aluminium en poudre ; on observe alors de vives incandescences. Il y a formation de tribromure d'aluminium $AlBr_3$



Fig. 4. Réaction entre le diiode et l'aluminium. On mélange du diiode I_2 (pilé dans un mortier) et de l'aluminium en poudre. La réaction se déclenche quand on ajoute quelques gouttes d'eau (catalyseur) ; elle forme du triiodure d'aluminium AlI_3 . Le dégagement de chaleur provoque l'apparition d'un nuage violet de diiode.



Fig. 5. Précipité de chlorure d'argent $AgCl$

▪ L'expérience montre que les dihalogènes Cl_2 , Br_2 , et I_2 réagissent vivement avec l'aluminium métal (figure 2, 3 et 4) pour former les trihalogénures d'aluminium $AlCl_3$, $AlBr_3$ et AlI_3 .

▪ Par ailleurs, les ions chlorure Cl^- , bromure Br^- et iodure I^- précipitent en présence d'ions argent Ag^+ ; on obtient des halogénures insolubles de formules : $AgCl$, $AgBr$, AgI (fig.5).

On constate donc que les éléments chlore Cl, brome Br et iode I ont des propriétés chimiques semblables. Or ils appartiennent à la même colonne de la classification. Cette observation est générale.

Les éléments d'une colonne de la classification périodique ont des propriétés chimiques semblables. Ils forment une famille chimique.

b) Propriétés chimiques et répartition électronique

Les atomes des éléments chimiques d'une même colonne ont le même nombre d'électrons dans leur couche externe et ils ont des propriétés chimiques semblables. Ce sont donc les électrons de la couche externe qui interviennent dans les réactions chimiques. C'est une règle fondamentale.

Les propriétés chimiques des éléments sont dues aux électrons de la couche externe de leur atome

c) Etude de quatre familles

- ✓ La famille des alcalins est celle de la première colonne : lithium Li, sodium Na, potassium K ... À noter que l'hydrogène H ne fait pas partie de cette famille
La couche externe des atomes alcalins comporte 1 électron fig.6
- ✓ La famille des alcalino-terreux est celle de deuxième colonne : béryllium Be, magnésium Mg La couche externe des atomes alcalino-terreux comporte 2 électrons fig. 7 .
- ✓ La famille des halogènes est celle de la colonne 17 : fluor F, chlore Cl, brome Br, iode I. la couche externe des atomes des halogènes comporte 7 électrons fig. 8.
- ✓ Les gaz nobles, caractérisés par une grande inertie chimique, constituent la famille de la colonne 18 : hélium He, néon Ne, argon Ar, krypton Kr, xénon Xe. La couche externe de l'atome d'hélium comporte 2 électrons (couche K saturée), celle des autres atomes de gaz nobles comporte 8 électrons fig. 8.

2. Formule des molécules

La formule d'une molécule dépend du nombre de liaisons covalentes que les atomes qui la constituent peuvent former. Pour chaque atome, ce nombre est habituellement égal au nombre d'électrons qu'il doit acquérir pour satisfaire la règle de l'octet.

Les propriétés de la classification périodique nous donnent immédiatement le nombre d'électrons dans la couche externe de l'atome d'un élément, même si on ne sait pas écrire sa répartition électronique complète.

Applications

- Les atomes des éléments de la quatrième colonne de la classification simplifiée ou colonne du carbone (carbone C, silicium Si...) ont 4 électrons dans leur couche externe et peuvent former 4 liaisons covalentes. On peut citer les molécules : CH_4 , C_2H_6 ..., SiH_4 , SiCl_4 ...
- Les atomes des éléments de la cinquième colonne de la classification simplifiée ou colonne de l'azote (azote N, phosphore P...) peuvent établir 3 liaisons covalentes. Exemples : NH_3 , PH_3 , PCl_3
- Les atomes des éléments de la sixième colonne de la classification simplifiée ou colonne de l'oxygène (oxygène O, soufre S...) peuvent former 2 liaisons covalentes. Exemple H_2O , H_2S ...
- Les atomes des éléments de la septième colonne de la classification simplifiée ou colonne des halogènes (F, Cl, Br, I) peuvent établir 1 liaison covalente. Exemple : HF, HCl, HBr, HI...

Exercice résolu : trouver la formule d'une molécule

Énoncé : Établir la formule de la molécule formée d'un atome d'étain Sn et d'atomes de chlore Cl.

Solution : l'élément chlore se situe dans la colonne des halogènes : son atome a 7 électrons sur sa couche externe.

Solution :

L'élément étain est dans la colonne du carbone : son atome a 4 électrons sur sa couche externe.

Un atome d'étain sature sa couche externe en formant $8-4=4$ liaisons covalentes et un atome de chlore en établissant $8-7=1$ liaison covalente.

Un atome Sn peut donc se lier à 4 atomes Cl ; la molécule ainsi formée a pour formule SnCl_4 .

3. Charge des ions monoatomiques

Un atome peut se transformer en un ion monoatomique en perdant ou en gagnant un ou plusieurs électrons de manière à satisfaire les règles du « duet » ou de l'octet.

La position d'un élément dans la classification périodique donne immédiatement le nombre d'électrons dans la couche externe de l'atome correspondant.

Les atomes des éléments des colonnes 1, 2 ou 13 ont 1, 2 ou 3 électron(s). ils peuvent le(s) perdre pour former **des cations** de formule M^+ , M^{2+} ou M^{3+}

Les atomes des éléments des colonnes 15, 16 ou 17 ont 5, 6 ou 7 électrons externes. Ils peuvent gagner 3, 2 ou 1 électron(s) pour former **des anions** de formule X^{3-} , X^{2-} , X^{-} .

Exercice