

4. Éléments et tableau périodique

Tu connais sûrement le tableau périodique des éléments qui fait partie de toute salle et de tout manuel de chimie (voir la fin de ce manuel). Est-ce que tu ne t'es jamais interrogé sur la signification de ce tableau, et sur tous les secrets qu'il cache ?

Dans le chapitre suivant, nous allons commencer à aborder ces questions.

4.1. Les propriétés

Activité :

Voici des échantillons de 3 métaux : du cuivre, de l'aluminium et du fer.

Comment peux-tu identifier les différents métaux ?



4.1.1. Propriétés physiques et chimiques

Revenons à l'activité de la page précédente :

- Tu as reconnu le cuivre à cause de sa couleur rougeâtre caractéristique.
- Le fer et l'aluminium ont des couleurs similaires. Néanmoins, nous savons que le fer est magnétique, tandis que l'aluminium ne l'est pas.

Ainsi, nous pouvons distinguer les 2 métaux en y rapprochant un aimant : le fer est attiré par l'aimant, l'aluminium ne l'est pas.

Pour identifier ces métaux, nous avons utilisé des caractéristiques spécifiques de ces métaux. Ces caractéristiques sont appelées **propriétés**.

Tu connais déjà un certain nombre de propriétés, comme par exemple :

- aspect
- odeur, goût
- température de fusion
- température d'ébullition
- solubilité
- conductibilité électrique
- conductibilité thermique
- masse volumique

Toutes ces propriétés sont des **propriétés physiques**, car on peut les déterminer sans changer la nature chimique du corps.

Connaissant maintenant les réactions chimiques, nous pouvons y rajouter les **propriétés chimiques**, c'est-à-dire les propriétés qui se dégagent des réactions effectuées avec d'autres corps, comme par exemple :

- combustibilité
- réaction avec les acides

Dans les chapitres qui suivent, certaines propriétés seront traitées plus en détail.

4.1.2. La solubilité

Nous commençons dans ce chapitre par étudier la **solubilité**.



Expérience 1

Introduisons quelques millilitres d'eau distillée dans un tube à essais. Ajoutons une spatule de chlorure de sodium (sel de cuisine) dans le tube à essais et agitons-le.

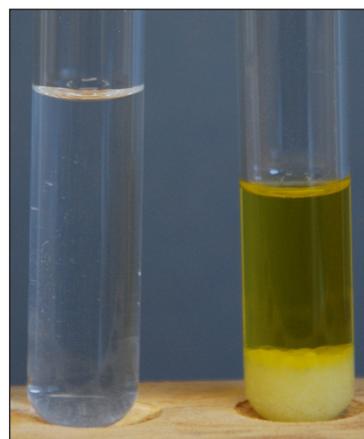
Introduisons quelques millilitres d'huile végétale dans un autre tube à essais. Ajoutons une spatule de chlorure de sodium dans le tube à essais et agitons-le.

Le chlorure de sodium se dissout dans l'eau distillée, mais il ne se dissout pas dans l'huile végétale.

La solubilité dépend du solvant !

Lorsqu'on indique la solubilité d'un corps, il faut donc toujours noter le solvant auquel on se réfère.

Nous savons maintenant que le chlorure de sodium est soluble dans l'eau distillée. Mais peut-on dissoudre n'importe quelle quantité de chlorure de sodium dans l'eau distillée ?



Remarque :

Ces différences de solubilité dans différents corps sont utiles par exemple dans le lavage :

Une tache de graisse ne peut pas être éliminée par de l'eau, car la graisse n'est pas soluble dans l'eau. Par contre, la graisse est soluble dans la benzine, voilà pourquoi on peut éliminer une tache de graisse avec de la benzine.

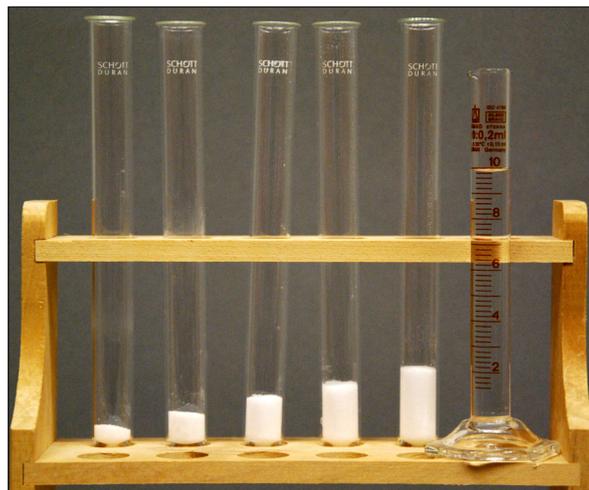


Expérience 2

Numérotons 5 tubes à essais. Introduisons dans chaque tube à essais une masse déterminée de chlorure de sodium :

- tube 1 : 1g de chlorure de sodium
- tube 2 : 2g de chlorure de sodium
- tube 3 : 3g de chlorure de sodium
- tube 4 : 4g de chlorure de sodium
- tube 5 : 5g de chlorure de sodium

Ajoutons 10mL d'eau distillée dans chaque tube à essais. Agitons chaque tube pendant au moins une minute.



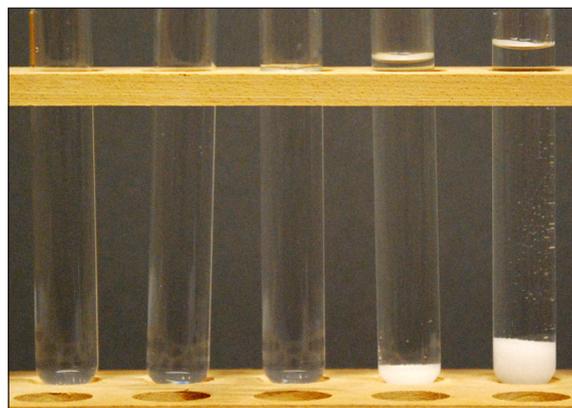
Dans les tubes 1, 2 et 3, tout le chlorure de sodium s'est dissous dans l'eau distillée, tandis que dans les tubes 4 et 5, il reste des cristaux de chlorure de sodium qui ne se dissolvent pas, et qui se déposent au fond du tube.

L'eau distillée ne peut donc dissoudre qu'une certaine quantité de chlorure de sodium : entre 3g et 4g dans 10mL eau. Des mesures exactes ont montrées qu'on peut dissoudre au maximum 3,6g de chlorure de sodium dans 10mL d'eau distillée : on dit que la **solubilité** du chlorure de sodium est de 3,6g pour 10mL d'eau distillée.

Lorsqu'une solution d'eau salée renferme cette quantité maximale, on dit que la solution est **saturée**. Lorsqu'on y ajoute davantage de sel, il ne se dissout pas, mais se dépose au fond du tube.

Nous pouvons ainsi indiquer la solubilité des corps dans un solvant donné par une valeur numérique.

La **solubilité** d'un corps indique la quantité maximale de ce corps que l'on peut dissoudre dans un volume donné de solvant. Une solution qui renferme cette quantité maximale de soluté est appelée une **solution saturée**.



Ceci nous permet de comparer facilement la solubilité

- soit de différents corps dans un même solvant,
- soit d'un même corps dans différents solvant.

On entend parfois, notamment en cuisine, que le sel se dissout mieux dans l'eau chaude que dans l'eau froide. Mais est-ce vraiment le cas ?

Par l'expérience suivante, nous allons étudier l'influence de la température sur la solubilité.



Expérience 3

Numérotons 2 tubes à essais. Marquons sur chaque tube à essais une hauteur de 2cm. Remplissons chaque tube à essais jusqu'à la hauteur du marquage avec un corps différent:

tube 1 : alun

tube 2 : chlorure de sodium

Ajoutons à chaque tube à essais 5mL d'eau distillée. Agitons chaque tube à essais pendant au moins 2 minutes, pour dissoudre le maximum de corps dans l'eau distillée.

Marquons sur chaque tube la hauteur du corps qui reste déposé, donc qui ne se dissout pas.

Observations :

La hauteur du dépôt a diminué dans les deux tubes : une partie de l'alun et du chlorure de sodium s'est donc dissoute dans l'eau distillée.

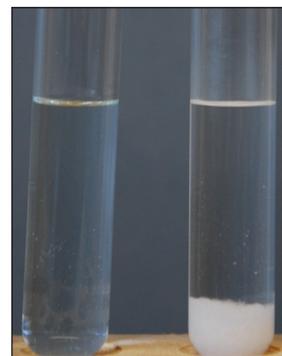


solubilité de l'alun (à gauche) et du chlorure de sodium (à droite) dans l'eau froide)

Chauffons ensuite chaque tube à essais dans la flamme du brûleur Bunsen, en agitant bien le tube. Arrêtons le chauffage dès que le mélange commence à entrer en ébullition. Agitons encore pendant 30 secondes, et marquons la nouvelle hauteur du dépôt.

Observations et conclusions :

- La hauteur de l'alun déposé a diminué lors du chauffage : à chaud, il y a davantage d'alun qui se dissout. La solubilité de l'alun est donc plus grande à température élevée.
- La hauteur du chlorure de sodium déposé est restée constante après le chauffage. La température n'a apparemment pas d'influence sur la solubilité du chlorure de sodium (en réalité, la température a quand même une légère influence sur la solubilité du chlorure de sodium dans l'eau, mais celle-ci n'est pas visible sur la petite quantité de chlorure de sodium utilisée).



solubilité de l'alun (à gauche) et du chlorure de sodium (à droite) dans l'eau chaude)

La **solubilité** d'un corps dans l'eau distillée peut dépendre de la **température**.

Le chauffage de l'eau n'augmente donc que très peu la solubilité du sel dans l'eau. Cependant, le sel se dissout plus rapidement dans l'eau chaude que dans l'eau froide, voilà pourquoi on pourrait avoir l'impression que le sel se dissout mieux.

4.2. Éléments et corps simples

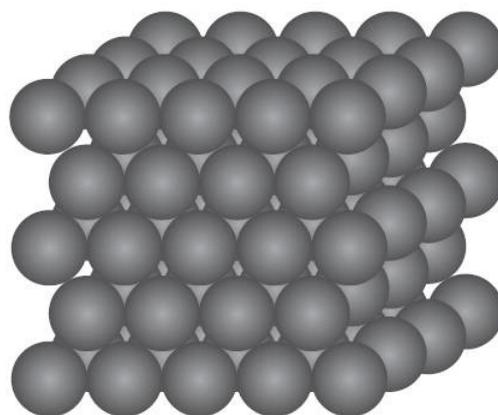
Au chapitre 3, nous avons défini les éléments chimiques. D'autre part, nous savons qu'un corps simple est constitué uniquement d'atomes d'un même élément. Il faut veiller à ne pas confondre les termes d'« élément » et de « corps simple ».

Le terme **élément** désigne l'ensemble des atomes d'un élément, donc un ensemble d'atomes identiques en masse et en taille.

Un **corps simple** par contre est un corps concret, qui se définit par rapport à ses propriétés (voir aussi chapitre 4.4.).

Les atomes d'un élément s'associent pour former un corps simple. Ils forment des structures bien définies :

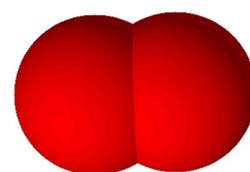
- Les atomes des métaux forment des réseaux ordonnés. Un réseau comporte un très grand nombre d'atomes.
- Les atomes des non-métaux s'associent en molécules. Le nombre d'atomes par molécule varie selon l'élément en question.



réseau métallique

En général, on désigne les corps simples par le même nom que les éléments : on parle aussi bien du corps simple « fer » que de l'élément « fer ».

Toutefois, il existe 7 non-métaux où les corps simples sont formés de molécules diatomiques (c'est-à-dire formées de 2 atomes). Dans ces cas, le nom du corps simple correspond au nom de l'élément avec le préfixe di-, pour bien distinguer entre l'élément et le corps simple :



molécule de dioxygène

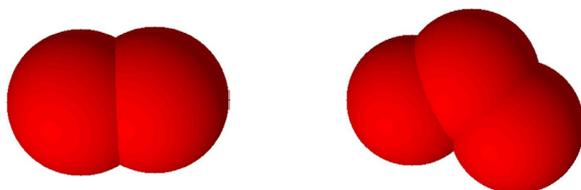
élément	symbole	corps simple	formule
azote	N	diazote	N ₂
brome	Br	dibrome	Br ₂
chlore	Cl	dichlore	Cl ₂
fluor	F	difluor	F ₂
hydrogène	H	dihydrogène	H ₂
iode	I	diiode	I ₂
oxygène	O	dioxygène	O ₂

Quelques éléments peuvent former deux ou plusieurs corps simples !

Exemples :

- Les corps simples graphite (contenu dans les mines de crayon, voir p.217) et diamant (voir p.216) ont des propriétés très différentes, mais ils sont tous les deux constitués uniquement d'atomes de carbone : ce sont donc deux corps simples du carbone.
- L'élément oxygène forme aussi deux corps simples :
 - le dioxygène, gaz nécessaire pour notre respiration, de formule chimique O_2 (voir p.224), et
 - l'ozone, gaz incolore à odeur désagréable, de formule chimique O_3 (voir p.224 + p.225).

La différence entre ces deux corps simples se trouve dans la structure de leurs molécules : le dioxygène est formé de molécules diatomiques, donc formées par association de 2 atomes d'oxygène, tandis que l'ozone est formé de molécules triatomiques, donc formées de 3 atomes d'oxygène.



Un seul élément peut donc constituer différents corps simples, qui ont des propriétés différentes. Pour former ces différents corps simples, les atomes s'associent différemment.



Remarque : ozone

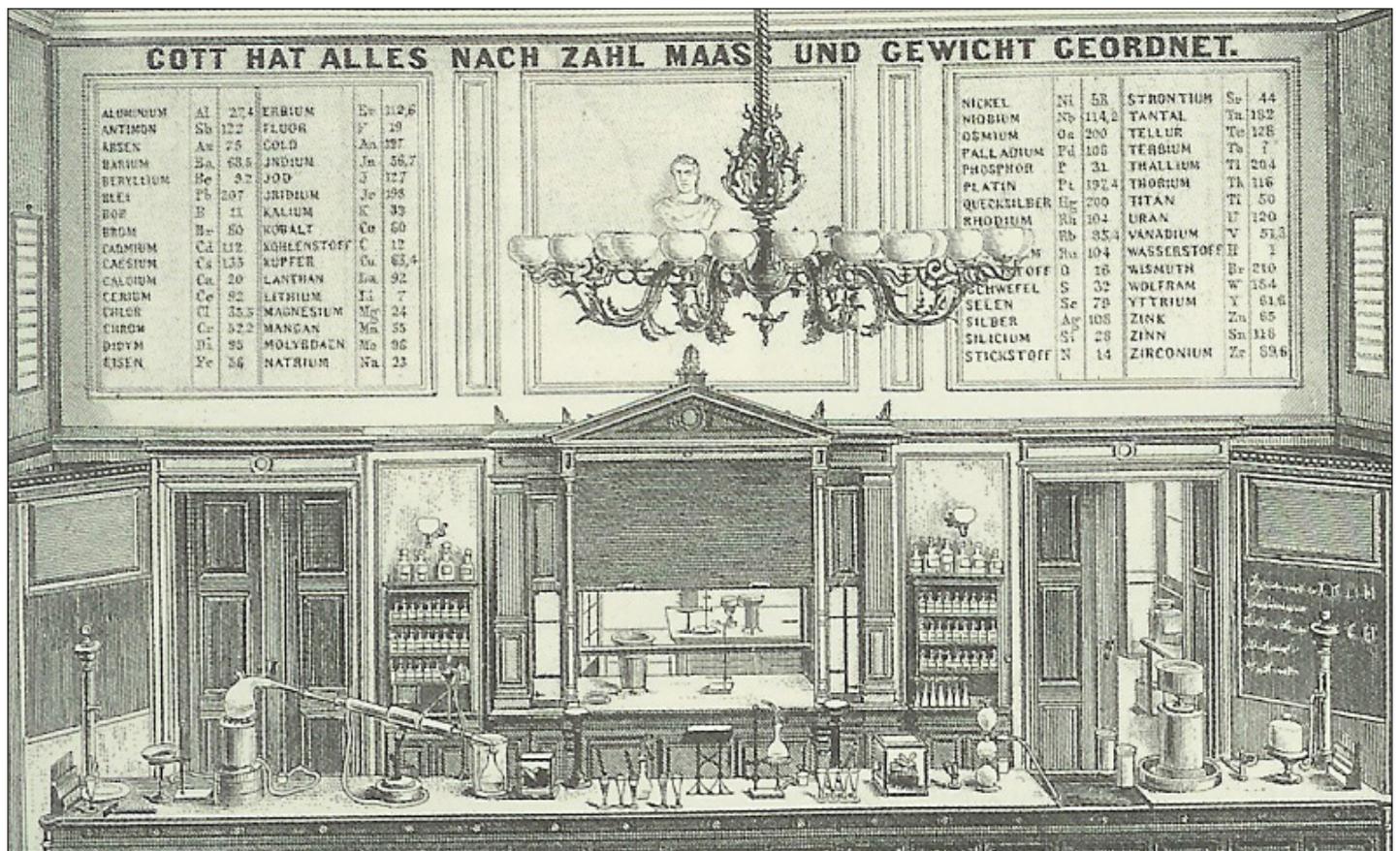
Dans l'atmosphère, l'ozone joue un double rôle :

- Chez l'homme, il peut induire des problèmes de santé, notamment par irritation des voies respiratoires. En basse atmosphère (troposphère), il est produit suite à la pollution atmosphérique, notamment lors de canicules. Ainsi, il est parfois recommandé en été de limiter ses activités à l'extérieur, afin de réduire les contacts avec l'ozone.
- En haute atmosphère (stratosphère, hauteur de 20km à 50km), il absorbe une partie des rayons ultraviolets (UV) émis par le soleil. Comme ces rayons UV sont responsables de cancers de la peau, la couche d'ozone constitue donc une couche protectrice indispensable pour la vie sur Terre.

4.3. Le tableau périodique des éléments

On connaît aujourd’hui environ 112 éléments.

Il se pose alors la question de leur classification. Au milieu du 19^e siècle, on connaissait un certain nombre d’éléments. On avait attribué un symbole chimique à chaque élément, et on connaissait sa masse atomique. Néanmoins, on ne voyait pas d’ordre dans les éléments, comme le montre l’image suivante de l’auditoire de la Faculté de Chimie de l’Université de Leipzig (D) en 1864 (image extraite de la « Real-Encyklopädie, 11. Auflage (1864-1868), Herausgeber Friedrich Arnold Brockhaus »).



Les éléments sont simplement classés par ordre alphabétique. En dépit de ceci, il y a marqué au-dessus : « Dieu a classé tout selon nombre, taille et poids ».

Il semble donc que les scientifiques croyaient en l’existence d’une classification interne des éléments, qu’il fallait uniquement encore découvrir.

Le chimiste russe Dimitri Mendeleïev proposait en 1869 une classification des éléments sous forme d'un tableau.

Pour établir cette classification, il classait d'abord tous les éléments connus à l'époque selon leur masse atomique croissante.

Ensuite, il remarquait que dans cette classification, des éléments avec des propriétés similaires apparaissaient avec un écart régulier. Il eut alors l'idée de classer les éléments non seulement selon leur masse atomique, mais en plus selon leurs propriétés : ainsi, il forma des groupes réunissant les éléments avec des propriétés similaires.

De cette façon, il obtenait un tableau regroupant tous les éléments connus.

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

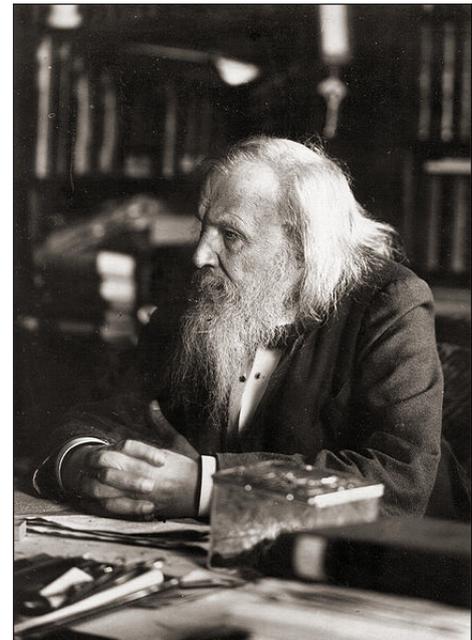
ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

		Ti = 50	Zr = 90	? = 180.
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182.
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.
		Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.
		Ni = Co = 59	Pd = 106,8	Os = 199.
H = 1		Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.
Be = 9,1	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
B = 11	Al = 27,1	? = 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	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137
		? = 45	Ce = 92	
		?Er = 56	La = 94	
		?Yt = 60	Di = 95	
		?In = 75,5	Th = 118?	

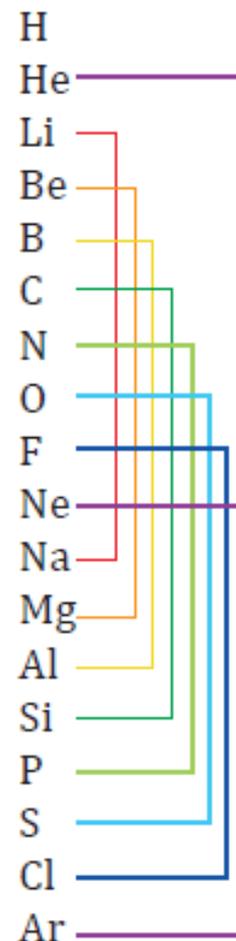
Д. Менделѣевъ

premier tableau périodique publié par Mendeleïev en 1869

Dans ce tableau, on remarque un certain nombre de points d'interrogation. En effet, un élément ne présentait parfois pas les propriétés du groupe dans lequel il était rangé, mais semblait plutôt appartenir au groupe suivant. C'est alors que se montrait le génie de Mendeleïev : il ne mettait pas en doute son système, mais en concluait qu'il devrait y avoir encore des éléments inconnus à l'époque. Ainsi, il laissait des « blancs » à ces endroits, convaincu que les éléments manquants seront découverts un jour.



Dimitri Mendeleïev



similarités entre les propriétés de différents éléments

Le tableau de Mendeleïev a été complété au fil des années avec la découverte de nouveaux éléments, et est en principe encore utilisé aujourd’hui. Dans les tableaux périodiques modernes, on a uniquement inversé les colonnes et lignes du tableau de Mendeleïev.

Dans le **tableau périodique des éléments (T.P.E.)**,

- les éléments d’une colonne ont des propriétés analogues, voilà pourquoi une colonne est encore appelée « **groupe** » ou « **famille** ». On distingue entre les groupes principaux et les groupes secondaires. Chaque groupe principal a un nom spécifique.
- la même suite de propriétés se répète le long de chaque ligne, voilà pourquoi une ligne est appelée « **période** ».

	groupes		principaux								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1											
2	métaux alcalins	métaux alcalino-terreux									
3			groupes secondaires								
4											
5											
6											
7											

4.4. Classification des éléments

On peut classer les éléments du tableau périodique en 4 catégories, selon les propriétés de leurs corps simples. On distingue :

- les métaux
- les non-métaux
- les métalloïdes
- les gaz rares

4.4.1. Les métaux

La catégorie des métaux renferme le plus grand nombre d'éléments. La photo ci-contre montre quelques métaux : le mercure (Hg), l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le zinc (Zn), l'aluminium (Al), l'or (Au), le fer (Fe) et le chrome (Cr).



Les métaux ont des propriétés communes :

- Tous les métaux présentent un **éclat métallique** caractéristique.
- Tous les métaux, sauf le mercure, sont **solides** à température ambiante (mercure : liquide).



Expérience

Plaçons des échantillons de différents métaux dans un circuit électrique (voir chapitre 8.2.). Nous constatons que tous les métaux conduisent le courant électrique.

- Les métaux sont de **bons conducteurs électriques**.



Expérience

Prenons une tige en verre et une tige en cuivre de longueur identique. Plaçons simultanément une extrémité de chaque tige dans la flamme du brûleur Bunsen. Nous constatons que l'extrémité non-chauffée de la tige en cuivre s'échauffe très rapidement, à l'opposé de la tige en verre : la tige en cuivre conduit bien la chaleur.



- Les métaux sont de **bons conducteurs thermiques**.

Les **métaux** se trouvent à **gauche** dans le **tableau périodique** des éléments.

	I	II							III	IV	V	VI	VII	VIII
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														

Comme il existe un grand nombre d'éléments métalliques, on peut classer les métaux en sous-catégories, par exemple selon :

- leur masse volumique ρ (voir chapitre 5) :

On distingue

- les **métaux légers** ($\rho < 4\text{g/cm}^3$)

exemples : aluminium (Al), magnésium (Mg),
sodium (Na), lithium (Li)

- les **métaux lourds** ($\rho > 4\text{g/cm}^3$)

exemples : plomb (Pb), cadmium (Cd)

- leur résistance vis-à-vis de l'acide chlorhydrique :

La plupart des métaux réagissent avec l'acide chlorhydrique : ils sont attaqués par l'acide chlorhydrique. Quelques métaux sont toutefois résistants à l'acide chlorhydrique (c'est-à-dire qu'ils ne réagissent pas avec l'acide chlorhydrique), ces métaux sont appelés **métaux nobles**.

Les métaux nobles sont les suivants :

le platine (Pt), l'argent (Ag), le mercure (Hg), l'or (Au) et le cuivre (Cu).



zinc + acide chlorhydrique (à gauche), cuivre + acide chlorhydrique (à droite)



Dans le **tableau périodique** des éléments, on retrouve les **métalloïdes le long d'une diagonale tracée entre le bore (B) et l'astate (At)**.

A gauche de cette diagonale se trouvent les métaux, à droite, les non-métaux (sauf l'hydrogène : **il fait partie des non-métaux**, mais se trouve à gauche dans le tableau périodique).

	I	II							III	IV	V	VI	VII	VIII
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														

4.4.4. Les gaz rares

Les gaz rares (encore appelés « argonides ») comprennent des éléments comme l'hélium (He), le néon (Ne) ou le xénon (Xe).

Les gaz rares ne forment (presque) pas de composés, on dit qu'ils sont chimiquement inertes.

Ils servent entre autre à la fabrication de tubes lumineux (tubes à néon)¹.



Dans le **tableau périodique** des éléments, on retrouve les **gaz rares dans le dernier groupe**.

	I	II							III	IV	V	VI	VII	VIII
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														

1 photo : © P. Slawinsky

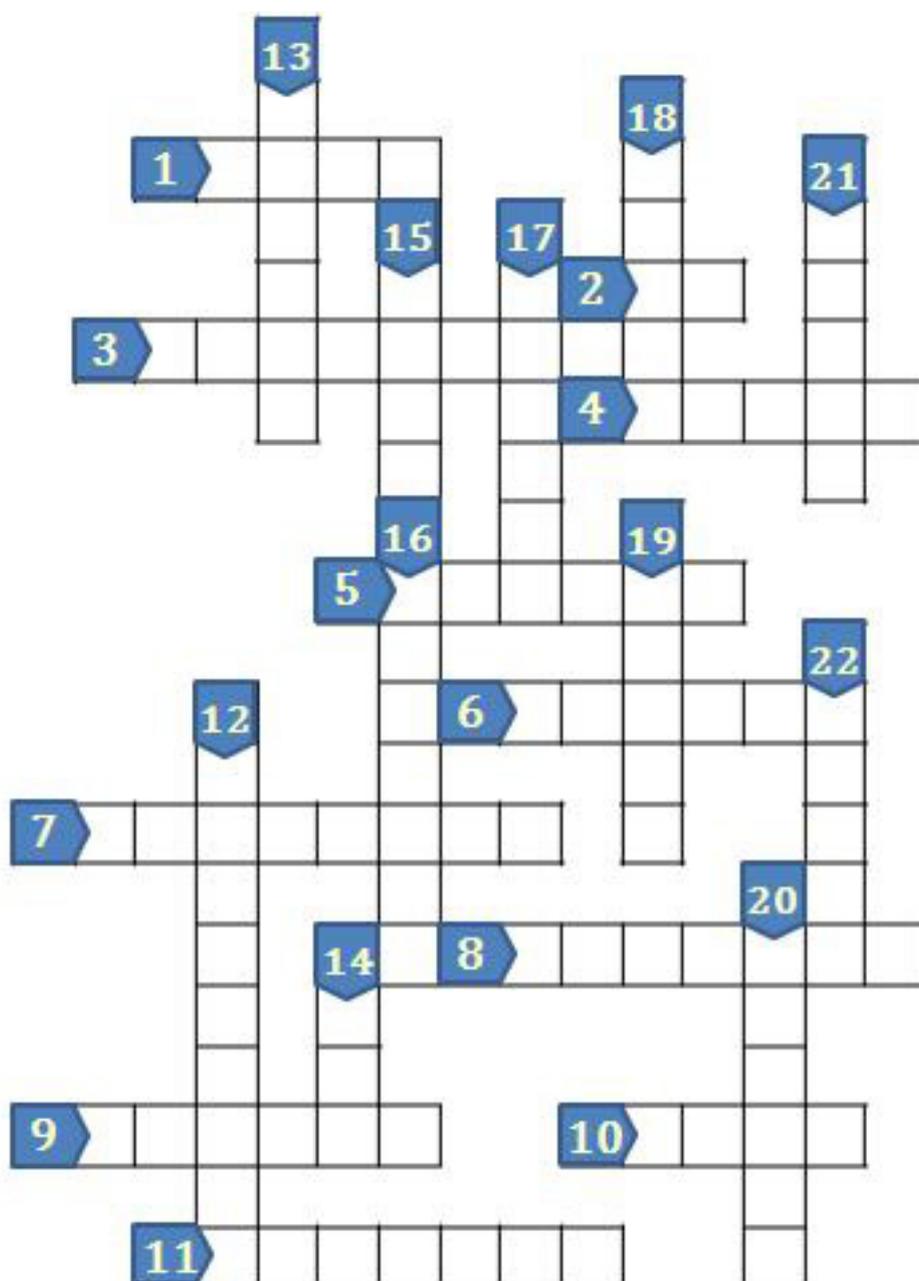
4.5. Corps simples de quelques éléments

Les annexes 2 et 3 présentent les corps simples de quelques éléments importants.

Utilise ces informations pour résoudre les exercices suivants !

EXERCICE 1 : *

Mots croisés



1. non-métal dont le corps simple forme des vapeurs violettes en sublimant
2. métal noble très mou et le plus ductile
3. métal léger très couramment utilisé
4. couleur du corps simple toxique du phosphore
5. non-métal dont le corps simple est un gaz verdâtre très toxique
6. non-métal solide de couleur jaune
7. corps simple du carbone utilisé dans les mines de crayon
8. corps simple très dur du carbone
9. métal rougeâtre intervenant dans les alliages bronze et laiton
10. couleur du dioxygène liquide
11. métal liquide contenu dans les amalgames
12. métal renfermé dans la chlorophylle des plantes vertes
13. métal qui réagit violemment avec l'eau et qui brûle avec une flamme jaune
14. métal le plus fréquent de la planète Terre
15. métal qui forme l'alliage laiton avec le cuivre
16. élément métallique qui intervient dans le calcaire et le marbre
17. métal magnétique ayant la masse volumique la plus élevée
18. métal qui protège des rayonnements radioactifs
19. couleur du corps simple du phosphore utilisé sur les frottoirs des boîtes d'allumettes
20. métal formant la couche réfléchissante d'un miroir
21. nom du corps simple de l'oxygène formé de molécules triatomiques
22. métal lourd de température de fusion assez basse, utilisé pour la soudure

EXERCICE 2 : *

1. Qu'est-ce que la soudure ?
2. Pourquoi faut-il conserver le sodium et le potassium dans du pétrole ?
3. Quels sont les métaux magnétiques ?
4. Quel est le métal liquide à température ambiante ?
5. Quels sont les métaux ayant une couleur caractéristique ?
6. Le corps simple d'un non-métal a autrefois été utilisé comme désinfectant. De quel corps simple s'agit-il ?
7. Cite 5 éléments qui étaient déjà connus à l'époque des Romains !
8. Pourquoi faut-il conserver le phosphore blanc sous l'eau ?
9. Cite deux différences entre le phosphore blanc et le phosphore rouge !
10. Etablis un tableau comparant les propriétés du diamant et du graphite, corps simples du carbone !
11. Pourquoi peut-on dire que l'ozone est à la fois indispensable et néfaste pour l'homme ?
12. Quel gaz a été utilisé comme premier gaz de combat dans la première guerre mondiale ?
13. Pourquoi ne faut-il jamais ajouter un acide à l'eau de Javel ?
14. Quels sont les dangers émanant du dibrome ?

EXERCICE 3 : **

Voici des échantillons d'argent, de cuivre, de fer, d'or et d'aluminium. Décris comment tu peux identifier les différents métaux !



4.6. Check-list

Cette liste sert à contrôler tes connaissances et capacités.

Elle peut être utile pour la préparation du devoir en classe.

Pour les affirmations suivantes, coche la case qui te semble la plus adaptée !

	Je sais, je connais, ...	oui	non
1	Je connais quelques propriétés physiques et chimiques.		
2	Je sais identifier un corps grâce à ses propriétés.		
3	Je connais les caractéristiques principales de la solubilité.		
4	Je sais expliquer la différence entre un élément et un corps simple.		
5	Je sais expliquer la structure du tableau périodique des éléments.		
6	Je connais les différentes catégories de corps simples et les caractéristiques des corps appartenant aux différentes catégories.		
7	Je sais classer un corps dans une de ces catégories.		
8	Je sais attribuer un élément à une de ces catégories à partir de sa position dans le tableau périodique.		
9	Je connais et sais décrire le(s) corps simple(s) de quelques éléments exemplaires.		

D'autre part, l'étude de ce chapitre t'a permis de travailler les compétences suivantes :

- appliquer le savoir scientifique acquis
- observer et décrire précisément une expérience, et en interpréter les résultats
- effectuer une recherche bibliographique
- communication :
 - présenter les résultats d'une recherche
 - utiliser la langue véhiculaire et la terminologie scientifique