



Chapitre 3 : La classification périodique des éléments

Activité 1 : La naissance de la classification périodique des éléments

Au cours des XVII^e et XVIII^e siècles, les chimistes découvrent de nombreux éléments. Avec ces découvertes apparaît le besoin d'élaborer un système de classement. Dans l'Antiquité, on connaissait déjà quelques éléments comme le cuivre, l'or, le fer, l'argent ou le soufre. Avant 1700, douze éléments étaient connus. En 1850, ce nombre avait quintuplé. Rappelons qu'à **cette époque, la structure de l'atome n'avait pas encore été établie**. Pour caractériser les éléments chimiques, on utilisait la **masse atomique**. Pour les chimistes du XIX^e siècle, la masse atomique d'un élément est donnée en prenant pour référence la masse atomique de l'hydrogène. Ainsi, la masse atomique 16 de l'oxygène signifiait que l'oxygène est 16 fois plus lourd que l'hydrogène. En étudiant les propriétés des éléments, les chimistes découvrent que certains d'entre eux possèdent des propriétés chimiques voisines. C'est ainsi que naît la théorie des triades. Une triade est un groupe de trois éléments ayant des propriétés similaires. Parmi elles, on peut noter la triade lithium/sodium/potassium, étudiée en 1818 par le chimiste anglais H. Davy. Vers 1850, une vingtaine de triades sont identifiées. Plusieurs tentatives de classification suivent mais aucune n'est satisfaisante.

Le premier tableau de Mendeleïev

C'est au premier congrès international de chimie de Karlsruhe en 1860 que le jeune chimiste russe Dimitri Mendeleïev (1834-1907) assiste à la présentation d'idées nouvelles sur les propriétés chimiques des éléments (en particulier, on retrouve régulièrement des propriétés chimiques semblables pour différents corps simples). Intéressé, il se met au travail et propose en 1869 une première classification.

En classant les éléments par masses atomiques croissantes, Mendeleïev se rend compte que les éléments ayant des propriétés similaires se retrouvent à intervalles réguliers. Il en conclut à l'existence d'une périodicité de propriétés parmi les éléments chimiques. Les 63 éléments figurant dans son tableau sont classés par masses atomiques croissantes et les familles d'éléments ayant des propriétés voisines sont regroupées. Le doc.1 ci-dessous en présente un extrait.

Pour respecter la périodicité, Mendeleïev est parfois amené à inverser l'ordre croissant et à laisser des cases vides. Il prévoit ainsi la découverte de nouveaux éléments, dont il estime les masses atomiques et prédit les propriétés. La découverte ultérieure des éléments scandium, gallium, germanium, technétium, rhénium et polonium lui donnera raison. Malgré le génie de Mendeleïev, la méconnaissance de la structure de l'atome, de l'isotopie et les nombreux éléments chimiques font qu'il y a dans son tableau quelques erreurs. Néanmoins, Mendeleïev restera dans l'histoire l'homme qui a créé le tableau périodique.



Extrait de Physique-Chimie 2nde, Ed. Belin

H (1)	? (8)	? (22)	Cu (63,4)	Ag (108)	Hg (200)
	Be (9,4)	Mg (24)	Zn (65,4)	Cd (112)	
	B (11)	Al (27,4)	? (68)	Ur (116)	Au (197?)
	C (12)	Si (28)	? (70)	Sn (118)	
	N (14)	P (31)	As (75)	Sb (122)	Bi (210?)
	O (16)	S (32)	Se (79,4)	Te (128?)	
	F (19)				
			Rb (85,4)	Cs (133)	Tl (204)
		Ca (40)	Sr (87,6)	Ba (137)	Pb (207)

Doc.1 . Extrait du tableau de Mendeleïev. Les chiffres indiqués entre parenthèses sont les masses atomiques.

Questions :

1. Que signifiait à l'époque "le carbone a une masse atomique égale à 12" ?
2. Pourquoi dit-on que la classification est "périodique" ?
3. En utilisant le tableau de Mendeleïev ci-dessus, indiquer les éléments qui ont des propriétés communes à celles de l'oxygène.
4. Placer dans le tableau ci-dessus les triades suivantes (masse atomique entre parenthèses) :
 - a) lithium (7) / sodium (23) / potassium (39)
 - b) chlore (35,5) / brome (80) / iode (127)

Activité 2 : Utilisation des critères de classification de Mendeleïev

Les cartes fournies en annexe donnent pour chaque élément le nom et la formule du corps simple (espèce chimique qui ne contient qu'un seul type d'élément, c'est ce avec quoi travaillait Mendeleïev) et quelques formules de corps composés.

1) Classement de 7 cartes : C, Cl, I, K, Li, Na, O

- a) **Utilisation du 1^{er} critère de Mendeleïev** : aligner horizontalement les cartes de ces sept éléments selon les valeurs croissantes des masses atomiques.
- b) **Utilisation du 2^e critère de Mendeleïev** : sans changer l'ordre précédent, disposer les cartes suivant plusieurs lignes horizontales successives **pour faire apparaître dans une même colonne les corps simples ayant au moins deux propriétés CHIMIQUES communes.**

Attention : Si un corps simple n'a pas deux propriétés communes avec un autre, il faut créer une nouvelle colonne.

☞ **Montrer la classification au professeur.**

Quelle règle de disposition de Mendeleïev n'avons-nous pas respectée ici ?

2) L'élément fluor F : comparer la masse atomique et les propriétés du fluor avec celles des éléments déjà placés. En déduire sa position (dans une colonne déjà existante).

3) Placer les éléments S, Be, N, Mg, Ca et H

☞ **Montrer la classification au professeur.**

Activité 3 : Description de la classification actuelle

Les règles actuelles de classification

La classification officielle **actuelle** obéit aux règles suivantes :

- Les éléments sont classés par numéro atomique Z croissant
- Une nouvelle ligne est commencée chaque fois qu'intervient une nouvelle couche électronique.
- Les éléments dont les atomes ont le même nombre d'électrons périphériques sont regroupés dans une même colonne

En sachant que la classification des 18 premiers éléments par Z croissant donne l'ordre H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar, utiliser ces règles pour établir la classification de ces 18 premiers éléments sur le modèle de l'élément hydrogène.

H Z=1 (K) ¹							

Questions :

1. Pourquoi n'y a-t-il que 2 cases sur la première ligne ?

2. Pourquoi la première règle de classification est-elle *a priori* différente du classement par masse atomique croissante qu'a initialement effectué Mendeleïev ?

3. Mendeleïev classait les atomes par propriétés chimiques voisines. A quelle partie microscopique des atomes sont dues les propriétés chimiques des atomes ? Répondre en utilisant la classification ci-dessus.

**Activité 3 (suite) La classification complète**

Lorsque Z est supérieur à 18, le classement se fait avec des critères supplémentaires par rapport à ceux de la *classification restreinte* ci-dessus. La différence principale est qu'un *bloc* d'éléments (dits éléments « de transition ») est intercalé entre la 2^e et la 3^e colonne de la classification restreinte.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 ^{re}	1 H																	2 He
2 ^e	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3 ^e	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4 ^e	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5 ^e	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6 ^e	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7 ^e	87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun	111 Uuu	112 Uub						
				58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
				90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

Classification périodique des éléments chimiques. Symboles et numéros atomiques.

Familles des : ■ alcalins
■ alcalino-terreux
■ halogènes
■ gaz nobles

Chaque colonne de la classification est appelée

Chaque ligne de la classification est appelée

Activité 4 : Utilisation du tableau : les familles chimiques**Charge des ions monoatomiques d'une même famille**

1- Pourquoi les ions monoatomiques correspondant à des éléments d'une même famille (pour $Z \leq 18$) ont tous la même charge ?

Ce résultat reste vrai pour les éléments de numéro atomique plus élevé dont les éléments sont dans les colonnes 1, 2, 16 et 17.

2- Compléter le tableau suivant

Atome	Z	Structure électronique de l'atome	Structure de l'ion correspondant	Formule de l'ion
Lithium : Li	3	$(K)^2(L)^1$	$(K)^2$: duet	Li^+
Sodium : Na	11			
Magnésium : Mg	12			
Oxygène : O	8			
Chlore : Cl	17			
Hélium : He	2			
Néon : Ne	10			
Hydrogène : H	1		$(K)^0$: exception	

Remarque :

Les ions monoatomiques de numéro atomique inférieur ou égal à 4 ont une structure en duet sauf l'ion hydrogène H^+ qui n'a plus d'électrons ; les ions dont le numéro atomique est compris entre 5 et 18 ont une structure en octet.

Compléter les phrases suivantes :

- Les atomes qui ont un, deux ou trois électrons sur leur couche externe ces électrons et deviennent des cations comme Li^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} .
- Les atomes qui ont six ou sept électrons sur leur couche externe des électrons et deviennent des anions comme F^- , S^{2-} .
- Ceux qui en ont quatre ou cinq, comme C et N par exemple,

<p style="text-align: center;">Ca calcium Masse atomique : 40 Le corps simple calcium : <u>Propriétés physiques :</u> Métal blanc $T^{\circ}_{\text{fusion}} = 1115^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = 1757^{\circ}\text{C}$ <u>Propriétés chimiques :</u> - Réagit avec l'acide : dégagement de H_2 - Précipite avec les ions hydroxydes</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{AlCl}_3, \text{Al}(\text{OH})_3$</p>	<p style="text-align: center;">N azote Masse atomique : 14 Le corps simple diazote N_2 : <u>Propriétés physiques :</u> Gaz incolore et inodore, peu soluble dans l'eau et moins dense que l'air <u>Propriétés chimiques :</u> - Assez inerte chimiquement à T et P ambiantes - Il peut réagir à haute température avec O_2, les métaux et H_2.</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : NH_3, NO_2</p>	<p style="text-align: center;">Be béryllium Masse atomique : 9 Le corps simple béryllium : <u>Propriétés physiques :</u> Métal blanc brillant, peu dense $T^{\circ}_{\text{fusion}} = 1278^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = 2970^{\circ}\text{C}$ <u>Propriétés chimiques :</u> - S'oxyde à l'air - Réagit avec l'acide : dégagement de H_2 - Précipite avec les ions hydroxydes.</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : $\text{BeO}, \text{BeCl}_2, \text{Be}(\text{OH})_2$</p>
<p style="text-align: center;">Br brome Masse atomique : 80 Le corps simple dibrome Br_2 : <u>Propriétés physiques :</u> Liquide volatil, rouge sombre $T^{\circ}_{\text{fusion}} = -7,2^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = +58,8^{\circ}\text{C}$ <u>Propriétés chimiques :</u> - Réagit avec le dihydrogène - Réagit avec tous les métaux - Réagit avec le phosphore</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : $\text{NaBr}, \text{HBr}, \text{KBr}$</p>	<p style="text-align: center;">H hydrogène Masse atomique : 1 Le corps simple dihydrogène H_2 <u>Propriétés physiques :</u> Gaz incolore et inodore. C'est le plus léger des gaz. Se liquéfie difficilement, très peu soluble dans l'eau. $T^{\circ}_{\text{fusion}} = -260^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = -253^{\circ}\text{C}$ <u>Propriétés chimiques :</u> - Peut réagir de façon explosive avec O_2 - Réagit avec le Cl_2, S, N_2 et C. - Réagit avec les oxydes</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : $\text{H}_2\text{O}, \text{HCl}$</p>	<p style="text-align: center;">Mg magnésium Masse atomique : 24 Le corps simple magnésium : <u>Propriétés physiques :</u> Métal blanc, malléable et mou $T^{\circ}_{\text{fusion}} = 651^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = 1107^{\circ}\text{C}$ <u>Propriétés chimiques :</u> - S'oxyde à l'air - Réagit avec l'acide : dégagement de H_2 - Précipite avec les ions hydroxydes - Réagit avec le dichlore</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : $\text{MgO}, \text{MgCl}_2, \text{Mg}(\text{OH})_2$</p>
<p style="text-align: center;">Mg magnésium Masse atomique : 24 Le corps simple magnésium : <u>Propriétés physiques :</u> Métal blanc, malléable et mou $T^{\circ}_{\text{fusion}} = 651^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = 1107^{\circ}\text{C}$ <u>Propriétés chimiques :</u> - S'oxyde à l'air - Réagit avec l'acide : dégagement de H_2 - Précipite avec les ions hydroxydes - Réagit avec le dichlore</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : $\text{MgO}, \text{MgCl}_2, \text{Mg}(\text{OH})_2$</p>	<p style="text-align: center;">S soufre Masse atomique : 32 Le corps simple soufre : <u>Propriétés physiques :</u> Solide jaune, isolant électrique $T^{\circ}_{\text{fusion}} = 113^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = 445^{\circ}\text{C}$ <u>Propriétés chimiques :</u> - Réagit avec la plupart des corps simples - Réagit avec le dihydrogène</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : $\text{H}_2\text{S}, \text{SO}_2$</p>	<p style="text-align: center;">F fluor Masse atomique : 19 Le corps simple difluor F_2 : <u>Propriétés physiques :</u> Gaz jaune moins dense que l'air $T^{\circ}_{\text{fusion}} = -219^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = -188^{\circ}\text{C}$ <u>Propriétés chimiques :</u> - Réagit avec le dihydrogène - Réagit avec tous les métaux - Réagit avec le phosphore - Réagit avec les ions argent</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : NaF, HF</p>



<p style="text-align: center;">C</p> <p style="text-align: center;">carbone Masse atomique : 12 Le corps simple carbone : <u>Propriétés physiques :</u> Plusieurs variétés : solide noir (graphite) ou solide transparent (diamant) $T^{\circ}_{\text{fusion}} = 3652^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = 4827^{\circ}\text{C}$</p> <p><u>Propriétés chimiques :</u> - S'oxyde à l'air en donnant CO ou CO₂ - Réagit avec les oxydes métalliques - A chaud, réagit avec l'acide sulfurique.</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : CCl₄, CO₂</p>	<p style="text-align: center;">Cl</p> <p style="text-align: center;">chlore Masse atomique : 35,5 Le corps simple dichlore Cl₂ : <u>Propriétés physiques :</u> Gaz verdâtre, peu soluble dans l'eau $T^{\circ}_{\text{fusion}} = -101^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = -34,6^{\circ}\text{C}$</p> <p><u>Propriétés chimiques :</u> - Réagit avec le dihydrogène - Réagit avec tous les métaux - Réagit avec le phosphore.</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : NaCl, HCl, KCl</p>	<p style="text-align: center;">I</p> <p style="text-align: center;">iode Masse atomique : 127 Le corps simple diiode I₂ : <u>Propriétés physiques :</u> Solide cristallisé violet $T^{\circ}_{\text{fusion}} = 113,5^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = 184,3^{\circ}\text{C}$</p> <p><u>Propriétés chimiques :</u> - Réagit avec tous les métaux - Réagit avec le phosphore</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : NaI, HI, KI</p>
<p style="text-align: center;">K</p> <p style="text-align: center;">potassium Masse atomique : 39 Le corps simple potassium : <u>Propriétés physiques :</u> Métal blanc, mou comme de la cire, à température ordinaire $T^{\circ}_{\text{fusion}} = 63,6^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = 760^{\circ}\text{C}$</p> <p><u>Propriétés chimiques :</u> - S'oxyde rapidement à l'air - Réagit énergiquement avec l'eau - Réagit avec le dichlore</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : KCl, K₂O</p>	<p style="text-align: center;">Li</p> <p style="text-align: center;">lithium Masse atomique : 7 Le corps simple lithium : <u>Propriétés physiques :</u> Métal blanc, malléable et mou $T^{\circ}_{\text{fusion}} = 180^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = 1342^{\circ}\text{C}$</p> <p><u>Propriétés chimiques :</u> - Réagit à froid avec l'eau avec formation de dihydrogène - Réagit avec le dichlore</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : LiCl, Li₂O</p>	
<p style="text-align: center;">Na</p> <p style="text-align: center;">Le sodium Masse atomique : 23 Le corps simple sodium : <u>Propriétés physiques :</u> Métal blanc, mou $T^{\circ}_{\text{fusion}} = 97,8^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = 893^{\circ}\text{C}$</p> <p><u>Propriétés chimiques :</u> - S'oxyde à l'air - Réagit violemment avec l'eau avec formation de dihydrogène - Réagit avec le dichlore</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : NaCl, Na₂O</p>	<p style="text-align: center;">O</p> <p style="text-align: center;">L'oxygène Masse atomique : 16 Le corps simple dioxygène O₂ : <u>Propriétés physiques :</u> Gaz incolore et inodore, peu soluble dans l'eau et plus dense que l'air $T^{\circ}_{\text{fusion}} = -218^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}_{\text{ébullition}} = -183^{\circ}\text{C}$</p> <p><u>Propriétés chimiques :</u> - Se combine avec la plupart des corps simples - Réagit avec le dihydrogène</p> <p style="text-align: center;">Formules de corps composés : H₂O, CO₂</p>	