

CONSTITUANTS de la MATIERE

1. LA MATIERE AUTOUR DE NOUS

a- Généralités

Les innombrables substances (*naturelles ou artificielles*) se composent en réalité à partir de

117 éléments chimiques.

(90 naturels, les autres sont artificiels)

La structure et les propriétés de chacune de ces substances, qu'elles soient gazeuses, liquides ou solides ; dures ou molles ; colorées ou transparentes sont un reflet de la combinaison de leurs **atomes**, **ions** ou **molécules**.

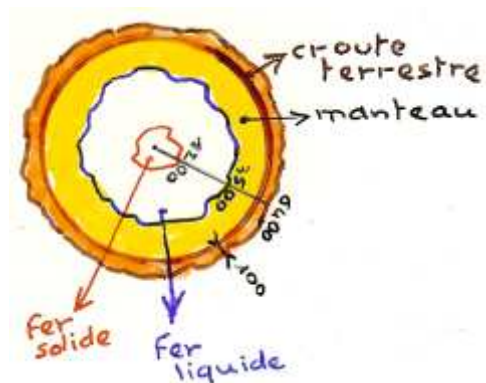
b- Pourcentages en masse des éléments

Univers	Croûte terrestre	Eau de mer	Atmosphère	Biosphère*	Corps humain
Hydrogène 91	Oxygène 47	Hydrogène 66	Azote 78	Hydrogène 49,8	Hydrogène 63
Hélium 8,9	Silicium 28	Oxygène 33	Oxygène 21	Oxygène 24,9	Oxygène 25,5
Oxygène 0,057	Aluminium 7,9	Chlore 0,33	Argon 0,93	Carbone 24,9	Carbone 9,5
Azote 0,042	Fer 4,5	Sodium 0,28	Carbone 0,03	Azote 0,27	Azote 1,4
Carbone 0,021	Calcium 3,5	Magnésium 0,033	Néon 0,0018	Calcium 0,073	Calcium 0,31
silicium 0,003	Sodium 2,5	Soufre 0,017	...	Potassium 0,046	Phosphore 0,22
Néon 0,003	Potassium 2,5	Calcium 0,006		Silicium 0,033	Potassium 0,06
Magnésium 0,002	Magnesium 2,2	Potassium 0,006		Magnésium 0,031	Soufre 0,05
Fer 0,002	Titane 0,46	Carbone 0,0014		Phosphore 0,030	Chlore 0,03
Soufre 0,001	Hydrogène 0,22	Brome 0,0005		Soufre 0,017	Sodium 0,03
...	Carbone 0,19	...		Aluminium 0,016	Magnésium 0,01

*ensembles des parties de la terre où l'on trouve des êtres vivants.

La croûte terrestre contient surtout des silicates des différents éléments métalliques.















Soleil : hydrogène 70 %, hélium 28 %.











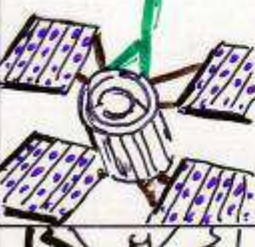





b- Les éléments dans l'univers














les ÉLÉMENTS CHIMIQUES dans l' UNIVERS.










1 HYDROGÈNE		premier en abondance dans l'univers. il donne naissance avec l'hélium, à tous les autres éléments. liquéfié H_2 pro. - pulse les fusées.
2 Hélium		second en abondan- ce. découvert dans le spectre d'une éclipse solaire. moins dense que l'air pour monter les ballons. son noyau est la particule α .
3 LITHIUM		le moins dense des métaux. entre dans les verres des télescopes. servira dans les futurs réacteurs à fusion comme fluide caloporteur.
4 Bore		un des métaux peu denses qui fond le plus difficilement. source de neutrons pour le démarrage des réacteurs nucléaires. fait de bons res- sors en horlogerie.
5 Carbone		très mou (graphite des mines de crayon) très dur (diamant) abondant dans le sol et dans les millions de composés néces- saires à la vie.
6 Azote		on le trouve dans les eaux volcaniques. antiseptique. utilise comme email pour ramours de machines à laver ou comme adouci- sant d'eau.
7 Oxygène		presque 80% de l'air que nous respirons. ses composés donnent des engrais ou des explosifs. transporte nous forme, liquide N_2 sert à faire l'ammoniac.
8 Fluor		très commun il est "apprivoisé" pour prévenir la carie dentaire. la fluorescence permet aux spé- cologues de suivre le cours d'une rivièr.
9 Sodium		constitue les 2/3 de la masse du corps humain. les 9/10 de la masse de l'eau, les 20% du volume d'air. O_2 assure le bon fonctionnement des poumons.
10 Cobalt		son composé le plus utile est le "sel" (chlorure de sodium) très bon transpor- teur de chaleur. il remplace l'eau dans les réacteurs sur générateurs.
11 Argent		bulle dans le vide d'un rouge vif. son emploi dans les tubes fait les "villes lumineuses". sous forme liquide c'est un réfrigérant économique, il est cryogène.
12 Manganèse		le plus répandu des métaux sur terre. raisonnable, agréa- ble à l'œil, il fait le papier d'argent, ou les boîtes pour boîssons bon réflecteur de la lumière.
13 Bismuth		

14 SILICONE	 <p>Heureusement qu'il est le second (en masse) des matériaux de la route terrestre, car on n'en sent énormément du béton au verre de l'opale aux semi-conducteurs.</p>	15 ACIDOPHOSPHORE	 <p>Il est dans nos os, nos nerfs, les mines de phosphates (très bons engrais). Brûle dans l'air, ce qui lui a valu de faire des bombes incendiaires.</p>
16 SULFURE	 <p>Craché par les volcans, présent dans le pétrole. Sert à préparer l'acide sulfurique, la poudre à canon ou à enflammer une allumette par frottement.</p>	17 CHLORURE	 <p>constituant d'un gaz irritant (Cl_2) qui est un puissant désinfectant, ne combinant à presque tous les éléments. Il donne aux piscines ou à l'eau de javel une odeur forte.</p>
18 DIOXYDE	 <p>un des concurrents du néon comme gaz employé dans les tubes lumineux. écran protecteur dans certaines opérations de soudure ou de fabrication des silicures.</p>	19 POTASSIUM	 <p>très répandu dans les engrais. certains de ses isotopes étant longtemps radioactifs, celui qui se trouve dans le corps donne notre radioactivité naturelle.</p>
20 CALCAIRE	 <p>constituant essentiel des os, des dents, des coquilles ou carapaces. quand on en manque, on peut en trouver dans le gruyère... ou l'alimenter en ampoules.</p>	21 SCANDIUM	 <p>existe dans le sol et, en infimes quantités, dans 800 minerais différents. son haut point de fusion intérieure les constructeurs de fusées spatiales.</p>
22 TITANE	 <p>très résistant à l'eau de mer, il entre dans la fabrication des pales d'hélices. son pouvoir couvrant permet d'en faire des peintures résistantes.</p>	23 VANADIUM	 <p>longtemps pris pour du chrome impur. rend les outils inattaquables à la rouille. sert à fabriquer le noir d'aniline et comme agent de soudure.</p>
24 COBALT	 <p>pigment de peinture mais surtout embellisseur de l'eau à qui il apporte le brillant des « belles américaines » et la résistance à la corrosion.</p>	25 MANGANESE	 <p>se trouve dans les nodules qui tapissent le fond des océans. utilise en pharmacie sous forme de permanganate car c'est un puissant agent d'oxydation, désinfectant.</p>
26 FER	 <p>les étoiles nous envoient sous la forme de rayons cosmiques. présents dans les météorites et dans le sang. le plus utilisé des métaux.</p>	27 COBALT	 <p>ses sels ont fait le fameux bleu des faïences et vitraux. le cobalt 60 émet des rayons gamma qui, en bombardant les cellules cancéreuses, les détruisent.</p>

28 C-u-b-r-e	 son nom veut dire Satana ou le Vieux Nick "pour les intimes" Beau et malléable, on le frappe en monnaies dans le monde entier. sert aussi à nicher.	29 c-u-i-v-r-e	 indispensable à la vie des hommes il a les qualités de l'argent mais pas son prix! très bon conducteur de la chaleur mais surtout de l'électricité.
30 N-i-c-u	 entrant dans les bronzes des hommes du même âge. Enfant la corrosion du fer il sert de cathode aux premiers bijoux et fait encore bien des toitures.	31 g-a-l-i-u-m	 à l'état de trace dans la bauxite le minerai d'alumi- nium liquide à la température or- dinaire, entre dans les alliages de nombreux satellites.
32 g-a-l-i-u-m	 il tue certaines bactéries semi-conducteur on le trouve dans les transistors. entre dans le verre des objectifs à grand angle.	33 a-r-s-e-n-i-c	 ce poison violent tue les rats ou les hommes, dans ce dernier cas c'est difficile de prouver l'empoisonnement car le corps en contient toujours un peu.
34 s-e-m-i-c-o-n-d-u-c-t-e-u-r	 il transforme la lumière en électricité et sa résistance électrique diminue quand il est illu- miné, d'où son emploi en xérogra- phie (photocopieuse)	35 b-o-r-e	 irrite les yeux et la gorge (Bry). l'additif utilisé dans les carburants pour éliminer les effets du plomb. sert à purifier les eaux et en médecine.
36 k-a-y-t-a-n	 accorde un millionième du volume de l'air. il fait briller les lampes des mineurs mais aussi les lampes domestiques d'une lumière blanche et brillante.	37 r-u-b-i-d-i-u-m	 s'enflamme à l'air, détecte l'eau conserve sous vide, on l'utilise dans les cellules photoélectriques pour mettre en route, par exemple un escalator.
38 u-r-a-n-i-u-m	 puisant émetteur radioactif de particules bêta, c'est un produit de la fission de l'uranium. trouve un bon emploi dans les satellites.	39 y-t-r-i-u-m	 on le trouve dans tous les minerais de lanthanides. durcit l'aluminium dans des alliages. utilise dans les fours à micro-ondes et dans certains verres.
40 n-i-c-k-e-l	 découverte dans une mine prénéolithique en 1789! entre dans le Invar, cet alliage qui sert de gaine à l'uranium combustible des réacteurs.	41 n-i-c-k-e-l	 entre dans la composition d'allia- ges métalliques (aimants, supra- conducteurs des réacteurs expéri- mentaux de fusion, les Tokamaks)

42 Lanthane		Longtemps confondu avec le plomb. Essentiel aux plantes pour leur nutrition, son absence fait les « bames bandées » ou « ternes stériles ».	43 Lanthane		naturel dans les étoiles. « fabrique » sur terre. Le plus remarquable des anticonceptifs, il fait merveille sur l'auç des roulements à billes.
44 Lanthane		plus rare que la platine, il le durcit. S'il rend les bagues encore plus chères, il fait aussi des conducteurs électriques... de grand luxe.	45 Lanthane		son grand pouvoir réfléchissant en fait un composant idéal des miroirs des foyers solaires. Bon conducteur électrique.
46 Diamant		on le trouve dans les placers, mélange au platine et au cuivre. c'est l'or blanc des dentistes et le métal de certains instruments de chirurgie.	47 Argent		métal conducteur de la chaleur et meilleur réflecteur de la lumière. à part les « argentines », il sert de couche sensible aux pellicules photos.
48 Uranium		résistant aux fissions, il fit les fils des tramways. A la recherche de neutrons, il sert aujourd'hui à faire les barres de contrôle des réacteurs nucléaires.	49 Uranium		rare, on en avait fabriqué 1 g en 1924. remplace l'argent dans certains miroirs de salles d'eau car il résiste à la corrosion de l'air humide.
50 Étain		les anciens s'en servaient pour faire des pots. cause l'avis des boîtes de conserve. très bon conducteur, on n'en rest dans les pare-brise antigel.	51 Cadmium		les anciens le mélangeaient au plomb pour le durcir. nous en faisons nos caractères d'imprimerie. peut encore durcir les gâteaux levés et la poterie.
52 Tellure		toxique. ajoute au plomb il en diminue la corrosion, d'où son emploi dans les accumulateurs. sert aussi en céramique et en thermoelectricité.	53 Iode		solide, gris-noir, il devient violet et imitant à l'état gazeux (I_2) bien assimilable par les algues. indispensable à l'organisme. antiseptique. fait les super-phares.
54 Xénon		Plein dans le vide ses lampes tuent les insectes. un des produits de fission de l'uranium le plus dangereux car il est gazeux... et radioactif.	55 Césium		découvert en 1860 dans une eau minérale. utilisée dans les cellules photovoltaïques. pourrait servir de carburant à des fusées, mais hors de l'atmosphère (moteur ionique).

56 b r a s s i l		son sulfate est appelé "blanc fixe" son carbonate est un raticide. tous les composés de ce métal sont des poisons: alors attention à la peinture	57 l a n t h a n e		l'odeur des autres lanthanides en 1923. entre dans des composés qui font les bons spots et autres projecteurs lumineux de l'industrie cinématographique.
58 à 71 l a n t h a n e (ou) s e r i e s d e l a n t h a n e		cérium praseodyme néodyme prométhée samarium europium gadolinium terbium dysprosium	holmium erbium thulium ytterbium lutetium	ces métaux ont des propriétés chimiques si voisines qu'on est mal à les isoler. ehem, parce que rares, on les trouve presque dans la monazite, sauf le prométhée, un des produits de fission de l'uranium qui n'existe pas à l'état naturel, utilisé dans lampes spéciales au cinéma.	
72 l a n t h a n e		très résistant à la corrosion et bon absorbeur de neutrons, il sert dans les barres de contrôle des réacteurs des sous-marins nucléaires	73 t a n t a l e		entre dans des alliages qui demandent un point de fusion élevé et servent donc à fabriquer les missiles: le supplice de Tantale ne risque pas de durer!
74 l a n t h a n e		on peut le chauffer à mort sans qu'il fonde. quel métal précieux pour faire des manches de perceuses, des trépan de forage ou des filaments de lampe.	75 t h e r m i u m		présent un peu partout mais en petites quantités: il ne fond qu'à 3000 °C, d'où son emploi dans les thermocouples capables d'en mesurer plus de 2000 °C.
76 o u e l i s e		sa ductilité enfile les aiguilles des gramophones. il sert aussi à relever les empreintes digitales par absorption des graisses. cherche nouvel emploi!	77 i r i d i u m		ses sels sont colorés comme l'arc-en-ciel, l'écris latin. présent dans le rhodogamme - étalon à peser, dans lequel il duct le platine. avec l'osmium fait les plus belles plumes dures de stylo.
78 p l a t i n e		il faisait déjà la beauté des bijoux précolombiens. très résistant à l'oxydation de l'air, il sert de lèvres aux bouches des tuyaux d'antenne.	79 o r		tout l'or du monde tiendrait dans un cube d'environ 16m de côté. couronne ou bien d'état, il est l'image parfaite du métal précieux.
80 t h a l l i u m		connu des empereurs chinois, ce poison est le plus précieux des mauvais conducteurs de la chaleur, d'où son emploi dans les thermomètres et baromètres.	81 t h a l l i u m		sans odeur, sans saveur, mais toxique! il brûle la peau et tue les fourmis. s'il y en a dans le verre de votre montre, vous pouvez plonger.

82 P-330	 <p>il llesse quand on en prend dans l'aile. il peut tuer mais aussi protéger des radiations (et radioactivité). il donne, aussi, au cristal sa beauté.</p>	83 bismuth	 <p>ayant terminé sa carrière de médicament (estimé dangereux), il est aujourd'hui dans les systèmes de détection du feu (supporte les hautes températures).</p>
84 A-30-30-30	 <p>découvert par Marie Curie en 1898. sous forme non radioactive, il peut servir d'attrape-poussière sur les films et dans les bougies d'allumage.</p>	85 astate	 <p>comme l'iode, cet halogène constitue un corps (As₂) très instable qui ne fixe dans la glande thyroïde. par injection, on le suit dans cette glande pour l'observer médicalement.</p>
86 L-30-30-30	 <p>il descend des matériaux radioactifs dans de l'uranium. étant lui-même radioactif, sa présence oblige à ventiler les galeries pour protéger les mineurs.</p>	87 francium	 <p>dernier élément naturel découvert en 1939 par Marguerite Perey. produit de la désintégration de l'actinium, il se désintègre très vite à son tour.</p>
88 L-30-30-30	 <p>son nom est lié à celui de Marie Curie qui le découvrit dans un minerai d'uranium et étudia, à travers lui, le processus de la radioactivité.</p>	89 actinium	 <p>découvert en 1899 par Debierne, collaborateur de M. Curie. présent dans le minerai d'uranium, il est 150 fois plus radioactif que le radium.</p>
90 L-30-30-30	 <p>trois fois plus abondant que l'uranium, il donne, par capture de neutrons, un isotope fissile de l'uranium, difficile d'emploi, comme combustible nucléaire.</p>	91 protactinium	 <p>un des éléments les plus rares. utilisé dans les caméras de scintigraphie qui détectent les doses radioactives reçues par accident ou pour diagnostic.</p>
92 L-30-30-30	 <p>le plus dense des éléments naturels. radioactif, fissile... et toxique, il est, de loin, le combustible le plus utilisé dans le monde (en nucléaire).</p>		<p>au delà on a fabriqué des éléments artificiels qui vont jusqu'à 109, tous instables... mais peut être, quelque part dans notre galaxie, existe-t-il des noyaux encore plus denses d'atomes inconnus, mais stables....</p>

c- Elément fer

élément fer
 Fe
 26
 $M(\text{Fe}) \approx 55,8 \text{ g mol}^{-1}$

atomes
 ^{56}Fe 91,2%
 ^{54}Fe 5,8%
 ^{57}Fe 4,2%
 ^{58}Fe 0,2%

ions Fe^{2+} et Fe^{3+}

l'alcool, non
 l'eau ferrugineuse
 oui



« Bouvenin »

la terre
 contient
 en masse
 4,2%
 de fer

les
 oxydes
 de fer
 sont très
 répandus dans
 l'écorce
 terrestre



colonne de m'hauli (10m)
 en fer... (pur).

« Popeye »



les épinards contiennent
 du fer, mais il n'y a
 que la boîte en acier*
 qui est attirée !!

*ils en contiennent
 très très peu!!

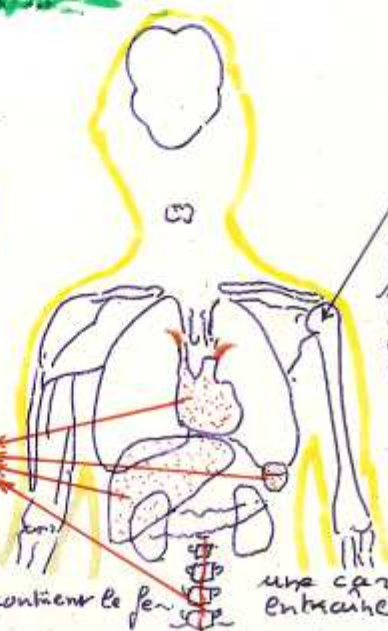
(* alliage de
fer et de carbone...)

* (lentille, soja, céréales,
 viande, poisson, cacao,
 jaune d'œuf ... aussi !)



moi aussi
 je contient*
 du fer

poumons
 foie
 moelle épinière
 (4g de fer)
 ils fabriquent
 le sang
 l'hémoglobine contient le fer



le fer 52
 (radioactif)
 injecté en
 petite quantité
 se fixe sur les
 os ... pour
 étudier leur
 métabolisme.

une carence en fer
 entraîne l'anémie...

d- Isotopes radioactifs (I, Cs, Sr,...)des **ISOTOPES RADIOACTIFS**...... **nocifs**

mais aussi

... **utiles** **^{131}I**

le corps l'absorbe bien, par voie digestive ou inhalation. il se fixe rapidement sur la glande thyroïde et peut y rester plusieurs mois. l'absorption de pilules d'iodure stable peut empêcher sa fixation dans la thyroïde.

 ^{134}Cs ^{137}Cs

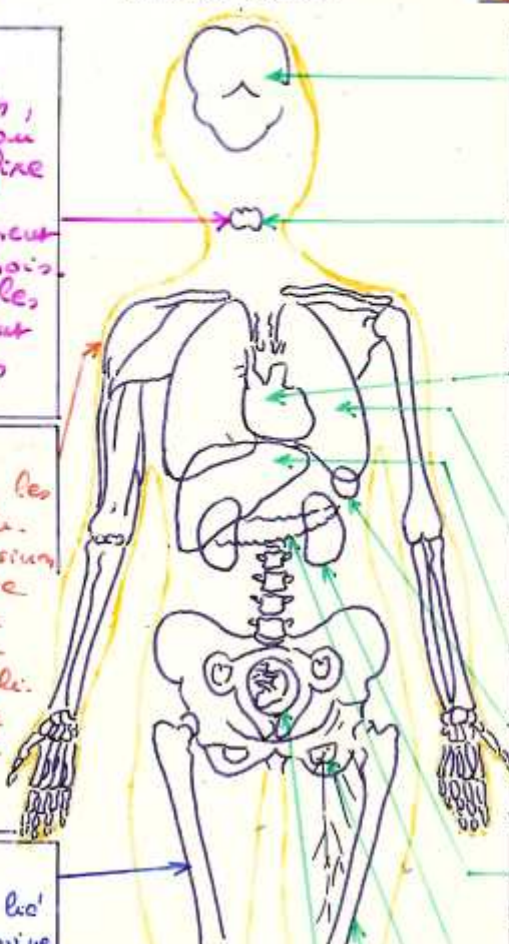
il s'accumule dans les muscles et y reste plusieurs mois. le césium 137 a une demi-vie de 30 ans. avec le césium 134 ils sont absorbés dans les aliments, via la chaîne alimentaire, en provenance des terrains contaminés.

 ^{90}Sr

le risque principal lié à son absorption excessive est le cancer des os. il commence par remplacer les atomes de calcium superficiels des os, puis il finit par s'attaquer directement à la moelle provoquant des leucémies.

 ^{14}C

utilisé pour la datation par radiocarbone, il entre dans la chaîne alimentaire, sous forme de gaz carbonique. sa demi-vie est très longue. 5730 ans. mais il s'incorpore facilement au CO_2 du corps et en est expulsé par la respiration.



cerveau

 ^{131}I ^{197}Hg ^{99}Tc
 ^{74}As ^{113}In ^{18}F

thyroïde

 ^{99}Tc ^{131}I ^{132}I
 ^{123}I ^{75}Se

crises cardiaques

 ^{81}Rb ^{133}Cs

poumons

 ^{133}Xe ^{11}C ^{99}Tc
 ^{13}N ^{15}O ^{113}In

foie

 ^{99}Tc ^{131}I ^{198}Au

rate

 ^{51}Cr ^{81}Rb

reins

 ^{99}Tc ^{131}I ^{197}Hg

pancréas

 ^{75}Se fluide synovial
lymph ^{198}Au

os

 ^{87}Sr ^{18}F ^{52}Fe

placenta

 ^{123}I ^{131}I ^{11}C

en médecine ils sont utilisés comme « étiquettes »

ex - l'iode se fixe sur la thyroïde. on mesure alors la radioactivité temporaire de la glande, ce qui permet de détecter une hyper ou une hypothyroïdie.

- le carbone 11 ou l'oxygène 15 servent à faire apparaître la circulation sanguine et le métabolisme de l'oxygène dans le cerveau à l'aide d'une caméra couplant la tête...

Toxique pour la santé, le radon est responsable d'environ 9 % des décès par cancer du poumon, au même niveau que le tabagisme passif (particules α émises et irradiant les tissus).

Sa durée de demi-vie est de 3,8 jours.

Il s'accumule dans les espaces clos (caves, maisons, mines...mal ventilées).

Pour diminuer sa concentration on utilise des vides sanitaires, des aérations, des ventilations...

Concentration admissible : 200 Bq.m^{-3} , dans l'union européenne.

En France l'exposition moyenne est de 68 Bq.m^{-3} , la limite d'intervention étant de 1000 Bq.m^{-3} .

Découvert en 1900.

(Becquerel : unité de la radioactivité).

2- substances liquides

(Br_2 et Hg)

3- substances solides

- non métalliques (B, C, Si, P, S, As, Se, Te, I_2 et At)
- métalliques naturels (de Li à U, sauf Tc et Pm artificiels)
- métalliques artificiels (au-delà de U : Np, Pu...

b₃ nécessité d'un rangement

Certains éléments ayant des propriétés chimiques semblables sont rangés par FAMILLE...

c- Familles

- Gaz rares (He, Ne, Ar, Kr, Xe et Rn)
- Halogènes (F, Cl, Br, I et At)
- Chalcogènes (O, S, Se, Te et Po)
- Alcalins (Li, Na, K, Rb, Cs et Fr)
- Alcalino-terreux (Be, Mg, Ca, Sr, Ba et Ra)
- Métaux de transition (Sc à Ac)
- Lanthanides (Ce à Lu) et - Actinides (Th à Lr)

d- Que représente un élément chimique ?



Question imprécise car le mot élément désigne plusieurs sortes de « particules » :

- Atomes de fer isotopes

(l'atome de fer Fe, métal de transition, est le 26^{ème} élément de la classification, il a 4 isotopes : fer-56, fer-54, fer-57 et fer-58)

- Ions monoatomiques

(ion fer II et l'ion fer III : Fe^{2+} et Fe^{3+})

- Les atomes isotopes de fer, ainsi que les ions fer ont en commun le même nombre de protons Z.

Z = 26 représente l'élément fer.

Un élément chimique est représenté par son numéro atomique Z.

e- Classification périodique

colonnes périodes ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	¹ ₁ H hydrogène 1,0																	⁴ ₂ He hélium 4,0
2	⁷ ₃ Li lithium 6,9	⁹ ₄ Be béryllium 9,0											¹¹ ₅ B bore 10,8	¹² ₆ C carbone 12,0	¹⁴ ₇ N azote 14,0	¹⁶ ₈ O oxygène 16,0	¹⁹ ₉ F fluor 19,0	²⁰ ₁₀ Ne néon 20,2
3	²³ ₁₁ Na sodium 23,0	²⁴ ₁₂ Mg magnésium 24,3											²⁷ ₁₃ Al aluminium 27,0	²⁸ ₁₄ Si silicium 28,1	³¹ ₁₅ P phosphore 31,0	³² ₁₆ S soufre 32,1	³⁵ ₁₇ Cl chlore 35,5	⁴⁰ ₁₈ Ar argon 39,9
4	³⁹ ₁₉ K potassium 39,1	⁴⁰ ₂₀ Ca calcium 40,1	⁴⁵ ₂₁ Sc scandium 45,0	⁴⁸ ₂₂ Ti titane 47,9	⁵¹ ₂₃ V vanadium 50,9	⁵² ₂₄ Cr chrome 52,0	⁵⁵ ₂₅ Mn manganèse 54,9	⁵⁶ ₂₆ Fe fer 55,8	⁵⁹ ₂₇ Co cobalt 58,9	⁵⁸ ₂₈ Ni nickel 58,7	⁶³ ₂₉ Cu cuivre 63,5	⁶⁴ ₃₀ Zn zinc 65,4	⁶⁹ ₃₁ Ga gallium 69,7	⁷⁴ ₃₂ Ge germanium 72,6	⁷⁵ ₃₃ As arsenic 74,9	⁸⁰ ₃₄ Se sélénium 79,0	⁷⁹ ₃₅ Br brome 79,9	⁸⁴ ₃₆ Kr krypton 83,8
5	⁸⁵ ₃₇ Rb rubidium 85,5	⁸⁸ ₃₈ Sr strontium 87,6	⁸⁹ ₃₉ Y yttrium 88,9	⁹⁰ ₄₀ Zr zirconium 91,2	⁹³ ₄₁ Nb niobium 92,9	⁹⁸ ₄₂ Mo molybdène 95,9	⁹⁸ ₄₃ Tc technetium 98,9	¹⁰² ₄₄ Ru ruthénium 101,1	¹⁰³ ₄₅ Rh rhodium 102,9	¹⁰⁶ ₄₆ Pd palladium 106,4	¹⁰⁷ ₄₇ Ag argent 107,9	¹¹⁴ ₄₈ Cd cadmium 112,4	¹¹⁵ ₄₉ In indium 114,8	¹²⁰ ₅₀ Sn étain 118,7	¹²¹ ₅₁ Sb antimoine 121,7	¹³⁰ ₅₂ Te tellure 127,6	¹²⁷ ₅₃ I iode 126,9	¹²⁹ ₅₄ Xe xénon 131,3
6	¹³³ ₅₅ Cs césium 132,9	¹³⁸ ₅₆ Ba baryum 137,3	L	¹⁸³ ₇₂ Hf hafnium 178,5	¹⁸¹ ₇₃ Ta tantalum 180,9	¹⁸⁴ ₇₄ W tungstène 183,9	¹⁸⁷ ₇₅ Re rhenium 186,2	¹⁹² ₇₆ Os osmium 190,2	¹⁹³ ₇₇ Ir iridium 192,2	¹⁹⁵ ₇₈ Pt platine 195,1	¹⁹⁷ ₇₉ Au or 197,0	²⁰² ₈₀ Hg mercure 200,6	²⁰⁵ ₈₁ Tl thallium 204,4	²⁰⁸ ₈₂ Pb plomb 207,2	²⁰⁹ ₈₃ Bi bismuth 209,0	²¹⁰ ₈₄ Po polonium ~209	²¹⁰ ₈₅ At astate ~210	²²² ₈₆ Rn radon ~222
7	²²³ ₈₇ Fr francium ~223	²²⁶ ₈₈ Ra radium 226,0	A	²⁶¹ ₁₀₄ Ku kurchatovium ~261	²⁶² ₁₀₅ Ha hahnium ~262	¹⁰⁶ ₁₀₆ Sg seaborgium —	¹⁰⁷ ₁₀₇ Bh nihelbohrium —	¹⁰⁸ ₁₀₈ Hs hassium —	¹⁰⁹ ₁₀₉ Mt meitnerium —	¹¹⁰ ₁₁₀ X —	¹¹¹ ₁₁₁ X —	¹¹² ₁₁₂ X —	¹¹³ ₁₁₃ X —	¹¹⁴ ₁₁₄ X —	¹¹⁵ ₁₁₅ X —	¹¹⁶ ₁₁₆ X —	¹¹⁷ ₁₁₇ X —	¹¹⁸ ₁₁₈ X —

gaz
 liquide
 élément artificiel
 * élément radioactif

L = Lanthanides : 57 à 71

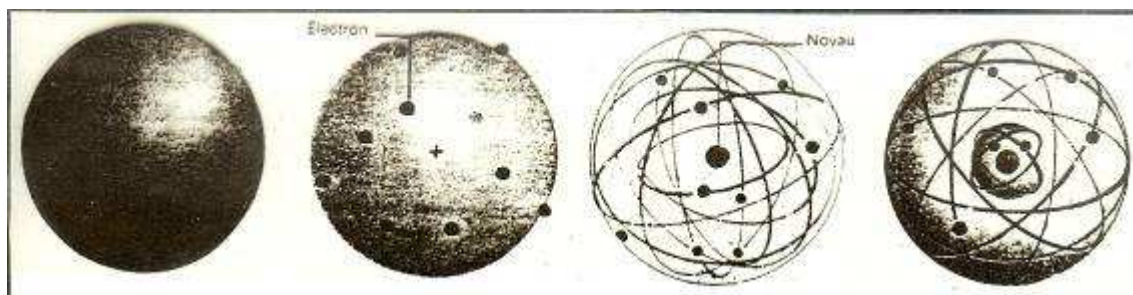
¹³⁹ ₅₇ La lanthane 138,9	¹⁴⁰ ₅₈ Ce cérium 140,1	¹⁴¹ ₅₉ Pr praseodyme 140,9	¹⁴² ₆₀ Nd néodyme 144,2	¹⁴⁶ ₆₁ Pm prométhium ~145	¹⁵² ₆₂ Sm samarium 150,4	¹⁵³ ₆₃ Eu europium 152,0	¹⁵⁸ ₆₄ Gd gadolinium 157,2	¹⁵⁹ ₆₅ Tb terbium 158,9	¹⁶⁴ ₆₆ Dy dysprosium 162,5	¹⁶⁵ ₆₇ Ho holmium 164,9	¹⁶⁶ ₆₈ Er erbium 167,3	¹⁶⁹ ₆₉ Tm thulium 168,9	¹⁷⁴ ₇₀ Yb ytterbium 173,0	¹⁷⁵ ₇₁ Lu lutécium 175,0
--	--	--	---	---	--	--	--	---	--	---	--	---	---	--

A = Actinides : 89 à 103

²²⁷ ₈₉ Ac actinium ~227	²³² ₉₀ Th thorium 232,0	²³¹ ₉₁ Pa protactinium 231,0	²³⁸ ₉₂ U uranium 238,0	²³⁷ ₉₃ Np neptunium ~237	²⁴⁴ ₉₄ Pu plutonium ~244	²⁴³ ₉₅ Am américium ~243	²⁴⁷ ₉₆ Cm curium ~247	²⁴⁷ ₉₇ Bk berkélium ~247	²⁵¹ ₉₈ Cf californium ~251	²⁵⁴ ₉₉ Es einsteinium ~254	²⁵⁷ ₁₀₀ Fm fermium ~257	²⁵⁸ ₁₀₁ Md mendelevium ~258	²⁵⁹ ₁₀₂ No nobélium ~259	²⁶⁰ ₁₀₃ Lr lawrencium ~260
---	---	--	--	--	--	--	---	--	--	--	---	---	--	--

3. ATOMES

a- Modèles...



boule de billard
Dalton, 1803

plum pudding
Thomson, 1901
Il découvre l'électron
Il les imagine comme
des « prunes » dans un
pudding de matière
chargée positivement.

nuage d'électrons
Rutherford, 1911
Il découvre le noyau
autour duquel
gravitent les
électrons.

modèle en couches
Bohr, 1913
Il montre que les orbites
sont organisées en
couches distinctes.

b- Composition

ATOME
Electriquement neutre
La charge totale des électrons
compense exactement celle du noyau

=

noyau
Il est formé de nucléon(s)
proton(s) positif(s) et de
neutron(s) neutre(s)

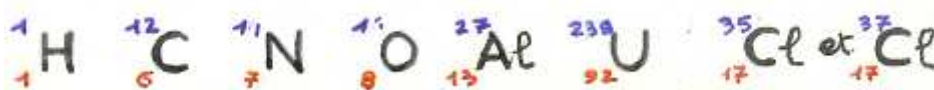
+

électron(s)
Il(s) gravitent autour du noyau
il(s) sont chargé(s) négativement.

charge élémentaire : $e \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
 $q(\text{électron}) = -e$
 $q(\text{proton}) = +e$

c- Carte d'identité

A : nombre de masse
nombre de nucléons
Z : numéro atomique
nombre de protons (il est égal au nombre d'électrons)
 $A - Z$: nombre de neutrons



d- Atomes isotopes

d₁ définition

Ce sont des atomes qui ont le même nombre de protons (ils ont le **même numéro atomique Z**).
 Ils n'ont pas le même nombre de neutrons ($A - Z$) (ils ont un **nombre de masse A différent**).
 Dans la nature il ya donc plus de 300 atomes différents, en physique nucléaire plus de 1000.

d₂ exemples

1- élément chlore

L'élément chlore ($Z = 17$) a deux isotopes, le chlore-35 dont le noyau possède 18 neutrons et le chlore-37 avec 20 neutrons...75,8 % pour le premier et 24,2 % pour le second.

2- élément fluor

L'élément fluor ($Z = 9$) n'a qu'un seul isotope stable, le fluor-19 (100 %).

3- élément fer

L'élément fer ($Z = 26$) a quatre isotopes, le fer-56 (91,72 %), le fer-54 (5,8 %), le fer-57 (2,2 %) et le fer-58 (0,28 %).

4- élément uranium

L'élément uranium ($Z = 92$) a deux isotopes, l'uranium-238 (99,29 %) et l'uranium-235* (0,71 %), ce dernier est radioactif.

5- élément carbone

L'élément carbone ($Z = 6$) a trois isotopes, le carbone-12 (98,892 %), le carbone-13 (1,108 %) et le **carbone-14*** radioactif (traces).

Le **carbone-14*** naturellement présent dans l'atmosphère s'oxyde pour donner une molécule $^{14}\text{CO}_2$ qui marque par sa radioactivité le gaz carbonique de l'atmosphère absorbé par les plantes au cours de la photosynthèse ou tout autre organisme vivant.

Le bois vivant contient une certaine proportion de carbone-14.

Quand le bois vivant est abattu, ou quand l'organisme vivant meurt, les échanges gazeux cessent, le

^{14}C n'est plus renouvelé, sa radioactivité décroît alors lentement à raison de sa moitié tous les 5568 ans (période de demi-vie).

L'âge est calculé à partir de la formule de décroissance exponentielle radioactive.

6- élément hydrogène

$$Z = 1$$

Du grec « hydro » : eau et « genes » : engendrer.

Découvert par Henry Cavendish en 1766.

Il a trois isotopes :

- l'hydrogène-1 (99,984 %)
- l'hydrogène-2 (deutérium, 0,016 %), qui a des applications nucléaires comme modérateur pour ralentir les neutrons...(40 mg par litre d'eau de mer)
- l'hydrogène-3* (tritium, traces), radioactif, utilisé dans les réacteurs nucléaires, dans les bombes atomiques.

4. REPARTITION des ELECTRONS

a- Forces dans l'atome

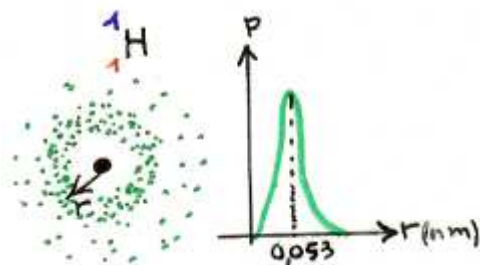
Dans l'atome chaque électron est soumis à une action attractive du noyau et des actions répulsives de la part du(des) autre(s) électron(s).

Il en résulte un système complexe difficile à étudier.

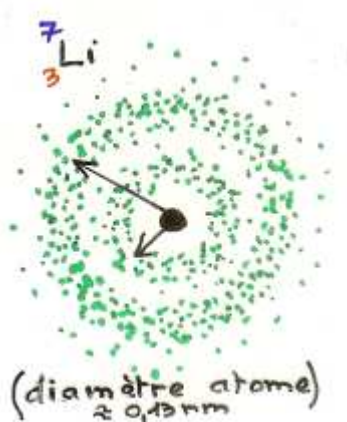
b- Exemples

b₁- atome d'hydrogène

L'électron évolue dans un espace vide très important.
Le nuage électronique rend compte de la probabilité (p) de trouver l'électron dans cet espace.



b₂- atome de lithium



c- Principes de remplissage

Principe A : sur chaque niveau le nombre maximal d'électrons est $2n^2$.

Principe B : les électrons occupent successivement les niveaux en commençant par ceux ayant l'énergie la plus faible.

niveau	n	$2n^2$
K	1	2
L	2	8
M	3	18
N	4	32
O	5	50
P	6	72
Q	7	98

Les électrons se répartissent sur 7 couches électroniques
(ou niveaux d'énergie)

Chaque niveau est caractérisé par un nombre quantique : n (entier ≥ 1).

Un électron possède de l'énergie, celle-ci s'accroît du niveau K au niveau Q.

Les électrons ont la possibilité de se mettre par paire (doublet) quand ils le peuvent, un électron seul est dit célibataire.

Les électrons d'un même niveau sont à peu près à la même distance du noyau r.

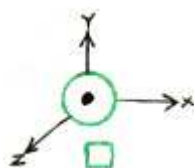
Les niveaux O, P et Q sont incomplets.

Principe C :

Le dernier niveau ne contient jamais plus de (2) ou 8 électrons...
même s'il peut en contenir davantage.

d- Orbitales

Orbitale s : *sphère centrée sur le noyau*

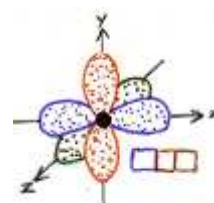


Orbitales p : p_x , p_y et p_z , lobes symétriques

On associe aux niveaux d'énergie des orbitales atomiques (s-p-d-f).

Elles définissent une région de l'espace où il y a une forte probabilité de trouver un électron donné.

Chaque orbitale possède 0, 1 ou 2 électrons.



e- Formule électronique

K(...) L(...) M(...) N(...)

Exemples : hydrogène K(1), carbone K(2)L(4), aluminium K(2)L(8)M(3), calcium K(2)L(8)M(8)N(2)...

5. INTERET de la CLASSIFICATION PERIODIQUE

a- Rangement

Les éléments sont rangés par ordre croissant du numéro atomique Z.

b- Ligne

Une ligne contient les éléments pour lesquels un même niveau se remplit progressivement.

On parle de période.

c- Colonne

Une colonne contient des éléments ayant le même nombre d'électrons sur la couche périphérique ou couche externe.

d- Formule de Lewis

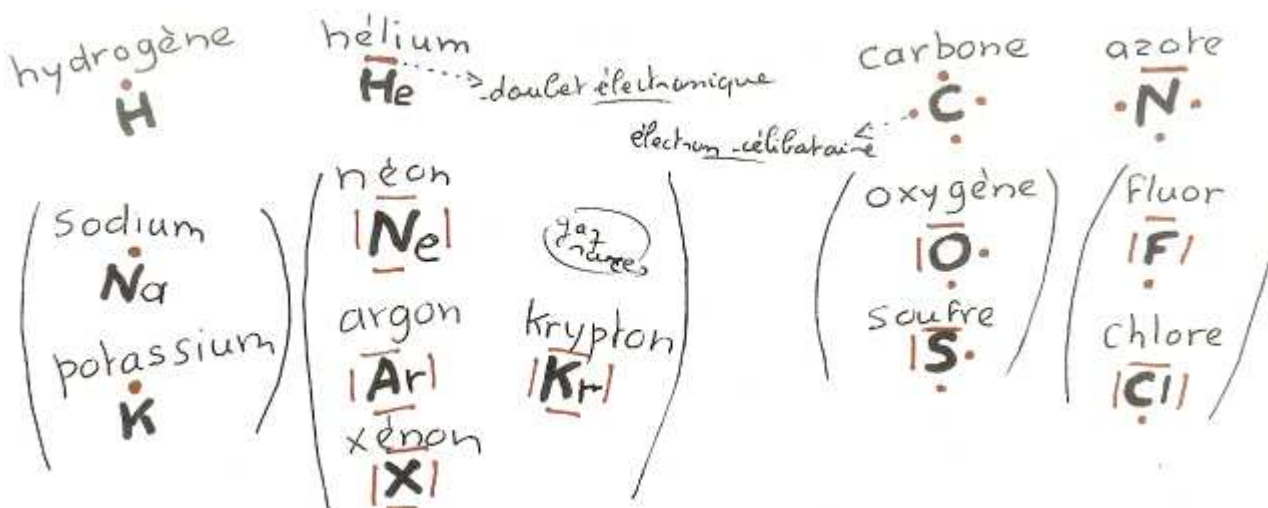
d₁ son intérêt

Elle donne la répartition électronique de cette couche externe.

Les éléments de cette couche externe constituent une FAMILLE.

Ces éléments ont des propriétés chimiques semblables...car celles-ci ne dépendent que du nombre d'électrons périphériques (électrons de valence), ces électrons étant les plus éloignés du noyau sont très sensibles à une modification de l'environnement de l'atome.

d₂ exemples



e- Gaz rares

e₁ gaz inertes

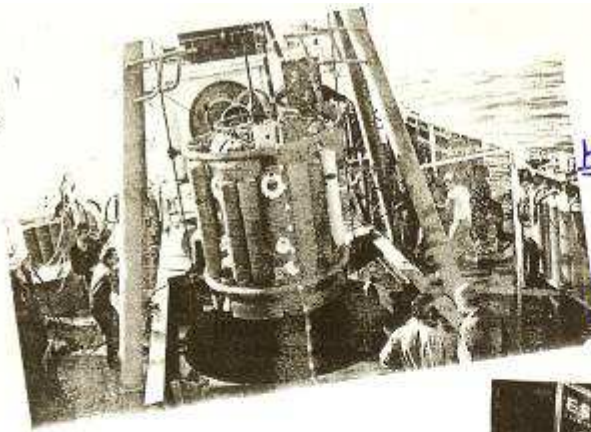
Une FAMILLE A PART : GAZ RARES

Ce sont des gaz inertes.

Aucune réaction chimique.

2 électrons de valence pour He et 8 pour les autres : Ne, Ar, Kr, Xe

Atomes très stables.

e₂ applications

bouteilles de plongées
mélange de dioxygène O₂
et d'hélium He
(le diazote N₂ provoque
des troubles respiratoires)

soudure à l'arc
sous atmosphère
d'argon Ar



lumières colorées
échange électrique
dans le néon Ne



GARANTIE
10 ANS

LES AMPOULES GARANTIES 10 ANS!
De sacrées économies en perspective...



Déjà utilisées pour l'éclairage d'Euro Disneyland®, la Tour Eiffel, le Tunnel sous la Manche... ces ampoules garanties 10 ans sont sans entretien et permettent de réaliser de sacrées économies! En effet, elles ont une durée de vie en moyenne 16 fois supérieure à celle des ampoules classiques vendues dans le commerce et elles ont une GARANTIE INCONDITIONNELLE DE 10 ANS. Leurs secrets? Un filament spécial avec dessin breveté et supports anti micro-vibrations, des thermo-résistances inusables, des contacteurs plaqués au nickel et bien d'autres innovations tenues secrètes. De plus, pour préserver votre environnement, elle ne contiennent ni mercure, ni cadmium.

AMPOULES KRYPTON Kr

- Haute performance: L'adjonction du gaz krypton au mélange gazeux dans l'ampoule permet d'obtenir une belle lumière blanche, plus lumineuse.
- Confort visuel optimal: L'opacification de l'ampoule assure une parfaite diffusion de la lumière et réduit l'éblouissement.

CONSEILS D'UTILISATION

- PUISSANCE (WATTS): Respecter la valeur maximale indiquée sur votre luminaire.
- Avant de changer votre ampoule, couper l'alimentation électrique.
- GARANTIES DE QUALITE ET DE SECURITE: Produits conformes aux normes françaises (NF) et internationales (CEI).
- 2 fusibles de sécurité intégrés.
- Durée: 1000h en moyenne.

mais aussi le xénon Xe
qui présente dans une
lampe donne une
lumière très intense.

ils sont extraits de l'air
par distillation fractionnée.
le radon Rn
est une émanation du radium.

f- Règle du duet et de l'octet

Règle du duet et de l'octet

Au cours d'une réaction chimique, les atomes tendent à acquérir la structure électronique du gaz rare le plus proche dans la classification...soit 2 ou 8 électrons sur la couche externe.

La stabilité maximale est alors obtenue.

On obtient alors des ions ou des molécules...

g- Ions ou molécules

1. **Gain** ou **perte** d'électrons pour donner des **anions** (ions négatifs) ou des **cations** (ions positifs).
2. **Mise en commun** d'électrons pour former des **molécules** (liaisons entre atomes).

HYDROGÈNE H^\bullet (électron célibataire) H^+ proton H^- doublet non liant H_2 molécule $\text{K}(1)$	IONS						
	Li^+ Na^+ K^+ ion monovalent X^+	Be^{2+} Mg^{2+} Ca^{2+} ion divalent X^{2+}	Al^{3+} ion trivalent X^{3+}	C^{4+} Si^{4+} C^{4-} Si^{4-} ions tétravalents X^{4+} X^{4-}	N^{3-} P^{3-} ion trivalent X^{3-}	O^{2-} S^{2-} ion divalent X^{2-}	F^- Cl^- Br^- I^- ion monovalent X^-
ATOMES	Li Na K niveau externe X	Be Mg Ca X	Al X	C Si d.fondamental (état excité) X atome tétravalent	N P X atome trivalent	O S X atome divalent	F Cl Br I X atome monovalent
	Formule de Lewis						
MOLECULES	$\text{H}-\text{H}$ $\text{H}-\text{H}^+$ H^--H H^+H^-						

6. IONS MONOATOMIQUES

a- Définition

Le passage de l'état d'atome à l'état d'ion se fait au cours d'un choc entre deux atomes
(*réaction chimique*)

Un atome peut arracher 1, 2 ou 3 électrons à l'autre atome.

Les deux atomes conservent le même noyau, mais ils n'ont plus le même nombre d'électrons.

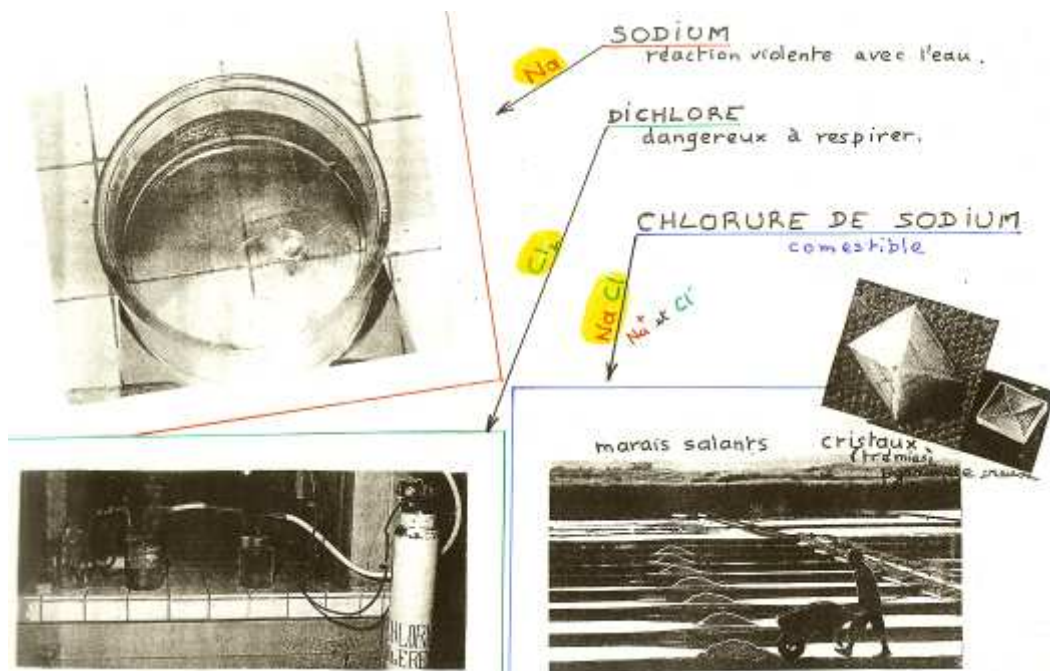
On appelle électrovalence d'un ion, la charge qu'il porte :
un ion est monovalent, divalent, trivalent, tétravalent...

b- Exemple : chlorure de sodium

La combustion du sodium Na ($Z = 11$) dans le dichlore Cl_2 ($Z = 17$ pour Cl) produit du chlorure de sodium. Chaque atome de sodium Na de formule électronique K(2) L(8) M(1) cède « avec plaisir » son électron périphérique pour avoir 8 électrons sur sa couche externe L comme le néon, à un atome de chlore Cl de

formule électronique K(2) L(8) **M(7)** qui le prend « avec autant de plaisir » pour compléter sa couche externe M à 8 électrons, comme l'argon.

L'atome Na s'est transformé en ion sodium Na^+ (il possède alors toujours 11 charges +e, mais n'a plus que 10 charges - e), alors que l'atome Cl s'est transformé en ion chlorure Cl^- (il possède alors toujours 17 charges +e, mais a 18 charges - e).



c- Composés ioniques solides

Exemples : *composés constitués d'ions monoatomiques.*

Ils sont électriquement neutres.

Ils sont constitués de cations et d'anions.

C'est l'attraction électrostatique entre ces ions qui assurent les liaisons (ioniques) dans ces composés.

$$F = 9.10^9 \frac{q(\text{Na}^+) \cdot |q(\text{Cl}^-)|}{d^2}$$

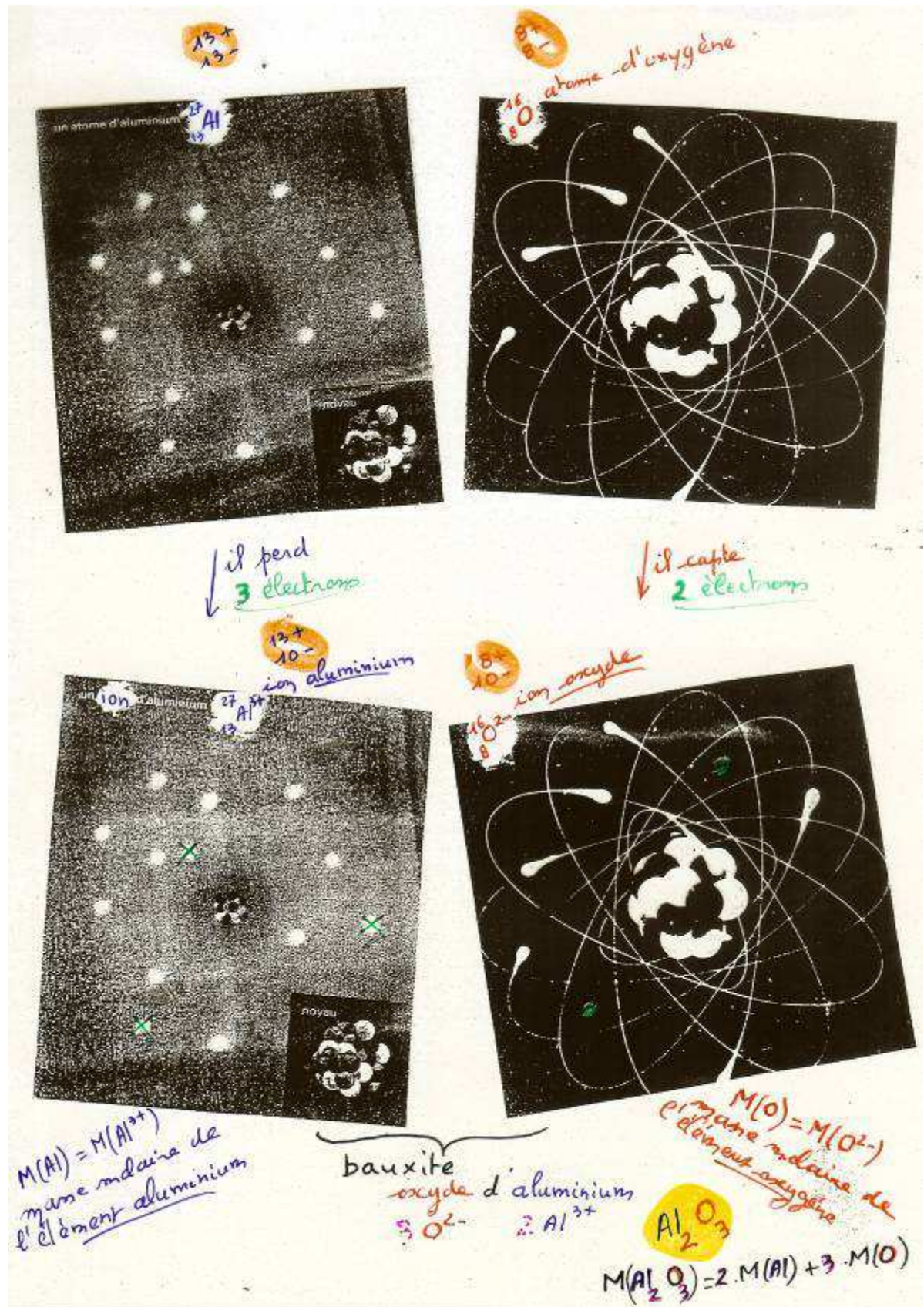
q : charges électriques de chaque ion (+e et - e ; e = $1,6.10^{-19}$ C).

d : distance entre les ions

Le chlorure de sodium a pour formule chimique Na Cl (*ordre inverse du nom*).

Les anions ont des noms différents des atomes dont ils sont issus (ion chlorure Cl^- , ion oxyde O^{2-} , ion sulfure S^{2-} , ...)

d- Bauxite (oxyde d'aluminium)



e- Autres exemples

Chlorure de fer III, FeCl_3 constitué d'ions Cl^- et Fe^{3+}

Oxyde de calcium, CaO constitué d'ions Ca^{2+} et O^{2-}

Bromure de magnésium MgBr_2 constitué d'ions Mg^{2+} et Br^-

7. MOLECULES

a- Définition

Ce sont des assemblages d'atomes en nombre strictement limité.
C'est un groupement électriquement neutre.

b- Liaisons de covalence



Les atomes sont liés par des liaisons de covalence.
Chaque liaison est une mise en commun d'une paire d'électrons.
Chaque atome apporte un électron. (doublet liant)
Deux orbitales atomiques (s ou p...) fusionnent pour donner une orbitale moléculaire.
Le mouvement des électrons qui gravitent autour des deux noyaux, résulte d'un ensemble d'interactions électrostatiques entre noyaux positifs, entre électrons négatifs et entre noyaux et électrons.
Cette liaison assure à chaque atome la structure stable de l'atome de gaz rare le plus proche.

Petites molécules : moins de 10 atomes : He, H₂, H₂O, O₂, N₂, Cl₂, HCl, CO₂, NH₃, CH₄, C₂H₄O₂, C₂H₇N,...

Moyennes molécules : quelques dizaines d'atomes C₈H₁₈, C₂₀H₄₂...

Grosses molécules (macromolécules) : des milliers d'atomes

C₁₀₀₀H₃₀₀₀Cl₁₀₀₀ ; C₈₀₀₀H₈₀₀₀...

La valence indique le nombre d'électrons célibataires de la couche périphérique dont l'atome dispose pour établir des liaisons (—) :

- monovalent : H, Cl...
- divalent : O, S...
- trivalent : N...
- tétravalent : C, Si...



c- Liaison de coordinence

Il y a une autre possibilité de liaison : liaison de coordinence → (O₂, O₃, SO₂, SO₃, HNO₃)
C'est toujours une mise en commun d'une paire d'électrons.

Un atome apporte les 2 électrons, l'autre aucun.

Cas particulier : l'ion polyatomique H₃O⁺ (hydronium ou oxonium), présents uniquement en solution aqueuse.

d- Exemples (alcane, acides, bases,...)

d₁ alcanes

C_nH_{2n+2} (n ≥ 1), hydrocarbures saturés :

C₅H₁₂ - C₄H₁₀ - C₃H₈ - C₂H₆ - CH₄



d₂ acides

(H_xA) : acide nitrique HNO₃, acide sulfurique H₂SO₄, acide carbonique H₂CO₃...

Molécules qui libèrent x proton(s) H⁺, en même temps que des ions polyatomiques.

d₃ bases

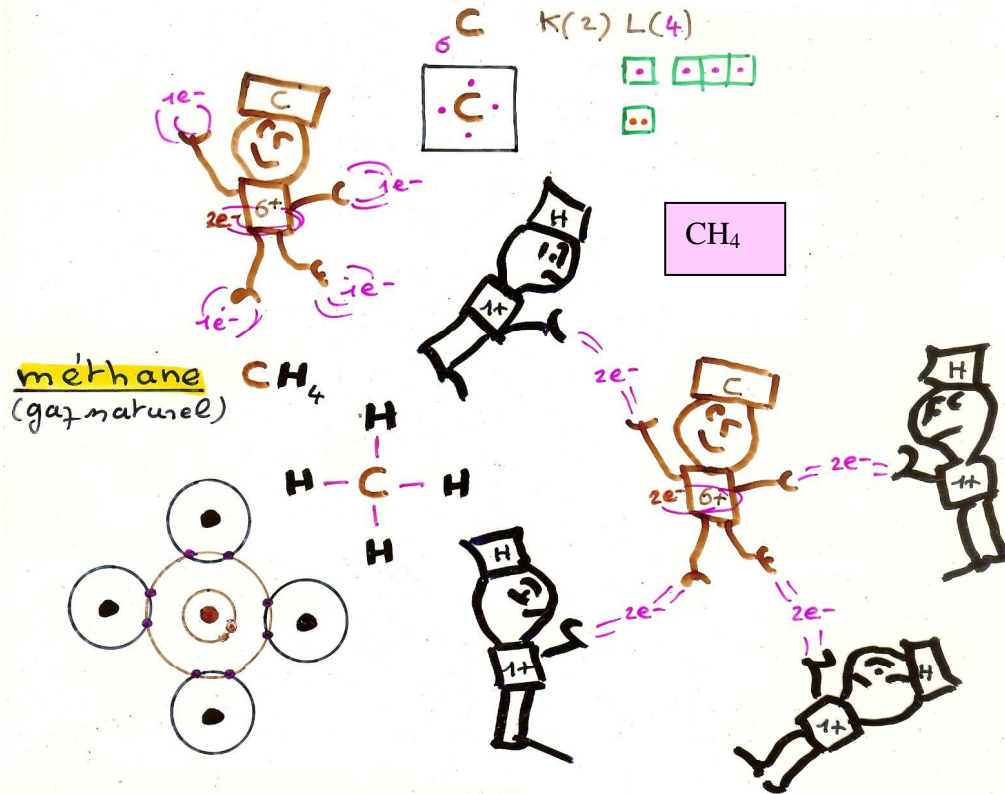
Exemples : ammoniac NH_3 ,...

Molécules qui captent 1 ou plusieurs proton(s) en devenant des ions polyatomiques.

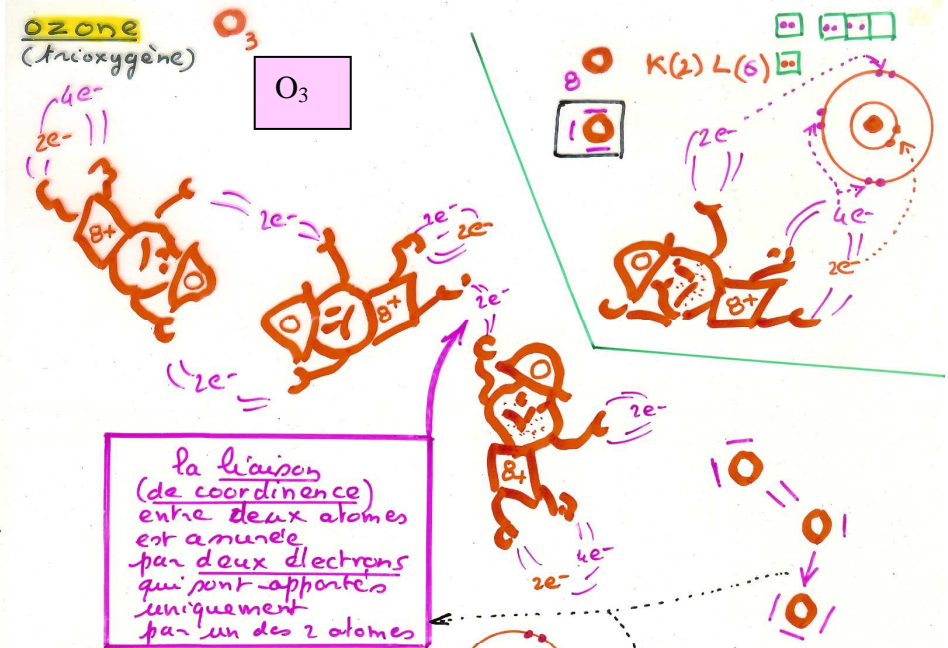
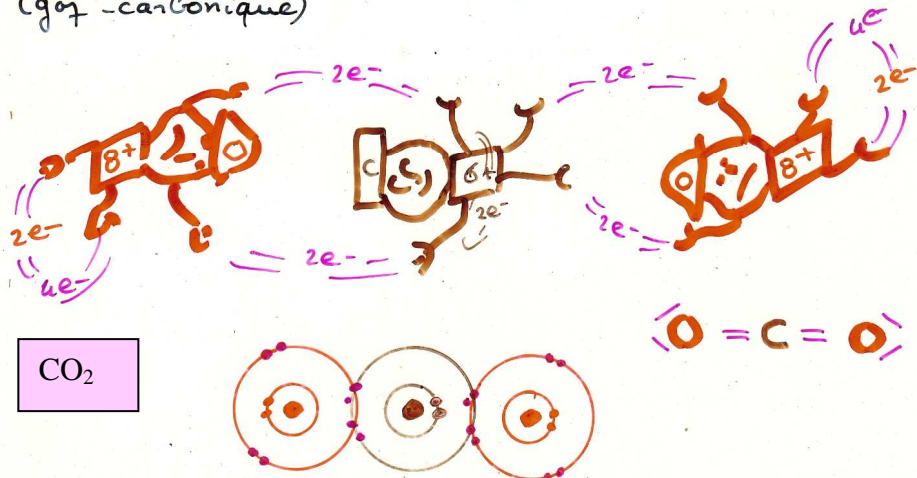
e- Exemples de molécules

H_2 , O_2 , N_2 , H_2O , CH_4 , CO_2 , O_3 , SO_2 , SO_3 , Cl_2 , HCl , NH_3 , $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$ et HNO_3 .

Remarque : avec les molécules, O_3 , SO_2 , SO_3 , HNO_3 ...il y a des liaisons de coordinence.

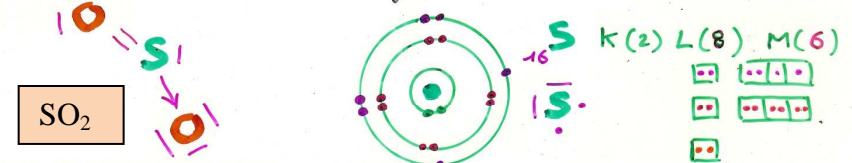


dioxyde de carbone CO_2
(gaz carbonique)

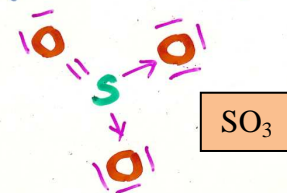


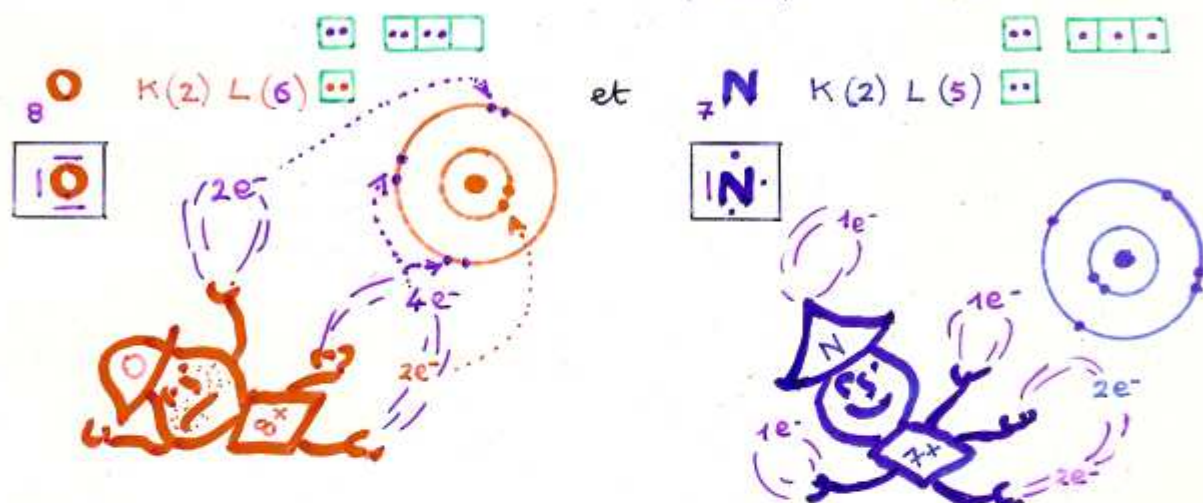
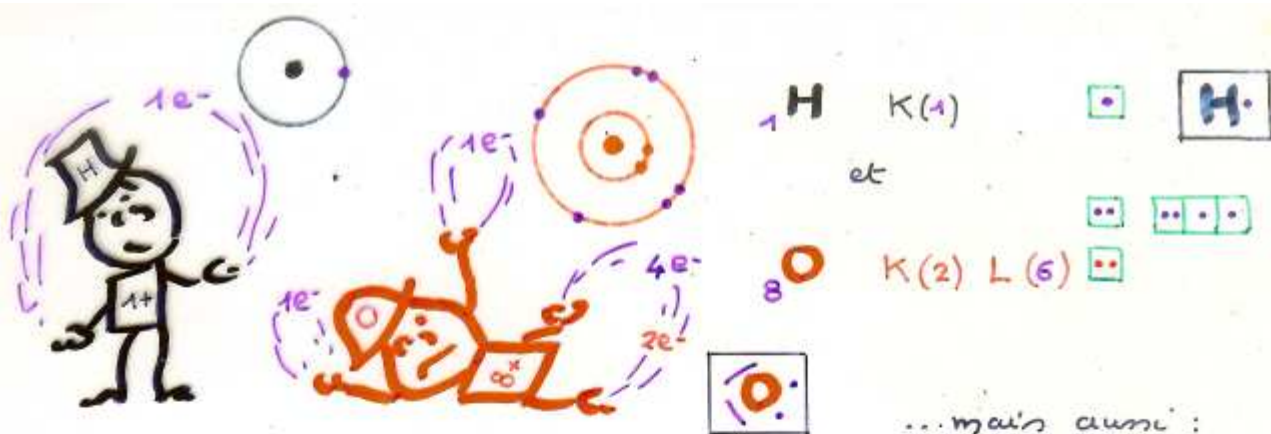
dioxyde de soufre SO_2
(gaz sulfureux)

le soufre S et l'oxygène O appartiennent à la même famille

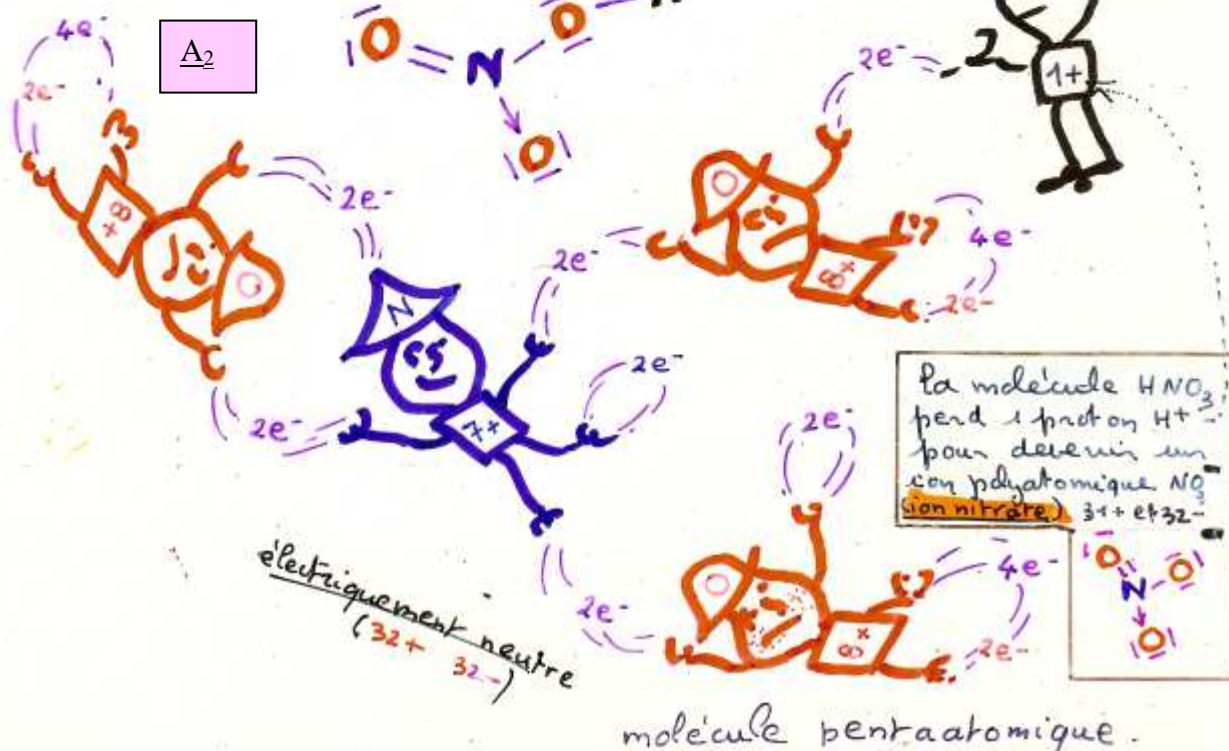


trioxyde de soufre SO_3





acide nitrique



8. IONS POLYATOMIQUES

a- exemples

ion nitrate NO_3^-

ion hydrogénosulfate HSO_4^-

ion sulfate SO_4^{2-}

ion hydrogénocarbonate HCO_3^-

ion carbonate CO_3^{2-}

ion ammonium NH_4^+

b- composes ioniques

nitrate de sodium : NaNO_3

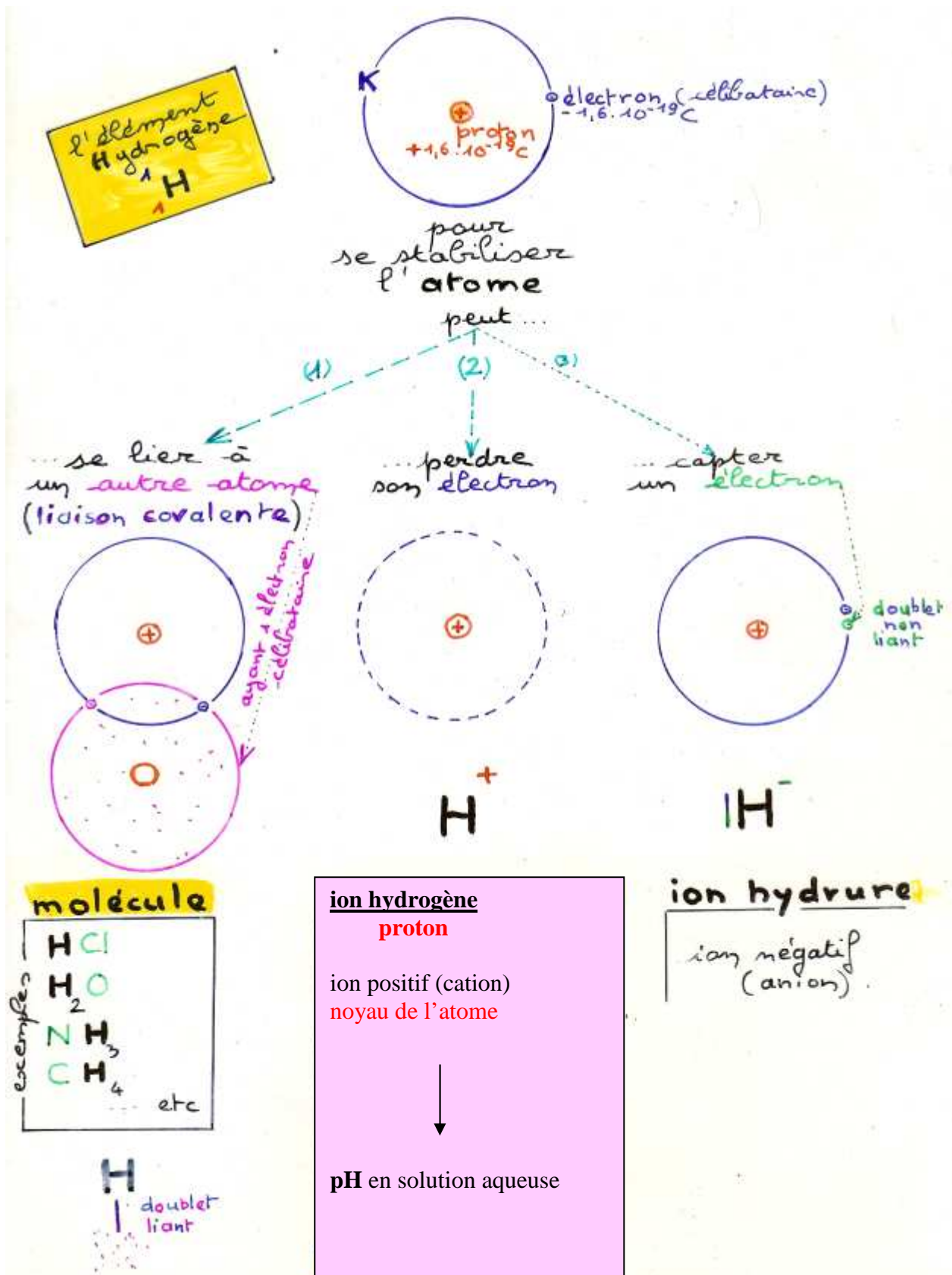
sulfate de cuivre II : CuSO_4

carbonate de fer III : $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$

oxyde d'ammonium : $(\text{NH}_4)_2\text{O}$

9. ELEMENT HYDROGENE

Cet élément est le plus répandu dans l'univers.



10. EXERCICES

éléments – atomes - carte d'identité - isotopes – formule électronique
 intérêt de la classification - représentation de Lewis – gaz rare - ion monoatomique
 (composé ionique) - molécule - ion polyatomique – (composé ionique)

Exercice 1 :

1) L'isotope principal de l'élément sodium de symbole Na, est représenté par la carte d'identité $^{23}_{11}\text{Na}$.

a- comment s'appelle 11 et 23 ?

En déduire :

b- la composition du noyau d'un atome de sodium.

c- le nombre d'électrons d'un atome de sodium.

d- sa formule électronique.

e- sa représentation de Lewis.

f- l'ion que cet atome est susceptible de donner, *pourquoi* ?

2) $^{35}_{17}\text{Cl}$ et $^{37}_{17}\text{Cl}$

a- Que représentent ces deux cartes d'identités ?

b- Quelle est la différence entre ces deux atomes isotopes ?

Quelles sont leurs formule électronique et représentation de Lewis ?

b- En déduire l'ion susceptible d'être obtenu, *pourquoi* ?

3) Ecrire et donner le nom du composé ionique constitué du *cation* et de l'*anion* précédents.

Exercice 2 :

Ecrire le **symbole chimique** des éléments suivants classés par **famille**, et préciser si ce sont des **métaux** ou des **non-métaux**.

élément	symbole	métal	non-métal
hydrogène			
lithium			
sodium			
potassium			
magnésium			
calcium			
baryum			
titane			
chrome			
manganèse			
fer			
nickel			
cuivre			
zinc			
argent			
platine			
or			
mercure			

élément	symbole	métal	non-métal
uranium			
aluminium			
plomb			
carbone			
azote			
silicium			
oxygène			
soufre			
fluor			
chlore			
brome			
iode			
hélium			
néon			
argon			
krypton			
xénon			

Exercice 3 :

Ecrire les formules chimiques ou donner les noms des...

1) ...Molécules suivantes :

H₂, dioxygène, dichlore, N₂, dioxyde de carbone, diiode, SO₂, monoxyde de carbone, eau, chlorure d'hydrogène, NH₃, méthane, HNO₃, acide sulfurique...

2) ...Ions monoatomiques et polyatomiques suivants :

Na⁺, potassium, Ca²⁺, magnésium, Cl⁻, bromure, oxyde, S²⁻, iodure, fer II, Cu²⁺, Fe³⁺, Zn²⁺, Al³⁺, NO₃⁻, sulfate, CO₃²⁻, hydrogénocarbonate, ammonium...

3) ...Composés ioniques suivants:

Chlorure de sodium, FeCl_2 , sulfure de zinc, Al_2O_3 , nitrate de magnésium, sulfate de potassium, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, hydrogénocarbonate de calcium...