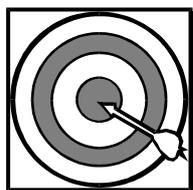


6 Tableau périodique des éléments.

Tu dois devenir capable de :



Savoir

- citer la signification du terme « élément » aujourd'hui ;
- expliquer la signification du terme « période » dans le tableau périodique ;
- citer les noms des différents groupes et familles d'éléments du tableau périodique.

Savoir faire

- tracer un graphique en utilisant au mieux la surface disponible sur la page ;
- situer une période sur un graphique indiquant une propriété quantitative des éléments en fonction de la masse atomique relative ;
- situer une famille ou un groupe d'éléments dont on fournit le nom dans le tableau périodique ;
- donner le nom d'une famille ou d'un groupe d'éléments que l'on situe sur le tableau périodique ;
- reconstruire le tableau périodique en utilisant un graphique d'une propriété en fonction de la masse atomique relative.



famille
 période
 alcalins
 alcalino-terreux
 terreux
 carbonides
 azotides

sulfurides
 halogènes
 gaz rares
 lanthanides
 actinides
 éléments de transition
 transuraniens

Tableau périodique

1. Il existe dans la nature 90 éléments différents.

1.1. Les quatre éléments de l'Antiquité.

La notion d'élément en tant que partie constitutive d'un corps est connue depuis l'Antiquité.

Neuf siècles avant J.C., Homère pose que tout ce qui existe provient de la combinaison en diverses proportions de trois éléments: l'eau, la terre et le feu.



Aristote

Aristote

Empédocle, au V^e siècle avant notre ère propose une théorie des quatre éléments: il ajoute l'air aux trois éléments précédents.

La théorie des quatre éléments a été adoptée par Aristote; comme beaucoup de ses théories, celle-ci connut un succès incontesté pendant plus de 20 siècles!

1.2. Les alchimistes.

Les conceptions des savants antiques ne reposaient sur aucune expérience. Les alchimistes, eux, manipulent la matière, lui font subir des transformations. Pour eux, les quatre éléments de l'antiquité doivent être conservés, mais il faut ure, le soufre et ... le sel!

Cependant, le travail des alchimistes ne doit pas être considéré comme scientifique: leur méthode de travail ne correspond en rien à la méthode scientifique expérimentale moderne.

1.3. Naissance de la chimie.

Un anglais, Robert Boyle (1627-1291) peut être considéré comme l'un des premiers scientifiques à s'intéresser à la chimie. Il redéfinit la notion d'élément.

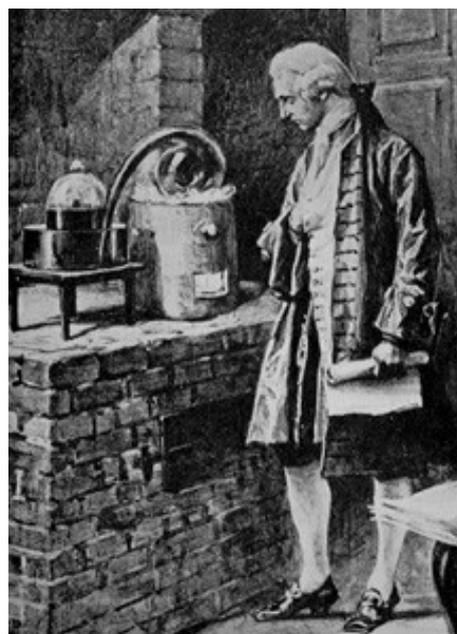
Selon Boyle, un élément est ce qui est indécomposable. Il pressent qu'il existe beaucoup plus que quatre éléments.

Il faudra attendre l'arrivée d'un Lavoisier (1743-1794) pour voir définir de manière très claire la notion d'élément.

“ Je me contenterai donc de dire que si par le nom d'éléments, nous entendons désigner les molécules simples et indivisibles qui composent les corps, il est probable que nous ne les connaissons pas; que si, au contraire, nous attachons au nom d'éléments ou de principes des corps l'idée du dernier terme auquel parvient l'analyse, toutes les substances que nous n'avons encore pu décomposer par aucun moyen sont, pour nous, des éléments; non pas que nous puissions assurer que ces corps, que nous regardons comme simples, ne soient pas eux-mêmes composés de deux ou même d'un plus grand nombre de principes, mais puisque ces principes ne se séparent jamais, ou plutôt puisque nous n'avons aucun moyen de les séparer, ils agissent à notre égard à la manière des corps simples, et nous ne devons les supposer composés qu'au moment où l'expérience et l'observation nous en auront fourni la preuve. ”

Lavoisier

Traité élémentaire de Chimie



Questions à propos du texte:

- Quel est le sens de l'expression " principe des corps " ?
- Dans ce texte de Lavoisier figure déjà l'idée de modèle et d'évolution des modèles. Explique pourquoi.
- Parmi les éléments de Lavoisier, on trouve: l'oxygène, l'azote, le soufre, le phosphore, le carbone, 17 métaux, la chaux, la baryte, la magnésie, l'alumine et la silice. Lavoisier se doutait déjà que ces cinq derniers étaient des oxydes; pourtant, il les classe parmi les éléments. Montre pourquoi ce n'est pas en contradiction avec le texte précédent.

De nouvelles techniques d'analyse des corps vont permettre de découvrir d'autres éléments encore.

" On comprend vite pourquoi s'est posé le problème d'une classification des éléments si l'on imagine la situation embarrassante d'un professeur de chimie, il y a deux siècles environ. En se vouant à l'étude des propriétés strictement individuelles de différentes substances, le chimiste se condamne à la difficulté pour transmettre son savoir. Comment parvenir à emmagasiner la somme des connaissances accumulées sur des milliers de substances? Rien que pour apprendre leur nom, il faut déjà toute une vie! Passe encore quand on pouvait ramener cette variété aux quatre éléments fondamentaux hérités d'Aristote -la terre, l'air, l'eau et le feu. Mais voici qu'au XVIII^e siècle, les progrès conjoints de la métallurgie et de l'analyse chimique font éclater ces quatre unités: on identifie plusieurs terres dans les mines et, en laboratoire, Priestley et Cavendish isolent plusieurs sortes d'air; l'eau elle-même est décomposée en 1783 par Lavoisier qui trouve aussi, quelques temps après, la composition de l'air.

...

Voici qu'il faut désormais passer de quatre éléments à plusieurs dizaines.

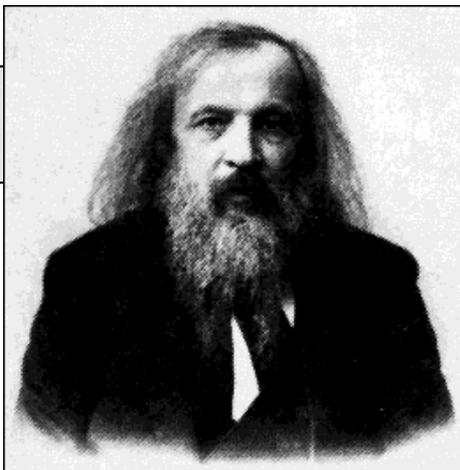
...

Les difficultés renaissent dès le début du (XIX^e) siècle quand apparaît une nouvelle technique d'analyse qui utilise la pile de Volta, l'électrolyse. Dès lors, les corps simples se multiplient: Lavoisier en dénombrait 33 (qui n'étaient pas tous simples). Dès 1830, on en compte 50; et plus de 70 dans les années 1860 quand commence l'analyse spectrale. "

B. Bensaude-Vincent
La genèse du tableau de Mendeleev.
La Recherche, 159, Octobre 1984.

1.4. Les éléments aujourd'hui.

Aujourd'hui, on a découvert les 90 éléments qui existent dans la nature. De plus, on a fabriqué des éléments artificiels: le Technétium (Tc) en 1937 ($Z = 43$) et le Prométhium (Pm) en 1926 ($Z = 61$) ainsi que les éléments plus lourds que l'uranium, également artificiels (les transuraniens).



Dimitri Ivanovitch Mendeleev

Un élément est l'ensemble de tous les atomes ayant le même numéro atomique Z .

Questions:

- Comment peut-on être sûr que l'on connaît les 92 premiers éléments? Réfère-toi à la signification de Z .
- Deux isotopes font-ils partie d'un même élément?

Il est devenu impossible d'enseigner la chimie sans mettre un peu d'ordre dans toute cette série de plus de 100 éléments. Un chimiste russe du nom de Dimitri Ivanovitch Mendeleev (1834-1907) entreprit de classer les éléments de manière systématique. Nous allons essayer d'établir

Tableau périodique

également une classification des éléments en suivant un raisonnement du même type que celui de Mendeleev. Nous nous souviendrons cependant que les connaissances de la matière à son époque étaient beaucoup plus restreintes qu'aujourd'hui. Le travail de Mendeleev peut donc être qualifié d'exceptionnel pour son temps.

2. Certains éléments ont des propriétés communes.

Le lithium (Li), le sodium (Na) et le potassium (K) sont des éléments très différents l'un de l'autre au point de vue de leur masse, et donc de leur composition en p^+ , e^- et n^0 .

Cependant, les propriétés chimiques de ces différents éléments sont assez similaires. Tous les trois réagissent assez violemment avec l'eau.



? Peux-tu pondérer les équations chimiques ci-dessus.

élément	M.A. _r	nb p^+	nb e^-	nb n^0
Li	6,9410	3	3	7
Na	22,9898	11	11	12
K	39,0983	19	19	20

Un autre exemple bien connu de propriétés similaires de différentes substances est l'ensemble formé par l'He, le Ne, l'Ar, le Kr et le Xe: ce sont tous des gaz qui ont la propriété de ne pas réaliser, ou alors très difficilement, des réactions chimiques

Il existe encore de nombreux exemples d'éléments qui sont très différents au point de vue de leur structure mais dont les propriétés chimiques sont fort semblables. Cette particularité doit nous mettre sur la voie d'une méthode de classement des éléments. **Les éléments semblables doivent être groupés dans la même catégorie.**

3. Comment classer un jeu de cartes?

La situation est assez semblable à celle du classement d'un jeu de cartes: dans un tel jeu, il n'y a pas deux cartes semblables. Pourtant, il est très facile de les classer.

1 ♦	2 ♦	3 ♦	4 ♦	5 ♦
1 ♥	2 ♥	3 ♥	4 ♥	5 ♥
1 ♣	2 ♣	3 ♣	4 ♣	5 ♣
1 ♠	2 ♠	3 ♠	4 ♠	5 ♠

On pourrait ainsi grouper toutes les couleurs (♦, ♥, ♣ et ♠) dans la même ligne cependant que toutes les cartes de la même couleur seraient dans la même colonne.

Nous allons voir que ce classement d'un jeu de cartes peut nous aider à classer les éléments. Pour cela, il faut nous baser sur l'étude des propriétés de ces éléments

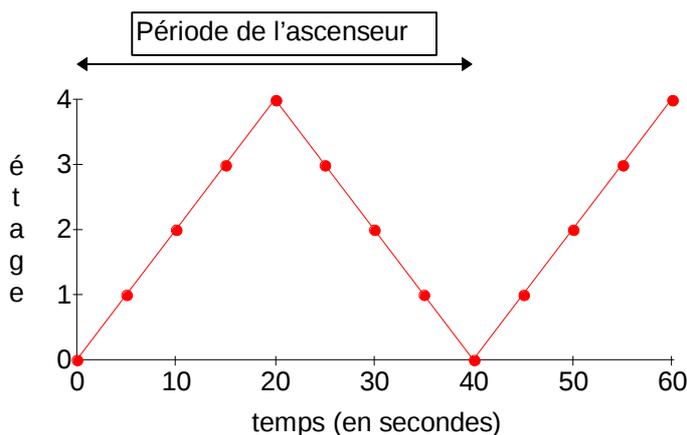
4. Propriétés quantitatives des 19 premiers éléments: mesures et graphiques.

On peut mesurer certaines propriétés quantitatives¹ des éléments. Le tableau ci-dessous reprend un certain nombre de mesures effectuées sur les éléments.

	Z	M.A.r	Rayon de l'atome ² en nm	Masse Volumique en g/cm ³	t° fusion en °C	t° ébullition en °C
H	1	1,0079	0,0537	0,090	-259,2	-252,9
He	2	4,0026	0,0291	0,179	-272,2	-268,9
Li	3	6,9410	0,1586	0,534	180,5	1336
Be	4	9,0123	0,1040	1,850	1277	2484
B	5	10,8100	0,0776	2,460	2177	3658
C	6	12,0110	0,0620	2,250	4000	4200
N	7	14,0067	0,0521	1,251	-210	-195,8
O	8	15,9994	0,0450	1,429	-218,8	-183
F	9	18,9984	0,0396	1,696	-219,6	-188,1
Ne	10	20,1790	0,0354	0,900	-248,6	-246
Na	11	22,9898	0,1713	0,970	97,8	881,4
Mg	12	24,3050	0,1279	1,740	650	1105
Al	13	26,9815	0,1312	2,702	660	2447
Si	14	28,0855	0,1068	2,330	1410	2680
P	15	30,9738	0,0919	1,820	44,2	280,3
S	16	32,0600	0,0810	2,070	112,8	444,7
Cl	17	35,4530	0,0725	3,214	-101	-34
Ar	18	39,9480	0,0659	1,784	-189,4	-185,9
K	19	39,0983	0,2162	0,860	63,7	765,5
Ca	20	40,0800	0,1690	1,540	851	1487

Les graphiques que l'on peut obtenir à partir de ces mesures sont assez étonnants. Observons le graphique du rayon atomique en fonction de la masse atomique relative moyenne.

4.1. On observe une certaine régularité dans le graphique.



Le graphique montre le retour d'un certain motif comme dans le graphique de la position d'un ascenseur en fonction du temps.

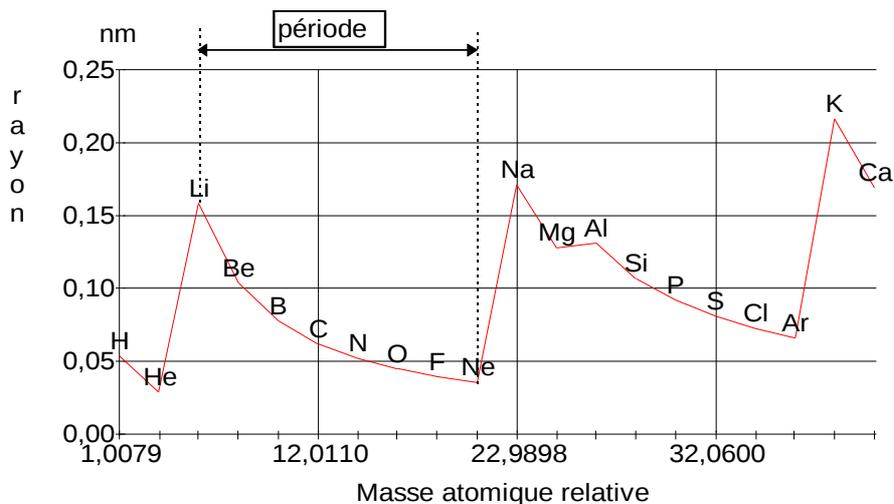
En physique, on appelle " la période " le temps nécessaire pour qu'un phénomène se répète. La période du battement du balancier d'une horloge peut, par exemple, être de 1 seconde. Cela veut dire que le balancier mettra une seconde pour revenir à sa position de départ.

¹ Une propriété quantitative d'un élément est une propriété qui peut être mesurée. La t° fusion, le rayon de l'atome, etc sont des propriétés quantitatives.

² nm = nanomètre = 10⁻⁹ m = milliardième de mètre.

Tableau périodique

Dans le graphique du rayon en fonction de la masse atomique relative, on pourrait appeler "période" l'intervalle entre l'élément Li et l'élément Na (non compris) puisque après Ne, le motif se reproduit.



? Où peut-on voir une deuxième "période" sur ce graphique?

4.2. On observe la similitude des éléments différents.

On observe que les éléments similaires comme:

- Li, Na et K occupent une position analogue dans le graphique: ce sont tous des atomes de grande dimension par rapport à leurs voisins.
- He, Ne, Ar, ... occupent une position analogue dans le graphique: ce sont tous des atomes de petite dimension par rapport à leurs voisins.
- ...

4.3. Comment classer les éléments du Li au Ca?

Si l'on omet provisoirement les éléments H et He, on voit que l'on peut classer les autres éléments en utilisant la technique du jeu de cartes.

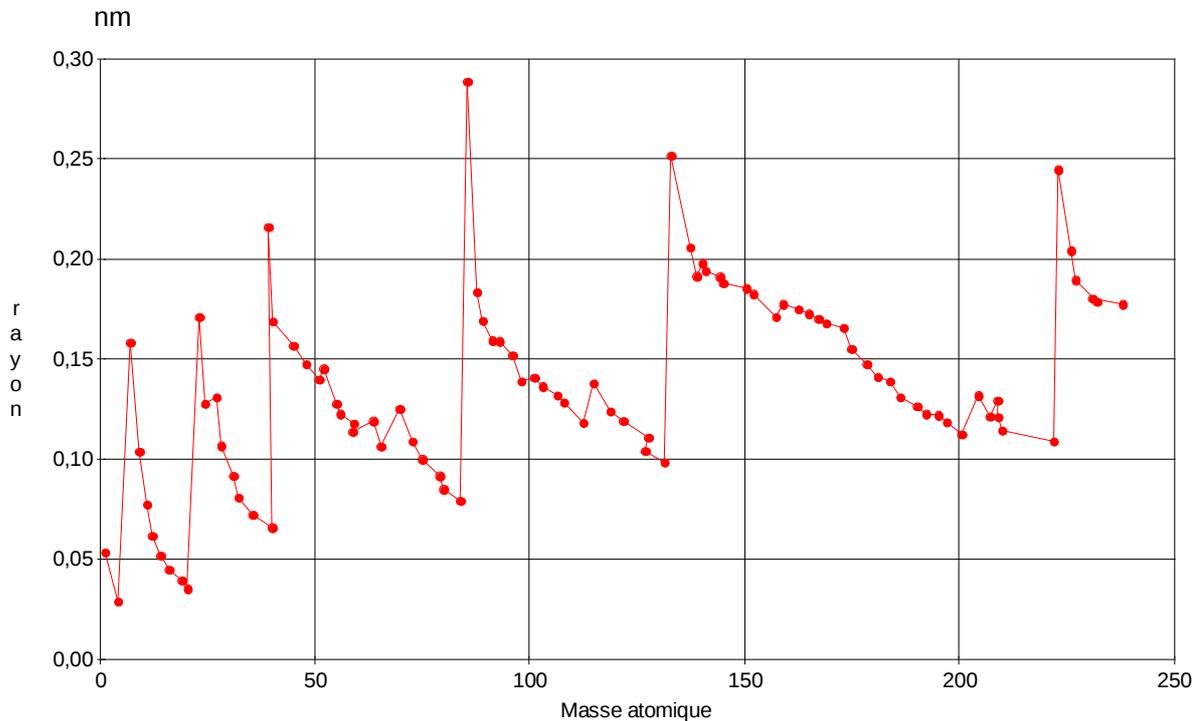
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca						

Dans ce classement,

- chaque **ligne** représente une **période** et
- dans chaque **colonne**, on indique les **éléments similaires**.

5. Propriétés quantitatives des 90 éléments.

Voit-on encore apparaître la même périodicité dans le graphique complet du rayon atomique en fonction de la masse atomique?



5.1. Les éléments de transition.

On remarque effectivement encore une structure périodique pour l'ensemble du graphique. Mais, il se produit une rupture de la régularité après l'élément numéro 20 (le Ca). Le graphique ne retrouve son allure primitive qu'à partir de l'élément 31 (le Ga). La période s'est allongée: des éléments "perturbateurs" sont intervenus. On remarque le même phénomène entre le numéro 38 (le Sr) et le numéro 49 (l'In).

Chacune de ces séries de "perturbateurs" est donc constituée de 10 éléments. La période suivante est allongée d'autant d'éléments.

K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pf	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe

Cette disposition est-elle incompatible avec ce que nous avons proposé plus haut pour les deux périodes précédentes? Le K et le Rb font partie de la même famille d'éléments que le Li et le Na: ils occupent tous les bas des graphiques. On peut faire une remarque similaire pour Ca et Sr qui doivent être classés dans la même catégorie que Be et Mg, pour Ga et In qui font partie de la même famille que B et Al, ...

Nous pouvons alors établir la classification suivante:

Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pf	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe

Tableau périodique

5.2. Les lanthanides et les actinides.

Examinons maintenant les éléments qui suivent dans l'ordre des numéros atomiques. Une nouvelle perturbation de la périodicité du graphique intervient après le La. Une série de 14 éléments allonge encore la période.

Il serait possible d'insérer ces éléments surnuméraires en "ouvrant" encore une fois les périodes supérieures. Cela nous mènerait à un tableau fort large et donc peu pratique. On préfère, en général, indiquer ces éléments un peu en dessous du tableau en précisant l'endroit où ils doivent venir s'insérer.

Les éléments suivants trouvent tout naturellement leur place à la suite des précédents.

Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pf	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U												

Les éléments de numéro atomique > 92 ne se trouvent pas dans la nature. Ils sont fabriqués par les physiciens qui les observent durant le temps -parfois très court- que dure la vie de tels atomes: certains d'entre eux se désintègrent même spontanément en quelques fractions de secondes.

5.3. Positions de l'hydrogène et de l'hélium.

5.3.1. Position de l'hélium

Il nous reste maintenant à préciser la position que nous allons donner aux deux éléments que nous avons prudemment laissés sur le côté au début de notre travail: l'H et l'He. Pour ce qui est de l'He, la question est simple: il fait clairement partie de la même famille que Ne, Ar, Kr, Xe et Rn avec lesquels il partage un grand nombre de propriétés. Nous le placerons donc dans la même colonne qu'eux.

5.3.2. Position de l'hydrogène.

Le cas de H est moins simple à résoudre: doit-on le placer dans la même colonne que Li, Na, ... avec lesquels il partage certaines propriétés (valence 1, il forme des ions H^{+1} , ...) ou avec F, Cl, ... avec lesquels il partage également des propriétés (il forme des molécules du type H_2 , c'est un gaz, ...)?

Il existe des arguments pour les deux choix. Certains auteurs choisissent de placer l'H dans une catégorie à part et l'indiquent dans le tableau à l'écart des autres éléments.

D'autres tableaux l'indiquent dans la même colonne que Li, Na, K, ... Il faut alors se souvenir qu'il s'agit d'une convention qui reste discutable.

Nous pouvons maintenant donner des définitions rigoureuses des familles et des périodes.

Une famille est un groupe d'éléments qui possèdent un grand nombre de propriétés en commun. Les éléments d'une même famille forment une colonne dans le tableau des éléments.

Une période est une succession d'éléments rangés par ordre de numéros atomiques croissants et qui forment une ligne horizontale dans le tableau des éléments.

Tableau périodique

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pf	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Unq	Unp	Unh	Uns	Uno	Une	Uun	Uuu	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
				Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
				Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

On obtient finalement un tableau formé d'un certain nombre de lignes et de colonnes. C'est le tableau périodique des éléments, imaginé par le chimiste russe *Dimitri Ivanovitch Mendeleev* (1834-1907).

6. Plusieurs séries d'éléments portent un nom particulier fréquemment utilisé.

Certaines **familles** d'éléments sont tellement importantes en chimie ou même dans la vie quotidienne qu'on leur a donné un nom (voir le tableau ci-dessous).

Le mot "alcalin" vient d'un mot d'origine arabe où il signifie "la cendre"; en effet, c'est dans les cendres de plantes brûlées que l'on a trouvé le sodium et le potassium. L'étymologie du mot "halogène" signifie "qui engendre des sels"; par réaction avec des métaux alcalins, par exemple, les halogènes fournissent des sels binaires tels NaCl dont les beaux cristaux cubiques naturels portent le nom de "halite".

Les éléments des familles 3 à 12 sont appelés **éléments de transition**. Il n'existe pas d'autre nom fréquemment utilisé pour ces familles.

Famille	Nom
1	alcalins
2	alcalino-terreux
13	terreux
14	carbonides
15	azotides
16	sulfurides
17	halogènes
18	gaz rares



En quelles occasions de la vie courante as-tu entendu parler de certaines de ces familles?

D'autres groupes d'éléments ont également reçu un nom. Tous les éléments de la partie centrale du tableau sont appelés éléments de transition. Les éléments qui suivent le Lanthane (de Ce jusqu'à Lu) sont appelés lanthanides; les éléments qui suivent l'actinium sont appelés les actinides.

La famille des actinides contient certains éléments fabriqués au laboratoire et qui n'existent pas dans la nature. C'est le cas de tous les atomes plus lourds que l'uranium. On les appelle les transuraniens. De nombreux laboratoires dans le monde tentent de fabriquer des transuraniens en « collisionnant » des noyaux d'atomes lancés à très grandes vitesses. Les atomes obtenus sont très instables (pour certains, quelques fractions de seconde de temps de vie) si bien que leur étude est difficile.

7.2. Numéros des familles.

Si l'on compte les éléments de transition, on voit que le tableau périodique contient 18 familles d'éléments. Chacune a reçu un numéro d'ordre compris entre 1 et 18.

Avant 1982, on distinguait les familles d'éléments de transition sous l'étiquette "familles b", par opposition aux "familles a" (éléments des colonnes 1, 2 et 13 à 18). Les familles portaient chacune un chiffre romain suivi de la lettre "a" ou "b". Il existait des familles "a" numérotées de I à VII et des familles "b" qui portaient le même numéro.

Le fait qu'il existe des familles a et b qui portent le même numéro peut, dans certains cas, prêter à confusion. Une nouvelle convention existe à ce sujet depuis 1982. Toutes les familles du tableau des éléments ont reçu un numéro d'ordre en 1 et 18.

Remarquons que les familles 13 à 17 correspondent aux anciennes familles IIIa à VIIa. Le chiffre des unités de la nouvelle numérotation correspond donc au numéro dans l'ancienne numérotation.

8. Exercices et questions.

8.1. Élémentaire, mon cher Mendeleev.

Un raisonnement du même type que le nôtre a été mené par le chimiste russe Dimitri Ivanovitch Mendeleev (1834-1907). C'est en son honneur que le tableau des éléments porte le nom de "tableau périodique de Mendeleev". Il a effectué son travail de classification

A l'époque de Mendeleev, on connaissait seulement 66 éléments. On ne connaissait ni le Scandium (Sc), ni le Gallium (Ga), ni le Germanium (Ge). Remarquant qu'il existait des "trous" dans sa classification, Mendeleev prédit l'existence de ces éléments et parvint à en prévoir certaines propriétés. Comment?

	éka-silicium	Germanium
A. _r	72	72,6
Masse volumique	5,5 g/cm ³	5,35 g/cm ³
valence	IV	IV
Formule de l'oxyde	ESiO ₂	GeO ₂
M. vol. de l'oxyde	4,7 g/cm ³	4,703 g/cm ³
t° ébul. chlorure	ESiCl ₄ 90°C	GeCl ₄ 83°C
M. vol. chlorure	1,9 g/cm ³	1,887 g/cm ³

Ex: En 1871, Mendeleev prévoit l'existence d'un élément qu'il baptise "éka-silicium"³ dont il prévoit certaines propriétés. En 1885, Winkler détermine certaines propriétés du germanium, inconnu de Mendeleev.

Peux-tu prévoir la température de fusion, la température d'ébullition, le rayon atomique, l'énergie de première ionisation, sans consulter le tableau de mesures? Comment t'y prends-tu?

8.2. Construction du tableau périodique à partir d'autres graphiques.

A partir des valeurs des mesures indiquées dans le tableau de la page suivante, établis sur des feuilles de papier millimétré les graphiques correspondants (en fonction du numéro atomique). L'échelle du graphique doit être indiquée et choisie de manière à ce que le graphique occupe toute la feuille de papier; les axes seront légendés et gradués.

³ en sanscrit, "eka" veut dire "+1"; éka-silicium désigne donc l'élément qui est un rang plus loin que le silicium dans sa famille.

Tableau périodique

Montre comment, à partir de chacun de ces graphiques on pourrait également faire le raisonnement que nous avons mené plus haut. Indique sur chaque graphique les différentes périodes ainsi que les groupes d'éléments importants.

9. Tableau des propriétés quantitatives des éléments.

I :	masse atomique relative	V :	température de fusion en °C
II :	rayon atomique en nm	VI :	température d'ébullition en °C
III :	énergie de première ionisation en MJ/mole	VII :	chaleur de fusion en kJ/mole
IV :	masse volumique en g/cm ³	VIII :	électronégativité ⁴

	Z	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
H	1	1,0079	0,0537	1,312	0,071	-259,2	-252,9	0,0586	2,1
He	2	4,0026	0,0291	2,3723	0,126	-272,2	-268,9	0,0138	
Li	3	6,9410	0,1586	0,5203	0,53	180,5	1336	3,0019	1
Be	4	9,0123	0,104	0,8995	1,85	1277	2484	11,723	1,5
B	5	10,8100	0,0776	0,8006	2,34	2177	3658	22,5669	2
C	6	12,0110	0,062	1,0864	2,26	4000	4200	104,67	2,6
N	7	14,0067	0,0521	1,4023	0,96	-210	-195,8	0,3601	3,05
O	8	15,9994	0,045	1,314	1,14	-218,8	-183	0,2219	3,5
F	9	18,9984	0,0396	1,681	1,505	-219,6	-188,1	0,2554	4
Ne	10	20,1790	0,0354	2,0807	1,2	-248,6	-246	0,3354	
Na	11	22,9898	0,1713	0,4958	0,97	97,8	881,4	2,6042	0,9
Mg	12	24,3050	0,1279	0,7377	1,74	650	1105	8,9598	1,2
Al	13	26,9815	0,1312	0,5776	2,7	660	2447	10,7182	1,5
Si	14	28,0855	0,1068	0,7865	2,33	1410	2680	50,2416	1,9
P	15	30,9738	0,0919	1,0118	1,82	44,2	280,3	0,6573	2,15
S	16	32,0600	0,081	0,9996	2,07	112,8	444,7	1,7187	2,6
Cl	17	35,4530	0,0725	1,2511	1,56	-101	-34	3,205	3,15
Ar	18	39,9480	0,0659	1,5205	1,4	-189,4	-185,9	1,1757	
K	19	39,0983	0,2162	0,4189	0,86	63,7	765,5	2,3362	0,8
Ca	20	40,0800	0,169	0,5898	1,55	851	1487	8,5411	1
Sc	2,1	44,9559	0,157	0,631	3	1539	2730	16,1192	1,3
Ti	22	47,8800	0,1477	0,658	4,51	1810	3318	18,6313	1,5
V	23	50,9415	0,1401	0,65	6,1	1730	3421	23,0274	1,6
Cr	24	51,996	0,1453	0,6528	7,19	1875	2682	20,5153	1,6
Mn	25	54,938	0,1278	0,7174	7,43	1245	2120	14,6358	1,5
Fe	26	55,847	0,1227	0,7594	7,86	1536	2872,3	15,1981	1,8
Co	27	58,9332	0,1181	0,758	8,9	1495	2987,1	16,2029	1,8
Ni	28	58,6900	0,1139	0,7367	8,9	1453	2920	17,6264	1,8
Cu	29	63,5460	0,1191	0,7455	8,96	1083	2582	13,2722	1,9
Zn	30	65,3800	0,1065	0,9064	7,14	419,4	911	7,3897	1,6
Ga	31	69,7200	0,1254	0,5788	5,91	29,8	1980	5,5936	1,6
Ge	32	72,5900	0,109	0,7622	5,32	937,4	2852	36,8438	1,9
As	33	74,9216	0,1001	0,947	5,72	613	613	21,3527	2
Se	34	78,9600	0,0918	0,9409	4,79	217	685	5,4428	2,45
Br	35	79,9040	0,0851	1,1399	3,12	-7,2	58,8	5,2963	2,85
Kr	36	83,8000	0,0795	1,3507	2,6	-157,3	-153,4	1,6358	
Rb	37	85,4678	0,2887	0,403	1,53	38,9	694	2,1981	0,8
Sr	38	87,6200	0,1836	0,5495	2,6	768	1381	8,2061	1
Y	39	88,9059	0,1693	0,616	4,47	1509	3304	11,43	1,3
Zr	40	91,2200	0,1593	0,66	6,49	1852	4504	20,934	1,6
Nb	41	92,9064	0,1589	0,664	8,4	1950	4863	26,9211	1,6
Mo	42	95,9400	0,152	0,685	10,2	2610	4646	27,6329	1,8

⁴ cette notion est expliquée dans un chapitre ultérieur

Tableau périodique

	Z	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tc	43	98	0,1391	0,702	11,5	2140	4567	23,0274	1,9
Ru	44	101,0700	0,141	0,711	12,2	2500	4119	26	2,2
Rh	45	102,9055	0,1364	0,72	12,4	1966	3727	21,562	2,2
Pd	46	106,4200	0,132	0,805	12	1552	2940	17,5846	2,2
Ag	47	107,8682	0,1286	0,731	10,5	960,8	2164	11,9533	1,9
Cd	48	112,4100	0,1184	0,8677	8,65	320,9	767	6,0709	1,7
In	49	114,8200	0,1382	0,5583	7,31	156,2	2070	3,2699	1,7
Sn	50	118,6900	0,124	0,7086	7,3	231,9	2623	6,992	1,8
Sb	51	121,7500	0,1193	0,8337	6,62	630,5	1640	19,8454	2,05
Te	52	127,6000	0,1111	0,8693	6,24	452,5	1009	17,5008	2,3
I	53	126,9045	0,1044	1,0084	4,94	113,7	184,2	7,7644	2,65
Xe	54	131,2900	0,0986	1,1704	3,06	-111,9	-108,1	2,3006	
Cs	55	132,9054	0,2518	0,3757	1,9	28,7	19	2,0892	0,7
Ba	56	137,3300	0,206	0,5029	3,5	850	1849	8,0387	0,9
La	57	138,9055	0,1915	0,5381	6,17	920	3470	8,4992	
Ce	58	140,1200	0,1978	0,528	6,657	795	3470	5,1833	
Pr	59	140,9077	0,1942	0,523	6,773	935	3130	11,3044	
Nd	60	144,2400	0,1912	0,53	7,004	1024	3111	7,1385	
Pm	61	145	0,1882	0,536	7,22	1080	2727		
Sm	62	150,3600	0,1854	0,543	7,52	1072,1	1900	8,9179	
Eu	63	151,9600	0,1826	0,547	5,2434	826	1439	10,467	
Gd	64	157,2500	0,1713	0,591	7,9004	1306	3000	15,4912	
Tb	65	158,9254	0,1775	0,564	8,2294	1356	2800	16,3285	
Dy	66	162,5000	0,175	0,572	8,55	1500	2600	17,1659	
Ho	67	164,9304	0,1727	0,581	8,7947	1461	2600	17,1659	
Er	68	167,26	0,1703	0,589	9,006	1497	2900	17,1659	
Tm	69	168,9342	0,1681	0,596	9,3208	1545	1727	18,4219	
Yb	70	173,0400	0,1658	0,6034	6,9654	824	1427		
Lu	71	173,04	0,1553	0,5235	9,8404	1652	3327	19,2593	
Hf	72	174,8670	0,1476	0,68	13,31	2222	5400	24,0741	1,3
Ta	73	178,4900	0,1413	0,761	16,6	2985	6000	36,4252	1,3
W	74	180,9479	0,139	0,77	19,35	3407	5930	39,7746	1,7
Re	75	183,8500	0,131	0,76	20,53	3180	5900	33,4944	1,9
Os	76	186,2070	0,1266	0,84	22,48	2727	4400	31,7778	2,2
Ir	77	190,2200	0,1227	0,88	22,421	2454	4400	26,3768	2,2
Pt	78	195,0800	0,1221	0,87	21,45	1772	3950	19,678	2,2
Au	79	196,9865	0,1187	0,8901	19,28	1064	2970	13,372	2,4
Hg	80	200,5900	0,1126	1,007	13,594	-38,9	357	2,2969	1,9
Tl	81	204,3830	0,1319	0,5893	11,85	303,5	1457	4,0821	1,8
Pb	82	207,200	0,1215	0,7155	11,3437	327,5	1725	4,7771	1,8
Bi	83	208,9804	0,1295	0,7033	9,8	271,4	1400	10,8857	1,9
Po	84	209	0,1212	0,812	9,4	254	962		2
At	85	210	0,1146			302	334		2,2
Rn	86	222	0,109	1,037	9,73	-71	-62	2,8889	
Fr	87	223	0,2447		2,41		27		0,65
Ra	88	226,0254	0,2042	0,5094	5	700	1737	8,3736	0,9
Ac	89	227,0278	0,1895	0,67	10,07	1050	3330	14,2351	1,1
Th	90	232,0381	0,1788		11,7	765	3470	16,1192	1,3
Pa	91	231,0359	0,1804		15,37	1227	4027	14,6538	1,5
U	92	238,0289	0,1775		19,05	1130	3927	12,5604	1,7

Tableau périodique

H 1,0079	He 4,0026	Li 6,9410	Be 9,0123
B 10,8100	C 12,0110	N 14,0067	O 15,9994
F 18,9984	Ne 20,1790	Na 22,9898	Mg 24,3050
Al 26,9815	Si 28,0855	P 30,9738	S 32,0600
Cl 35,4530	Ar 39,9480	K 39,0983	Ca 40,0800