

La chimie du vivant

partie I

Dr Pauline Neveu

Plan : « La chimie du vivant – partie I »

1. Notion de chimie
2. Notion d'élément chimique
3. Notion de liaison chimique
4. Notions de chimie organique
5. Notion de réaction chimique

1. Notion de chimie

La chimie étudie la matière

La matière = substance (www.cnrtl.fr)

- occupe un espace

- possède une masse

- composée d'éléments chimiques

2. Notion d'élément chimique

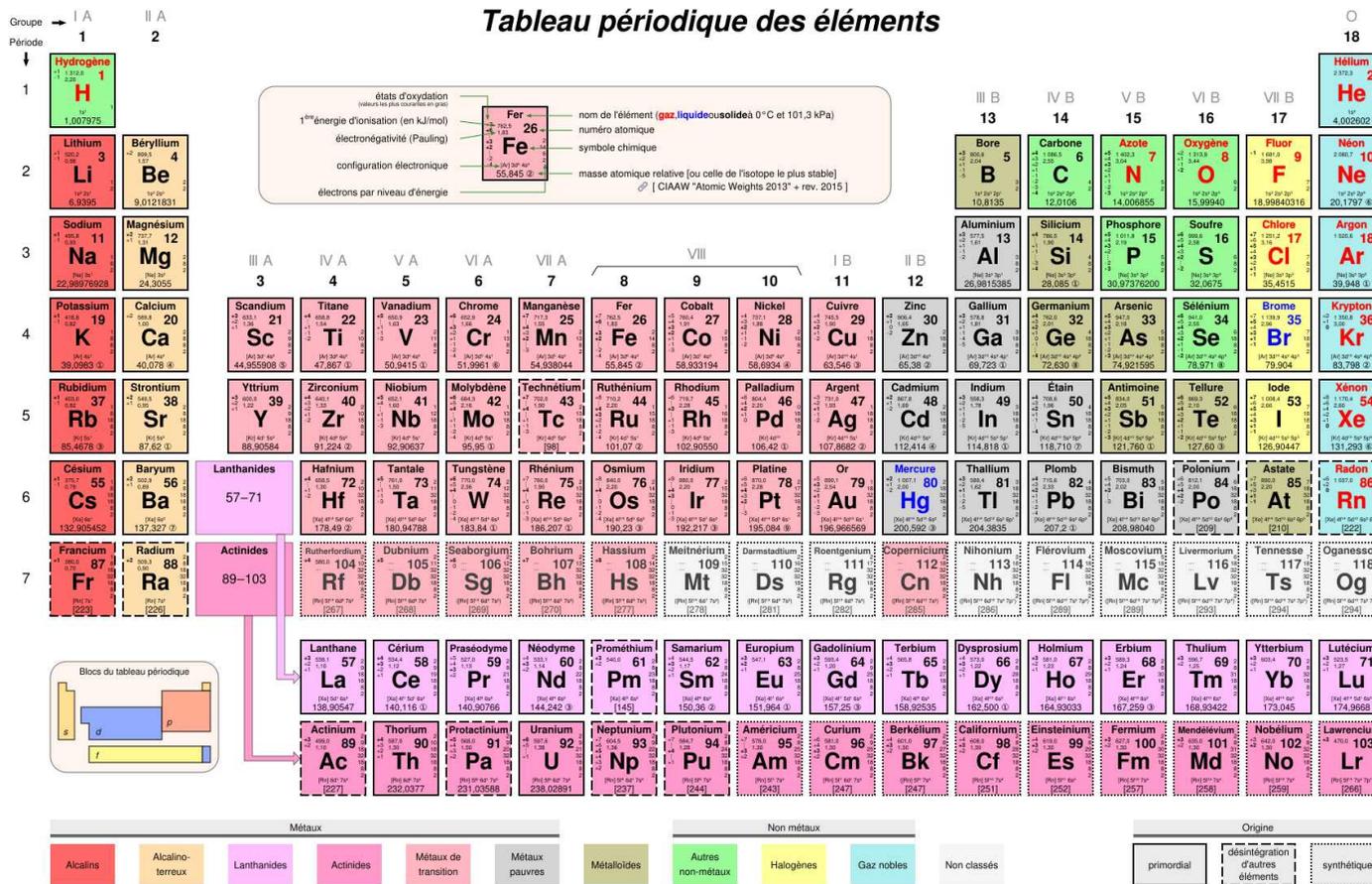
Élément chimique

→ ne peut être décomposé lors de réactions chimiques

2. Notion d'élément chimique

Éléments chimiques

→ répertoriés dans le tableau périodique des éléments de Mendeleïev ou classification périodique des éléments



By Michka Bversion simplifiée / version détaillée Wikipedia anglais - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=69057625>

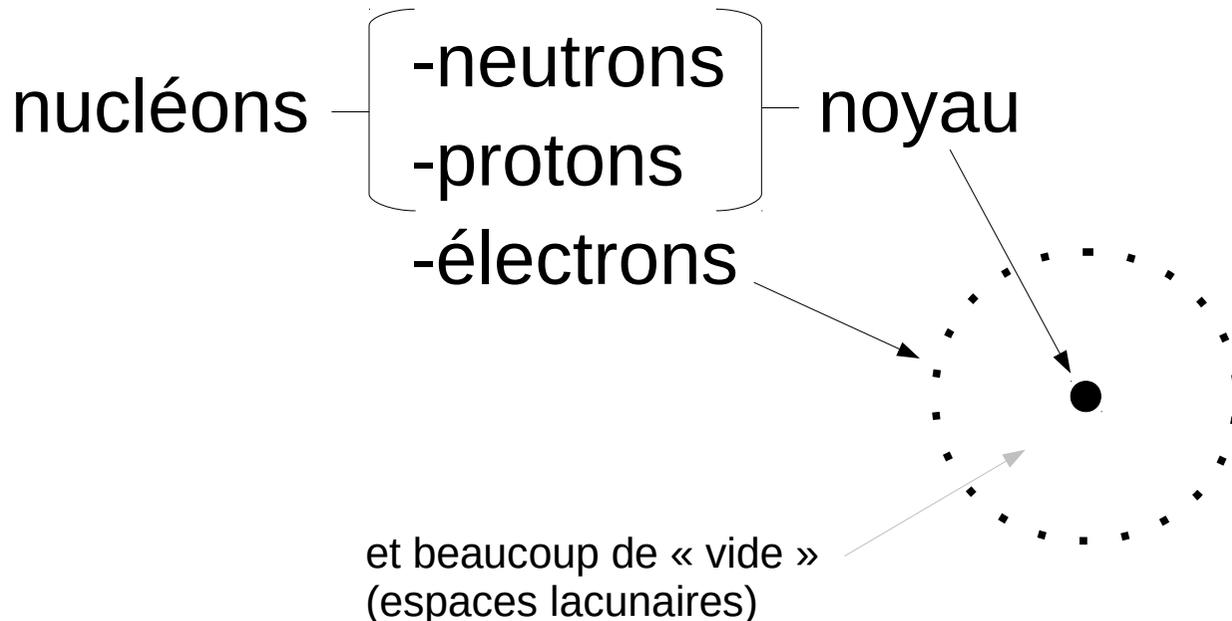
2. Notion d'élément chimique

Atome

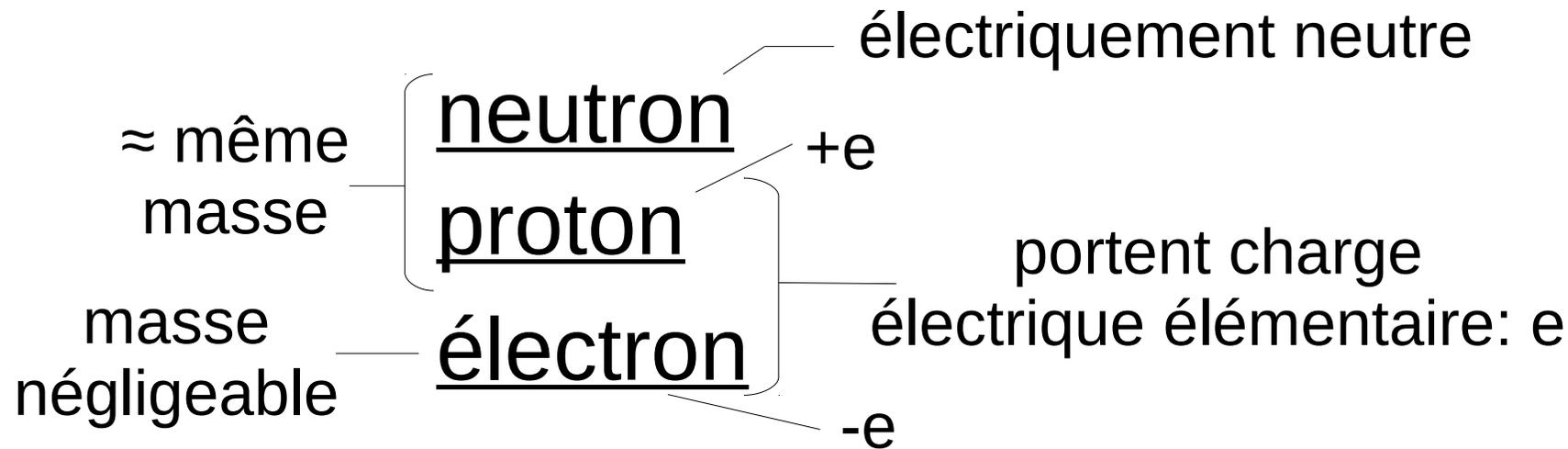
→ plus petite quantité d'un élément chimique
(même symbole pour élément & atome)

→ signifie « indivisible »...

...mais peut être scindé en particules subatomiques
zoom sur 3 d'entre elles :



2. Notion d'élément chimique



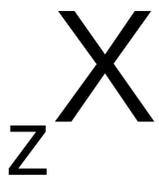
Les atomes d'un même élément ont le même nombre de protons

un atome étant électriquement neutre :

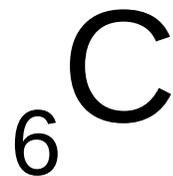
nombre de protons = nombre d'électrons

numéro atomique Z

Pour un élément de symbole « X », le numéro atomique Z se note par un indice à gauche du symbole



Ex : carbone

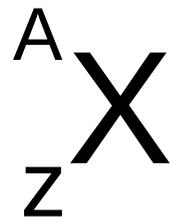


2. Notion d'élément chimique

Un autre nombre se note par un exposant à gauche du symbole

→ nombre de masse A

= nombre protons + nombre de neutrons (nombre de nucléons)



Ex : carbone

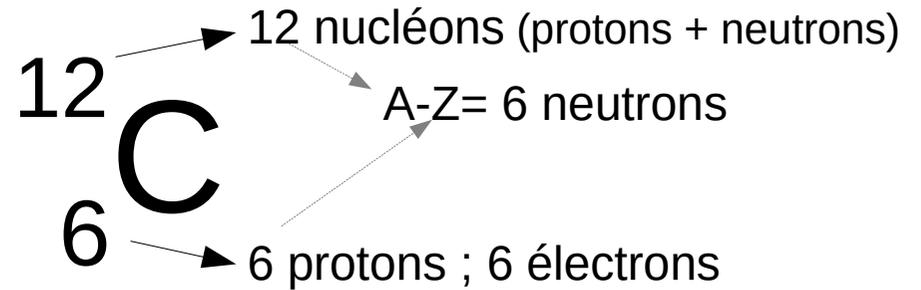


Tableau périodique des éléments

Le tableau périodique des éléments est présenté avec une légende explicative. La légende indique que dans une cellule d'élément, le nom est écrit en haut, le symbole chimique (X) au centre, le numéro atomique (Z) en bas à gauche, et le nombre de nucléons (A) en bas à droite. Les cases sont colorées par famille : métaux (rouge), métaux pauvres (gris), non-métaux (vert), gaz nobles (bleu), halogènes (jaune), métalloïdes (orange), et actinides/lanthanides (rose).

nom	symbole chimique	masse molaire atomique (g/mol)
nom	X	1,0
nom	X	1,0

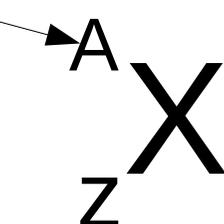
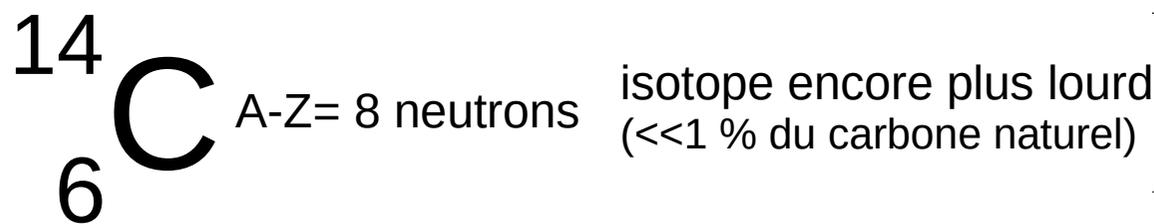
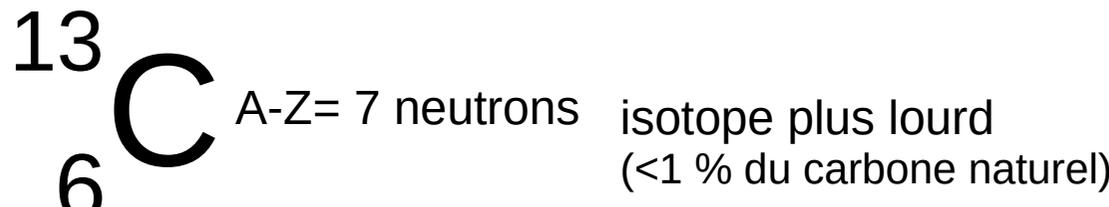
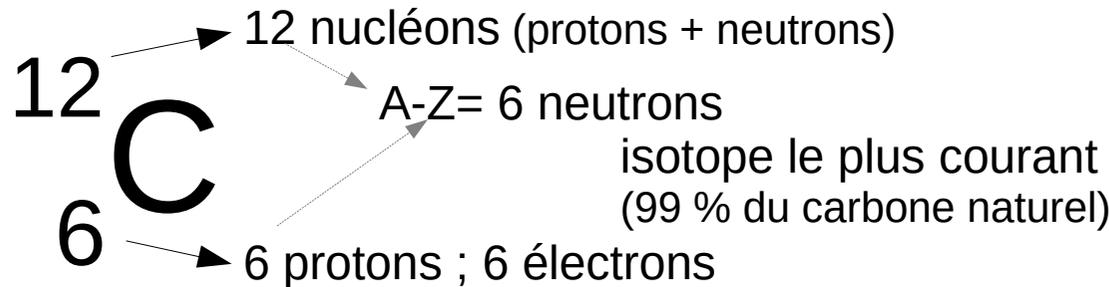
Scaler, Michka B / CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0>)
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/Tableau_p%C3%A9riodique_des_%C3%A9l%C3%A9ments_simplifi%C3%A9.png

2. Notion d'élément chimique

Les atomes d'un même élément ont le même nombre de protons
...mais le nombre de neutrons peut varier
ces différentes formes atomiques sont appelées :

→ isotopes variations possibles

Ex : carbone



stables

radio-isotope (radioactivité)
→ datation
→ traceur

Instable
→ désintégration
(transmutation en un autre élément + émission particules)
 $(^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N})$

- Ex : hydrogène
- ^1_1H hydrogène (protium) stable
 - ^2_1H deutérium stable lourd
 - ^3_1H tritium Instable (radioactif) lourd

2. Notion d'élément chimique

Zoom sur les électrons

ont-ils réellement une trajectoire circulaire autour du noyau ?

...non !

→ on ne peut connaître la trajectoire précise d'un électron

→ mais on peut connaître l'espace où il passe une bonne partie de son temps

-certains électrons sont 'proches' du noyau

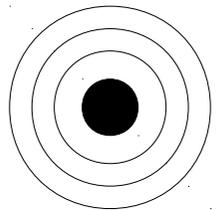
-ils ont peu d'énergie

-ils occupent les niveaux énergétiques les plus bas

-d'autres électrons sont plus éloignés du noyau

-ils ont plus d'énergie

-ils occupent des niveaux énergétiques plus hauts



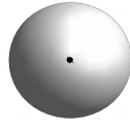
2. Notion d'élément chimique

La première couche électronique d'un atome

→ une sous-couche ou orbitale

2 électrons

→ sphérique



→ 2 électrons

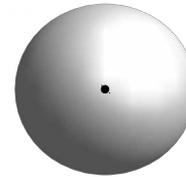
La deuxième couche électronique d'un atome

→ quatre sous-couches ou orbitales

$2 \times 4 = 8$ électrons

→ la première est sphérique

→ 2 électrons



→ les trois autres ont une forme d'haltère

→ 2 électrons chacune



Les autres couches électroniques d'un atome

→ même principe !

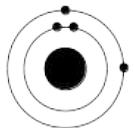
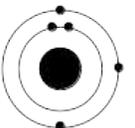
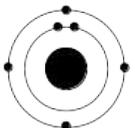
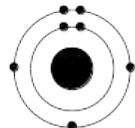
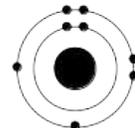
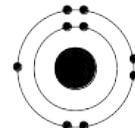
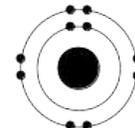
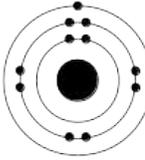
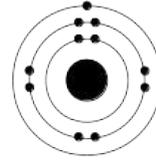
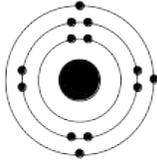
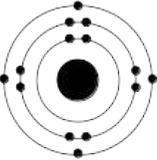
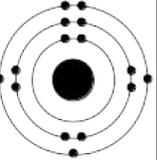
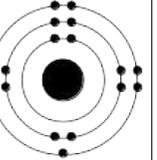
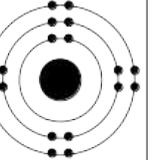
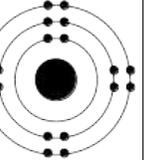
2. Notion d'élément chimique

Les électrons

- s'installent d'abord sur les couches les plus proches du noyau
 - qui sont les moins énergétiques
 - donc les plus stables
- s'installent ensuite sur les couches les plus éloignées du noyau
 - qui sont les plus énergétiques
 - donc les moins stables

2. Notion d'élément chimique

Électrons installés sur les couches électroniques pour quelques éléments chimiques

Première Couche	 Hydrogène ${}_1\text{H}$							 Hélium ${}_2\text{He}$
Deuxième Couche	 Lithium ${}_3\text{Li}$	 Béryllium ${}_4\text{Be}$	 Bore ${}_5\text{B}$	 Carbone ${}_6\text{C}$	 Azote ${}_7\text{N}$	 Oxygène ${}_8\text{O}$	 Fluor ${}_9\text{F}$	 Néon ${}_{10}\text{Ne}$
Troisième Couche	 Sodium ${}_{11}\text{Na}$	 Magnésium ${}_{12}\text{Mg}$	 Aluminium ${}_{13}\text{Al}$	 Silicium ${}_{14}\text{Si}$	 Phosphore ${}_{15}\text{P}$	 Soufre ${}_{16}\text{S}$	 Chlore ${}_{17}\text{Cl}$	 Argon ${}_{18}\text{Ar}$

intérêt pour l'état de remplissage de la couche la plus externe (électrons de valence)
→ comportements chimiques

-pleine: inerte

-incomplète: tendance à la compléter via interaction avec d'autres atomes → liaisons chimiques (mise en commun d'électrons)

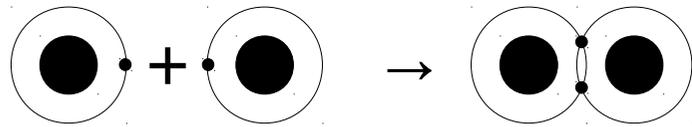
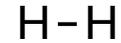
3. Notion de liaison chimique

La liaison covalente :

→ mise en commun / partage d'électrons

Ex : hydrogène

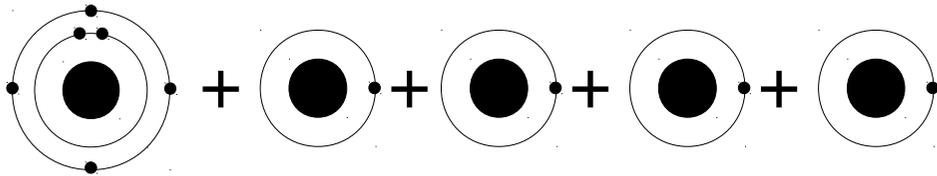
formule développée :



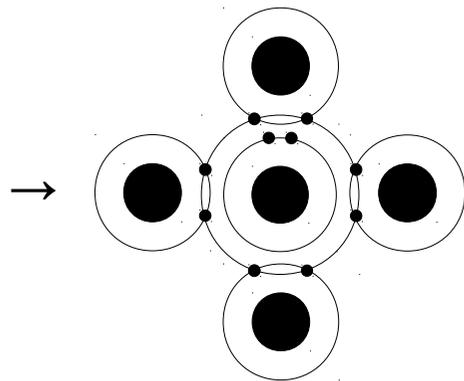
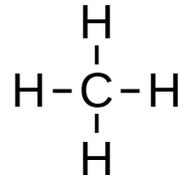
formule moléculaire : H_2 dihydrogène
(ou brute)

→ liaisons covalentes
simples

Ex : hydrogènes et carbone



formule développée :



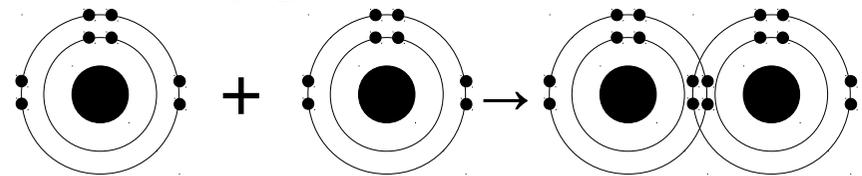
formule moléculaire : CH_4 (méthane)

3. Notion de liaison chimique

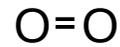
La liaison covalente :

→ mise en commun / partage d'électrons

Ex : oxygène



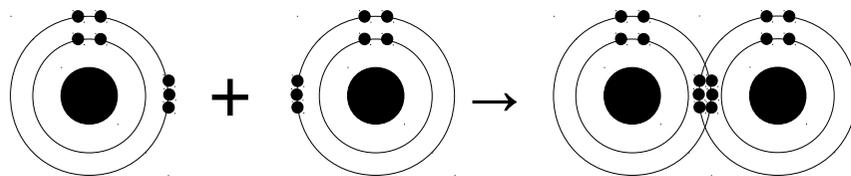
formule développée :



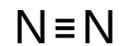
formule moléculaire : O_2 dioxygène

→ liaison covalente double

Ex : azote



formule développée :



formule moléculaire : N_2 diazote

→ liaison covalente triple

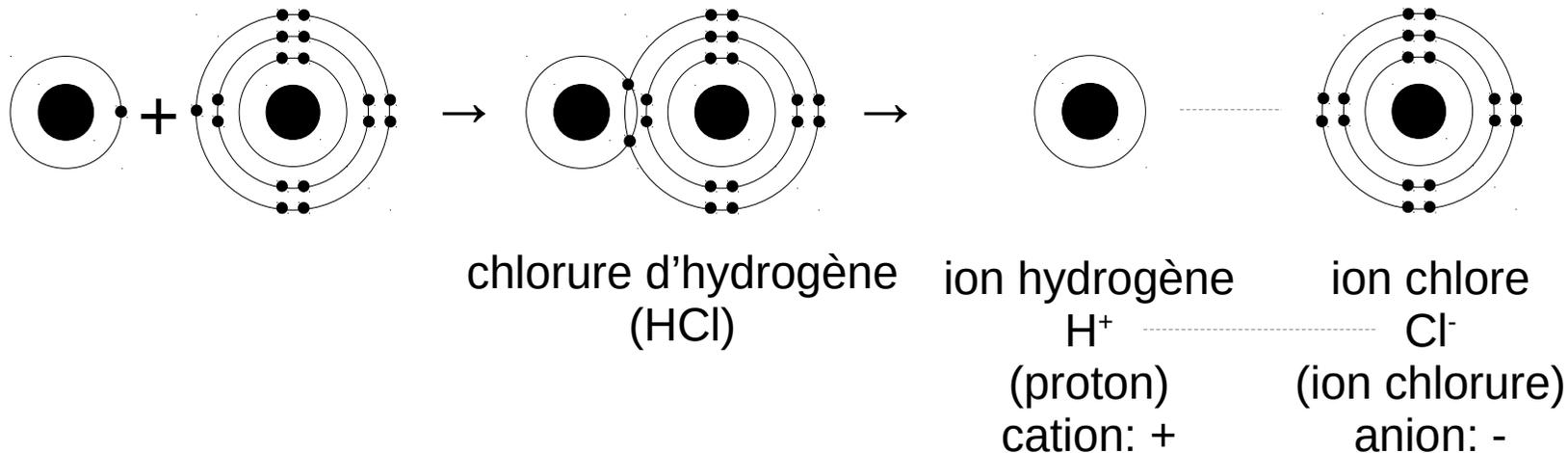
3. Notion de liaison chimique

La liaison ionique:

- perte / gain d'électrons
- quand les attractions sur les électrons sont très inégales

Ex : hydrogène et chlore

deux ions chargés électriquement (atomes ici)
charges opposées → attraction = liaison ionique



Composé ionique = sel (ex : sel de table : chlorure de sodium)

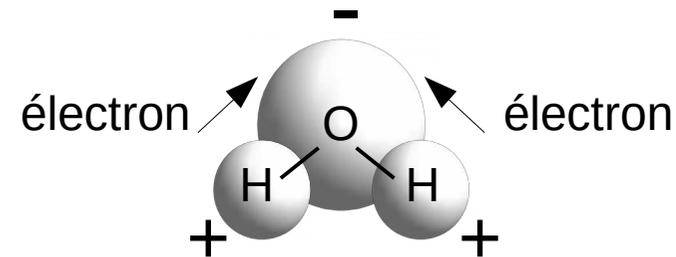
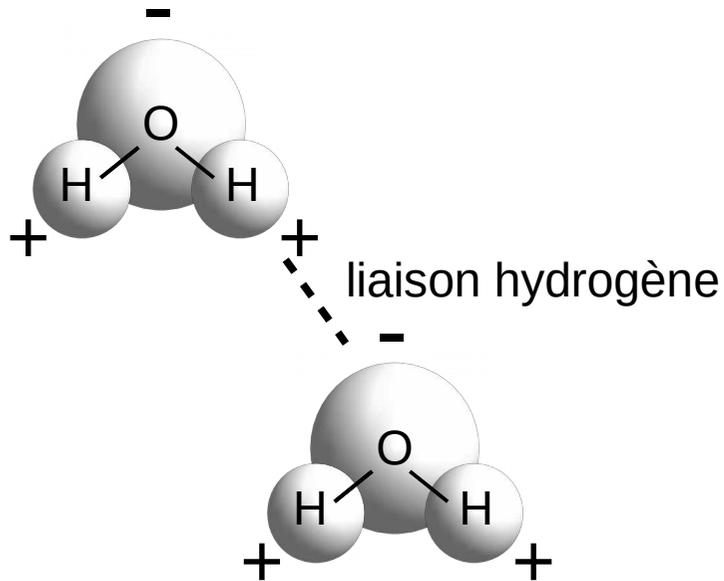
- ▲ Liaison ionique
- ↕ Liaison covalente polaire (répartition asymétrique des charges)
- ▼ Liaison covalente non polaire (répartition symétrique des charges)

3. Notion de liaison chimique

La liaison hydrogène :

→ le plus souvent entre Hydrogène et Oxygène ou Azote

Ex : molécule d'eau (H_2O)



3. Notion de liaison chimique

Les liaisons faibles :

-interaction de van der Waals

→ entre électrons d'une molécule et noyaux des atomes d'une autre molécule (suffisamment proche mais pas trop!)

-'interaction hydrophobe'

→ molécules hydrophobes ne peuvent interagir avec l'eau (insolubles dans l'eau) qui les repousse, les molécules hydrophobes se retrouvent ainsi entre elles dans des enclaves, cernées par l'eau! (ex : huile dans eau)

4. Notions de chimie organique

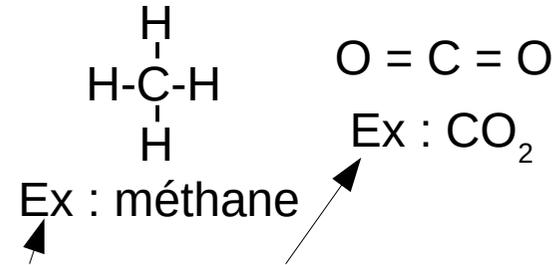
Chimie organique: étudie composés carbonés
molécules contenant du carbone
dites molécules organiques
(à quelques exceptions près ex: CO₂)

Organique ?

- longtemps pensé que seuls les organismes pouvaient les produire
- ce qui n'est pas le cas (ex : Miller 1953)

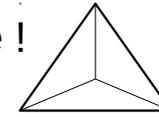
4. Notions de chimie organique

Le carbone



-peut établir 4 liaisons covalentes (simples, doubles, triples)

(Représentation plane mais configuration tridimensionnelle dans la réalité !
Ex : les 4 liaisons simples pointent les angles d'un tétraèdre)



-peut lier d'autres éléments : H, O, N, S, P...

→ enchaînement de carbones

= chaîne carbonée

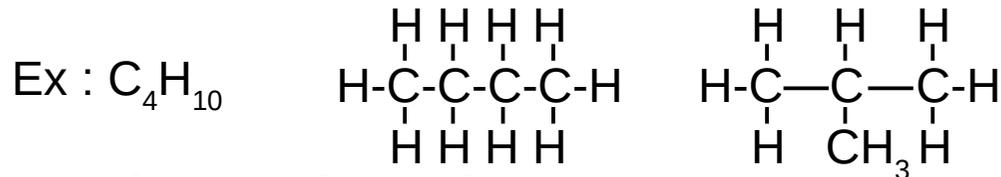
= squelette des molécules organiques

(linéaire, ramifié, cyclique → grande diversité de molécules)

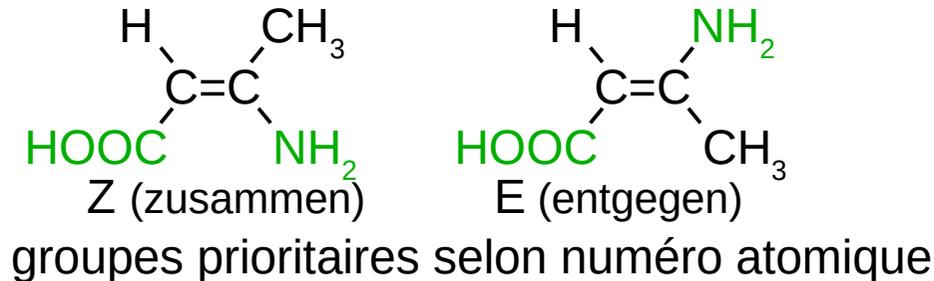
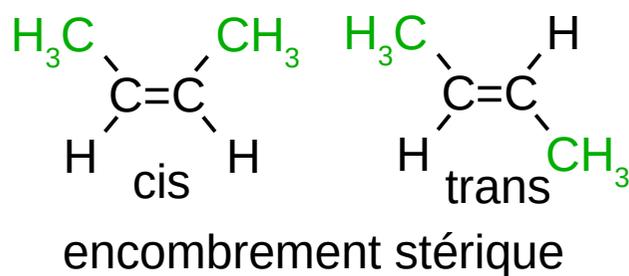
4. Notions de chimie organique

Une même formule moléculaire peut cacher des molécules différentes : isomérisie

- isomérisie de structure ou de constitution



- isomérisie géométrique (diastéréoisomères)

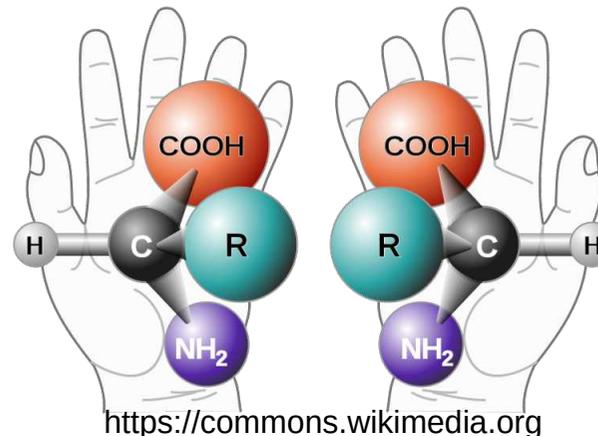


- isomérisie optique (énantiomères)

(chiralité : pas superposition image miroir)

(biologistes : Dextrogyre D ou Levogyre L)

chimistes : Rectus R ou Sinister S)



4. Notions de chimie organique

Groupements d'atomes fréquents → groupements fonctionnels

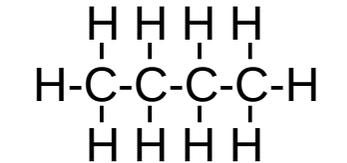
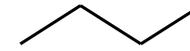
-pas de groupement fonctionnel particulier : hydrocarbures

→ carbone + hydrogène

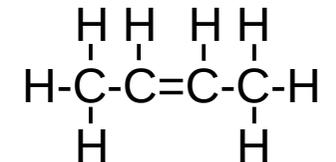
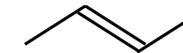
→ saturés si toutes les liaisons covalentes sont simples

→ insaturés s'il y a au moins une liaison covalente double

→ hydrophobes



butane (alcane)

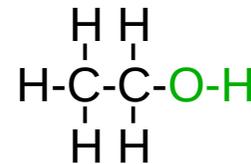


but-2-ène (alcène)

-groupement hydroxyle : -OH

→ hydrophile

→ classe des alcools (suffixe -ol)



éthanol

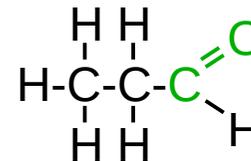
-groupement carbonyle : -CO

→ hydrophile

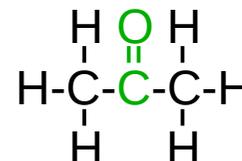
→ classes :

-des aldéhydes (suffixe -al)

-des cétones (suffixe -one)



propanal



propanone

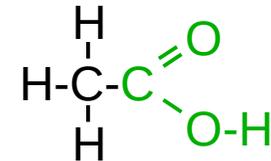
4. Notions de chimie organique

Groupements d'atomes fréquents → groupements fonctionnels

-groupement carboxyle : $-\text{COOH}$

→ hydrophile

→ classe des acides carboxyliques (acide + suffixe -ique)
(tendance à s'ioniser par perte proton H^+ : $-\text{COO}^-$)

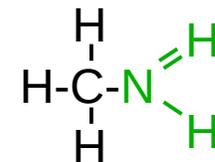


acide éthanoïque
(acide acétique)

-groupement amine : $-\text{NH}_2$

→ hydrophile

→ classe des amines (suffixe -amine ou préfixe amino-)
(tendance à s'ioniser par gain proton H^+ : $-\text{NH}_3^+$)

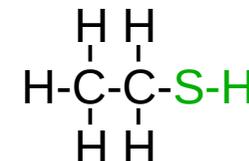


méthylamine

-groupement sulfhydryle: $-\text{SH}$

→ hydrophile

→ classe des thiols (suffixe -thiol ou préfixe sulfanyl-)



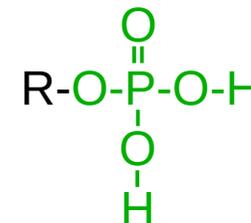
éthanethiol

-groupement phosphate: $-\text{H}_2\text{PO}_4$

(tendance à s'ioniser par perte 2 protons H^+ : $-\text{PO}_4^{2-}$)

→ hydrophile

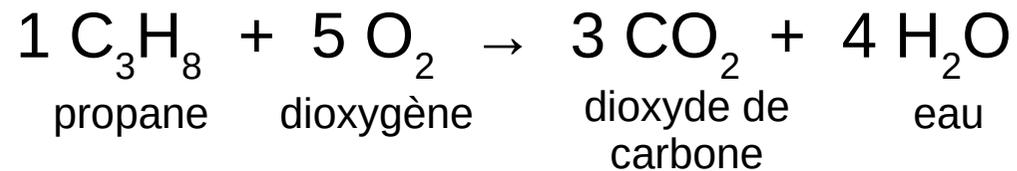
→ classe des phosphates organiques (suffixe -phosphate)



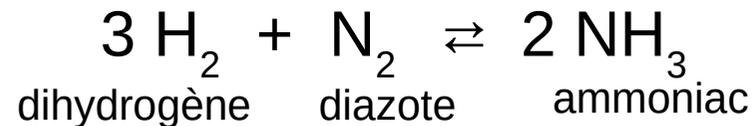
5. Notion de réaction chimique

Réaction chimique = modification des liaisons entre atomes
rupture & formation de liaisons chimiques

réactifs → produits



Parfois double flèche souligne la réversibilité de la réaction & l'équilibre dynamique



Nombres (stoechiométriques) devant les formules moléculaires
→ correspondent à des moles

5. Notion de réaction chimique

Notion de mole :

-symbole : mol

-une mole : quantité de matière contenant $6,02214076 \times 10^{23}$ entités élémentaires
(définition du Bureau International des Poids et Mesures ; ce nombre est le nombre d'Avogadro)

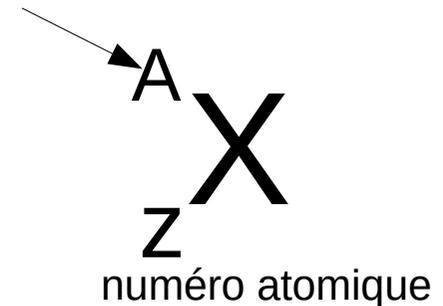
-une mole de NaCl contient $6,02214076 \times 10^{23}$ molécules de NaCl

-une mole de H₂O contient $6,02214076 \times 10^{23}$ molécules de H₂O etc...

-par contre, la masse (par exemple, en grammes) d'une mole de NaCl n'est pas la même que la masse d'une mole de H₂O car les masses atomiques (nombre de masse) des atomes constituant ces molécules ne sont pas les mêmes

-une mole de NaCl pèse $23+35=58\text{g}$

-une mole de H₂O pèse $1*2+16=18\text{g}$



-une mole d'une substance (soluté) placée dans un solvant (ex : l'eau) donnera une solution dans laquelle la concentration molaire (molarité) de la substance sera exprimée en mol/l

58g de NaCl (=1mol de NaCl) + eau jusqu'à obtenir un litre

=concentration molaire de NaCl de 1mol/l

→ solution aqueuse (solvant=eau)

Fin : « La chimie du vivant – partie I »

Merci de votre attention !

Ne pas oublier pour ce chapitre :

- la carte mentale
- « l'audio relaxé »
- exercices et quiz

→ sur <http://drpneveu.free.fr/biologie.html>

Chapitre suivant : La chimie du vivant – partie II