

## Leçon N°5: Géométrie de quelques molécules

### I Situation problème :

Tout ce qui nous entoure est constitué de matière, la matière est composée d'atomes, ces atomes peuvent être reliés entre eux pour former des molécules plus ou moins complexes. Exemple : L'eau liquide est constituée d'un ensemble des molécules d'eau

Qu'est-ce qu'une molécule ?

Pourquoi et selon quels critères ces molécules se forment-elles ?

Comment représenter une molécule ? Et comment déterminer sa géométrie dans l'espace ?

Y a-t-il des règles ou des modèles permettant d'expliquer cette géométrie ?

### II Les règles du duet et de l'octet :

Nous avons vu dans la leçon précédente que les gaz rares (8ème famille : He, Ne, Ar,...) sont des éléments chimiques stables car leurs couches électroniques externes sont saturées. Tous les éléments chimiques qui ont des couches électroniques externes non saturées cherchent à se stabiliser en saturant ses couches externes par  $2e^-$  ou bien  $8e^-$  selon les règles du duet et de l'octet

#### II.1 Enoncé des deux règles :

Règle du duet : Les éléments chimiques dont le numéro atomique  $Z \leq 4$  tend à obtenir la structure électronique de l'atome de Hélium He :  $(K)^2$ , c-à-d  $2e^-$  dans leurs couches externes

Règle de l'octet : Les éléments chimiques dont le numéro atomique  $4 < Z \leq 18$  tend à obtenir la structure électronique de l'atome de Néon Ne :  $(K)^2(L)^8$  ou de l'atome d'Argon Ar :  $(K)^2(L)^8(M)^8$ , c-à-d  $8e^-$  dans leurs couches externes

#### II.2 Application aux ions monoatomiques :

Atome	Structure électronique de l'atome	Structure électronique du gaz rare le plus proche	Ion correspondant	Structure électronique de cet ion
Li (Z=3)				
Be (Z=4)				
O (Z=8)				
Al (Z=13)				
Cl (Z=17)				

### III Représentation des molécules selon le modèle de Lewis :

#### III.1 La molécule :

La molécule est une unité chimique -électriquement neutre- constituée de plusieurs atomes attachés les uns aux autres par des liaisons chimiques

#### III.2 La liaison covalente simple :

Les électrons des couches externes des atomes sont responsables de leur union pour former des molécules. On appelle la liaison covalente simple : le partage de 2 électrons externes entre deux atomes afin de former un doublet d'électrons liant les deux atomes

Remarque :

- On représente une liaison covalente simple par un tiret entre les deux atomes
- La liaison covalente peut être simple (partage de 2e<sup>-</sup>) ou double (partage de 4e<sup>-</sup>) ou triple (partage de 6e<sup>-</sup>)

Exemple :

- HCl : H — Cl
- O<sub>2</sub> : O = O
- N<sub>2</sub> : N ≡ N

### III.3 Représentation de Lewis :

Pour représenter une molécule selon le modèle de Lewis, on suit les étapes suivantes :

1. Ecrire la structure électronique de chaque atome.
2. Déterminer le nombre  $n_e$  des électrons de la couche externe de chaque atome.
3. Déterminer le nombre de doublets liants pour chaque atome:  $n_l = p - n_e$  (p = 2 ou p = 8) selon règle à laquelle l'atome obéit : duet ou octet
4. Déterminer le nombre de doublets non liants  $n_{nl}$  pour chaque atome:  $n_{nl} = \frac{n_e - n_l}{2}$
5. Déterminer le nombre total des doublets  $n_d$  par la relation:  $n_d = \frac{\sum n_e}{2}$  avec :  $\sum n_e$  est le nombre total des électrons des couches externes des atomes formant la molécule
6. Représenter la molécule

Exemples :

Molécule	Atomes	Structure électronique	$n_e$	p	$n_l$	$n_{nl}$	$n_d$	Représentation selon Lewis
HCl								
Cl <sub>2</sub>								
N <sub>2</sub>								
H <sub>2</sub> O								
CO <sub>2</sub>								
NH <sub>3</sub>								

Remarque :

La formule H<sub>2</sub>O s'appelle la formule brute de la molécule d'eau, elle indique le nombre et la nature des atomes  
La formule H — O — H s'appelle la formule développée de la molécule d'eau


## IV Géométrie de quelques molécules simples :

### IV.1 Géométrie spatiale des molécules :

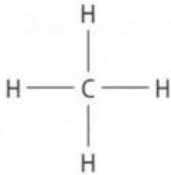
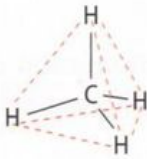
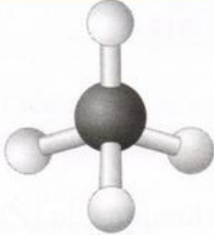
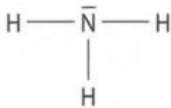
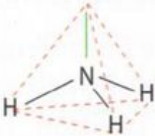

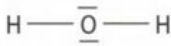
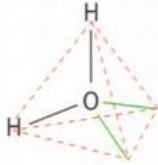

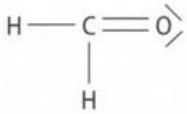
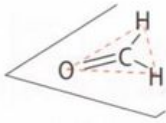
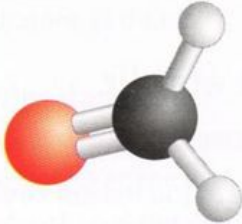
Quelques molécules simples se constituent d'un atome central lié à d'autres atomes avec des liaisons covalentes simples, et en raison de la répulsion entre les doublets liants et non liants (charges négatives), la molécule prend une géométrie spatiale

IV.2 Représentation de Cram :

La représentation de Cram permet de représenter la géométrie spatiale de la molécule d’une manière simple en respectant la convention suivante :

- Les liaisons situées dans le plan de la feuille sont dessinées en traits pleins : \_\_\_\_\_
- Les liaisons situées en avant du plan de la feuille sont dessinées en traits épaissis : 
- Les liaisons situées s en arrière du plan de la feuille sont dessinées en pointillés: .....|||

E

Molécule	Représentation de Lewis	Doublets de l'atome central	Répartition des doublets dans l'espace	Modèle spatial	Forme de la molécule
méthane CH <sub>4</sub>		4 liaisons simples			molécule tétraédrique
ammoniac NH <sub>3</sub>		3 liaisons simples 1 doublet non liant			molécule pyramidale
eau H <sub>2</sub> O		2 liaisons simples 2 doublets non liants			molécule plane coudée
méthanal CH <sub>2</sub> O		1 double liaison 2 liaisons simples			molécule plane triangulaire

## Leçon N4: SUIVI D'UNE TRANSFORMATION CHIMIQUE

### I Transformation chimique—réaction chimique :

#### I.1 Transformation chimique

**Au cours d'une transformation chimique des substances disparaissent et d'autres nouvelles substances apparaissent.**

Une transformation chimique peut être modélisée par une réaction chimique :

- Les substances qui disparaissent sont appelées les réactifs.
- Les substances qui apparaissent sont appelées les produits.

**On appelle système chimique l'ensemble des éléments chimiques existant dans le milieu réactionnel.**

#### I.2 Etat initial et état final :

**La transformation chimique représente le passage d'un système chimique d'un état initial à un état final**

- On appelle état initial, l'état du système chimique avant la transformation.
- On appelle état de transformation, l'état du système chimique à instant donné au cours de la transformation.
- On appelle état final, l'état du système chimique après la transformation.

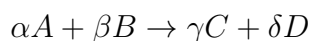
#### I.3 Modélisation des transformations chimiques:

On modélise une transformation chimique par un modèle simple qui peut décrire cette transformation qu'on appelle réaction chimique et qu'on représente par une équation chimique dans laquelle les réactifs et les produits sont représentés par leurs formules :

Les réactifs sont placés à gauche d'une flèche qui désigne le sens de la réaction et les produits à sa droite.  
Réactifs→Produits

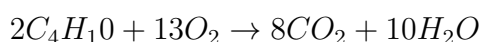
Au cours d'une transformation chimique, il y a conservation des éléments chimiques et de la charge électrique, l'équation doit donc être équilibrée par des nombres appelés : coefficients stœchiométriques. (par convention on n'écrit pas le coefficient stœchiométrique 1 )

**Généralisation : l'équation de la réaction peut être modélisée d'une manière générale de la façon suivante :**



A et B sont les réactifs ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  sont les coefficient stœchiométrique.

Exemple : l'équation de combustion du butane :



les coefficients stœchiométriques de cette réaction sont 2,13,8,10.

## II Avancement de la réaction – Tableau d’avancement:

### II.1 Avancement de la réaction :

Pour suivre l’évolution de la quantité de matière des espèces chimiques participant à la réaction chimique on utilise l’avancement de la réaction qu’on symbolise par  $x$  qui s’exprime en (mol) et qui représente la quantité de matière des réactifs disparus et quantités de matière des produits formés selon les coefficients stoechiométriques.

### II.2 Tableau d’avancement :

Pour suivre l’évolution de la réaction on trace un tableau descriptif en utilisant l’avancement de la réaction qu’on appelle le tableau d’avancement de la réaction. Dans un tableau d’avancement donné on doit écrire l’équation de la réaction équilibrée puis on trace le tableau de la manière suivante :

Equation de la réaction		$\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$			
états	avancement	quantité de Matière en mol			
Etat initial	0	$n_0(A)$	$n_0(B)$	0	0
Etat de transformation	$x$	$n_0(A) - \alpha x$	$n_0(B) - \beta x$	$\gamma x$	$\delta x$
Etat final	$x_{max}$	$n_0(A) - \alpha x_{max}$	$n_0(B) - \beta x_{max}$	$\gamma x_{max}$	$\delta x_{max}$

### II.3 Le réactif limitant:

Le réactif limitant est le réactif qui met fin à la réaction, c’est le premier réactif qui est totalement consommé.

### II.4 Avancement maximum :

L’avancement maximum  $x_{max}$  est l’avancement de la réaction qui correspond à la disparition totale du réactif limitant.

### II.5 Exercices d’application :

#### II.5.1 Exercice 1 :

La combustion du fer Fe solide dans le dioxygène  $O_2$  gazeux produit l’oxyde de fer magnétique  $Fe_3O_4$ .

- 1) Ecrire puis équilibrer l’équation de la réaction.
- 2) Tracer le tableau d’avancement de la réaction pour un mélange initial constitué de 3mol de fer et 4mol de  $O_2$ .

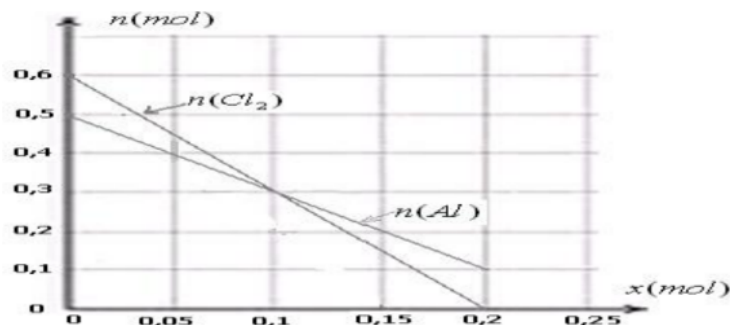
#### II.5.2 Exercice 2 :

Sachant que la combustion complète du pentane gazeux  $C_5H_{12}$  dans le dioxygène  $O_2$  entraîne la production du dioxyde de carbone  $CO_2$  et de l’eau.

- 1) Ecrire puis équilibrer l’équation de la réaction.
- 2) Tracer le tableau d’avancement de la réaction pour un mélange initial constitué de 10mol de pentane et 40mol de  $O_2$ .
- 3) Tracer la représentation graphique représentant l’évolution des quantités de matière en fonction de l’avancement.

#### II.5.3 Exercice 3 :

Sachant que l’aluminium Al réagit avec le dichlore  $Cl_2$  et le produit de cette réaction est le chlorure d’aluminium  $AlCl_3$ . On donne le graphe représentant l’évolution des quantités de matière en fonction de l’avancement.



- 1) Ecrire puis équilibrer l'équation de la réaction et tracer le tableau d'avancement correspondant.
- 2) Compléter le graphe en représentant la variation de la quantité de matière du chlorure d'aluminium en fonction de l'avancement et donner la composition finale du mélange.

### III Détermination de la pression d'un gaz résultant d'une réaction chimique :

#### III.1 Expérience :

On introduit une masse  $m = 32,7 \text{ mg}$  de zinc en poudre dans un flacon à la température  $\theta = 20^{\text{circ}}\text{C}$  et sous la pression atmosphérique  $P_{\text{atm}} = 1013 \text{ hPa}$  puis on verse dans le flacon de volume  $500 \text{ mL}$  un volume  $V = 10 \text{ mL}$  d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $c = 0,5 \text{ mol/L}$ . On donne l'équation de réaction qui se produit dans le flacon :  $\text{Zn}_{(s)} + 2\text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$

#### III.2 Prévoir l'état final:

On peut prévoir la pression finale du gaz dihydrogène qui se produit à la fin de cette réaction par l'une des deux méthodes suivantes :

-Soit en utilisant un appareil de mesure de la pression.

-ou bien théoriquement en utilisant le tableau d'avancement de la réaction.

\*1ère méthode : On détermine la valeur de la pression final  $P_f$  à la fin de la réaction à l'aide d'un capteur de pression, on trouve :  $P_f = 1038 \text{ hPa}$

\*2ème méthode : la quantité de matière de zinc initiale:  $n_0(\text{Zn}) = \frac{m}{M} = \frac{32.710^{-3}}{65.4} = 0.5 \text{ mmol}$   
la quantité de matière de  $\text{H}^+$  initiale:  $n_0(\text{H}^+) = C.V = 0.5.10.10^{-3} = 5 \text{ mmol}$

Tableau d'avancement :

Equation de la réaction		$\text{Zn} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$			
états	avancement	quantité de Matière en mol			
Etat initial	0	0.5	5	0	0
Etat de transformation	$x$	$0.5 - x$	$5 - 2x$	$x$	$x$
Etat final	$x_{\text{max}}$	$0.5 - x_{\text{max}}$	$5 - 2x_{\text{max}}$	$x_{\text{max}}$	$x_{\text{max}}$

-supposons que Zn est le réactif limitant :  $0.5 - x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = 0.5 \text{ mmol}$  -supposons que  $\text{H}^+$  est le réactif limitant :  $5 - 2x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = 2.5 \text{ mmol}$  On a  $0.5 < 2.5$

On sait que le réactif limitant est celui utilisé par défaut, donc  $x_{\text{max}} = 0.5 \text{ mmol}$  et c'est Zn qui est limitant.

A partir du tableau d'avancement on a :  $n_{f(\text{H}_2)} = x_{\text{max}} = 0,5 \text{ mmol}$  En appliquant la relation des gaz parfaits au gaz dihydrogène qui occupe le volume restant du flacon :  $V_{(\text{H}_2)} = 500 - 10 = 490 \text{ mL}$  donc  $P_{(\text{H}_2)} \cdot V_{(\text{H}_2)} = n_{(\text{H}_2)} \cdot R.T \rightarrow P_{(\text{H}_2)} = 2485.7 \text{ Pa} = 25 \text{ hPa}$

La pression finale du dihydrogène  $\text{H}_2$  dans le flacon :  $P_f = P_{(\text{H}_2)} + P_{\text{atm}} = 25 + 1013 = 1038 \text{ hPa}$