

## TD1 de Chimie Générale:

### **Atomes, Molécules & Liaisons chimiques**

#### **Exercice 1: constituants de l'atome**

L'atome de Fer possède 4 isotopes naturels:  $^{54}\text{Fe}$  (5,8%),  $^{56}\text{Fe}$  (91,7%),  $^{57}\text{Fe}$  (2,2%) et  $^{58}\text{Fe}$  (0,3%).

$Z(\text{Fe}) = 26$ .

- 1) Donner la définition du mot isotope.
- 2) Dans quel bloc de la classification périodique se situe le fer?
- 3) Donner la structure électronique du fer dans son état fondamental.
- 4) Indiquer le numéro atomique, le nombre de masse, le nombre de protons et le nombre de neutrons pour chacun des isotopes.

#### **Correction:**

- 1) Isotope: 2 éléments sont dits isotopes si ils possèdent le même nombre de protons (numéro atomique  $Z$ ) mais un nombre de masse  $A$  (nombre de nucléons) différent.
- 2) Le fer appartient au bloc d de la classification périodique (c'est un élément de transition).
- 3) Fe ( $Z=26$ ) On doit respecter la règle de remplissage de Klechkowsky selon les  $(n+l)$  croissants!  
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$
- 4)  $^{54}\text{Fe} \rightarrow$  numéro atomique  $Z=26 \rightarrow 26$  protons  
nombre de masse  $A=54 \rightarrow 54$  nucléons  $\rightarrow 28$  neutrons (nucléons = neutrons + protons)  
  
 $^{56}\text{Fe} \rightarrow Z=26 \rightarrow 26$  protons  
 $A=56 \rightarrow 30$  neutrons  
  
 $^{57}\text{Fe} \rightarrow Z=26 \rightarrow 26$  protons  
 $A=57 \rightarrow 31$  neutrons  
  
 $^{58}\text{Fe} \rightarrow Z=26 \rightarrow 26$  protons  
 $A=58 \rightarrow 32$  neutrons

#### **Exercice 2: les isotopes du Chlore**

L'atome de Chlore se trouve sous 2 formes isotopiques:  $^{35}\text{Cl}$  et  $^{37}\text{Cl}$ .

$Z(\text{Cl})=17$ .

- 1) Indiquer le nombre de neutrons, protons et électrons du  $^{35}\text{Cl}$ .
- 2) Donner la configuration électronique du  $^{35}\text{Cl}$  dans son état fondamental. Indiquer sa couche de valence. Quel ion est-il le plus enclin à former? Donner sa configuration électronique.

- 3) Sachant que la masse atomique du  $^{35}\text{Cl}$  est de 35g/mol, celle du  $^{37}\text{Cl}$  est de 37 g/mol et la masse atomique moyenne du chlore est de 35,5 g/mol, déterminer la proportion de chaque isotope.

### Correction:

- 1)  $^{35}\text{Cl} \rightarrow 17$  protons, 17 électrons et 18 neutrons.

- 2) Configuration électronique:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$  (couche de Valence)

*Les électrons de Valence sont les électrons d'une couche externe ou d'une sous-couche partiellement remplie.*

Le chlore possède 7 électrons de Valence, il cherche à acquérir la structure électronique du gaz noble le plus proche (l'argon) et donc pour cela tend à gagner un électron, formant ainsi l'ion chlorure  $\text{Cl}^-$  donc la configuration électronique est la suivante:

$\text{Cl}^-: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 [\text{Ar}]$

- 3) On notera x la proportion de l'isotope  $^{35}\text{Cl}$  et y la proportion de l'isotope  $^{37}\text{Cl}$ .

On sait que le chlore est présent naturellement sous ces 2 formes donc  $x + y = 1$  (ou 100%).

De plus  $x \cdot 35 + y \cdot 37 = 35,5$

On obtient un système de deux équations à deux inconnues:

$$x + y = 1$$

$$x \cdot 35 + y \cdot 37 = 35,5$$

$$x = 1 - y$$

$$(1 - y) \cdot 35 + y \cdot 37 = 35,5$$

$$x = 1 - y$$

$$35 - 35y + 37y = 35,5$$

$$x = 1 - y$$

$$2y = 0,5$$

$$x = 1 - y$$

$$y = 0,5/2$$

$$x = 0,75$$

$$y = 0,25$$

Les proportions des isotopes sont donc les suivantes:

- 75% de  $^{35}\text{Cl}$
- 25% de  $^{37}\text{C}$

### Exercice 3: Structure électronique d'un élément mystère X

L'élément X appartient à la case de la 14<sup>ème</sup> colonne et de la 3<sup>ème</sup> ligne.

- 1) A quel élément X correspond l'élément mystère? Dans quel bloc figure t'-il?
- 2) Donner sa configuration électronique complète à l'état fondamental. Préciser sa couche de Valence?

- 3) Indiquer, dans le tableau ci-dessous, si les configurations électroniques représentées correspondent au Silicium dans son état fondamental, dans un état excité ou dans une configuration interdite.

| 2p       | 3s | 3p    | État fondamental | État excité | Interdit |
|----------|----|-------|------------------|-------------|----------|
| ↑↓ ↑↓ ↑↓ | ↑↓ | ↑ ↑   |                  |             |          |
| ↑↓ ↑↓ ↑↓ | ↑  | ↑ ↑ ↑ |                  |             |          |
| ↑↓ ↑↓ ↑↓ | ↑↓ | ↑ ↑   |                  |             |          |
| ↑↓ ↑↓ ↑↓ | ↑↓ | ↑↑    |                  |             |          |

- 4) Quel anion l'élément mystère est-il susceptible de former? Donner sa configuration électronique. Même question pour un cation.  
 5) Dire si les composés suivants sont susceptibles d'exister: XO, XO<sub>2</sub>, XO<sub>3</sub>

### Correction:

1) L'élément mystère correspond au Silicium. Il appartient au bloc p.

2) Le Silicium appartient à la troisième période donc  $n = 3$ .

De plus il appartient à la 14<sup>ème</sup> colonne donc sa configuration électronique est de la forme  $ns^2 np^2$ .

La configuration électronique du Silicium est donc:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

3)

| 2p       | 3s | 3p    | État fondamental | État excité | Interdit |
|----------|----|-------|------------------|-------------|----------|
| ↑↓ ↑↓ ↑↓ | ↑↓ | ↑ ↑   | +                |             |          |
| ↑↓ ↑↓ ↑↓ | ↑  | ↑ ↑ ↑ |                  | +           |          |
| ↑↓ ↑↓ ↑↓ | ↑↓ | ↑ ↑   | +                |             |          |
| ↑↓ ↑↓ ↑↓ | ↑↓ | ↑↑    |                  |             | +        |

Explications: On peut de suite voir que la dernière configuration est interdite car d'après le principe d'exclusion de Pauli, une même case quantique doit contenir au maximum 2 électrons de **spins opposés**.

Les configurations 1 et 3 correspondent à l'état fondamental (14 électrons), on a rempli les cases quantiques selon la règle de Hund, toutes les cases sont d'abord remplies par des spins parallèles.

La configuration 2 correspond à un état excité: la sous-couche 3p est à moitié remplie alors que la sous-couche 3s n'est pas encore saturée.

4) Le Silicium est susceptible de former l'anion Si<sup>-</sup>:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ .

Il est susceptible de former les cations: Si<sup>+</sup>, Si<sup>2+</sup>, Si<sup>3+</sup> et Si<sup>4+</sup>.

5) SiO<sub>2</sub> (la silice) est un composé qui existe (en effet il respecte la règle de l'octet).

De même SiO est susceptible d'exister alors que SiO<sub>3</sub> ne respecte pas la règle de l'octet (les atomes d'oxygène réalisent chacun une double liaison, ce qui correspond à un partage de 12

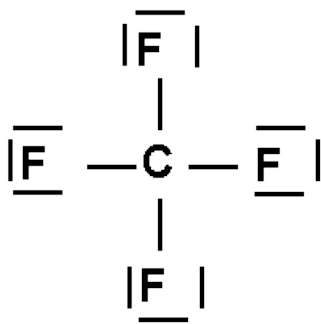
électrons alors que la couche externe du Silicium ne lui permet d'en partager que 8, le Silicium n'est pas hypervalent!).

#### Exercice 4: Représentation de Lewis

Connaissant les numéros atomiques du Carbone (6), de l'azote (7), de l'oxygène (8), du Fluor (9) et du Soufre (16), donner la représentation de Lewis des molécules suivante:  $\text{CF}_4$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{NO}_2$  et  $\text{CO}_3^{2-}$

#### Correction:

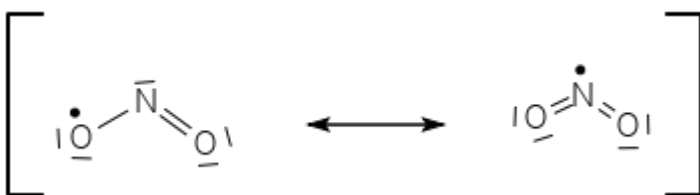
La représentation de Lewis doit respecter la règle de l'octet.



Le C réalise 4 liaisons (il est entouré de 4 doublets liants). Le F est un halogène, il réalise une liaison covalente avec le C et possède 3 doublets non liants pour respecter l'octet.

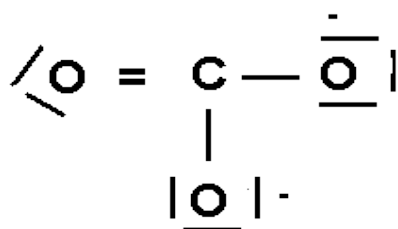


Le carbone forme une triple liaison avec l'azote qui possède un doublet non liant (pour respecter l'octet). L'existence du doublet non liant est également due au fait que le carbone ne peut pas réaliser plus de 4 liaisons (le carbone n'est pas hypervalent).



On observe ici un cas de mésomérie: la molécule réelle ne peut pas être décrite par une seule structure mais par plusieurs dites mésomères dont elle est la moyenne.

Il existe un électron célibataire (exception à la règle de l'octet).



2 des atomes d'oxygène portent une charge négative.

La double liaison peut être délocalisée sur les autres liaisons C-O (3 formes mésomères de même poids).

### Exercice 5: Représentation de Gillespie (VSEPR)

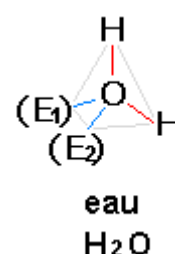
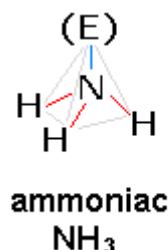
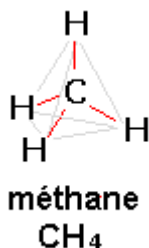
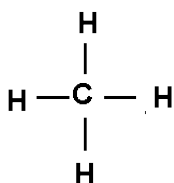
Pour chacun des composés suivants, donner la représentation de Lewis et indiquer le type de la molécule ainsi que sa géométrie selon la théorie VSEPR.

|   | H | C | N | O | F | P  | S  | Cl | Xe |
|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| Z | 1 | 6 | 7 | 8 | 9 | 15 | 16 | 17 | 54 |

- 1) CH<sub>4</sub>
- 2) H<sub>2</sub>O, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>
- 3) NO et NO<sub>2</sub>

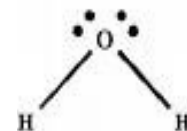
#### Correction:

1):



Le méthane a une géométrie de type AX<sub>4</sub> ou tétraédrique. L'angle entre chaque liaison vaut 109°28'.

2): La molécule d'eau a une géométrie de type AX<sub>2</sub>E<sub>2</sub>. H<sub>2</sub>O est donc une molécule coudée avec un angle H-O-H inférieur à 109°28' (104,5°).



3): N réalise une liaison triple avec O. On remarque que l'atome d'oxygène ne respecte pas la règle de l'octet et possède un électron célibataire.



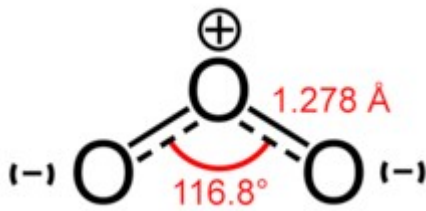
### Exercice 6: Molécule d'ozone

Deux observations expérimentales montrent que dans la molécule d'ozone, les deux liaisons oxygène-oxygène sont de même longueur (0,128 nm) et forment un angle de 117°.

- 1) Comment expliquez-vous ces observations sachant qu'une liaison simple O-O mesure 0,148 nm et une liaison O=O double mesure 0,121 nm?  
D'une manière générale, le nombre de liaisons dans une molécule est donné par la relation:  $l = (8n - a)/2$  où  $l$  est le nombre de liaisons dans la molécule,  $n$  le nombre d'atomes et  $a$  le nombre d'électron de Valence de l'ensemble des atomes liés.
- 2) Cette relation est-elle vérifiée dans le cas de l'ozone? Permet-elle de déterminer la géométrie de la molécule (essayer avec N<sub>3</sub><sup>-</sup> par exemple)?

## Correction:

1) Représentons l'ozone selon le modèle de Lewis :



L'ozone ne peut se construire qu'en faisant apparaître des charges formelles

On observe une délocalisation de la double liaison et des charges.

Les liaisons O-O sont donc des liaisons intermédiaires entre une double liaison et une simple liaison ce qui explique leur longueur:

$$0,148 > 0,128 > 0,121.$$

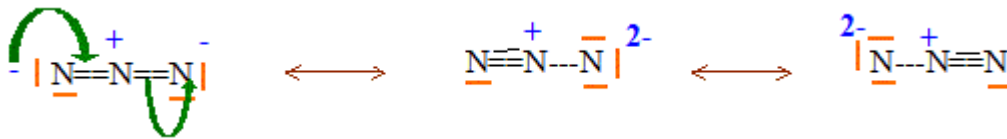
2) : Pour l'ozone:

$$l = (8 \cdot 3 - 6 \cdot 3) / 2 = 3 \text{ liaisons}$$

Cela ne permet pas de déterminer la géométrie de la molécule, en effet l'angle de la molécule (117°) est inférieur à 120° (valeur de l'angle pour une géométrie triangulaire), la molécule d'ozone est donc coudée à cause de la répulsion exercée par le doublet libre présent sur l'atome d'oxygène central.

Pour N<sub>3</sub><sup>-</sup>:

$$l = (8 \cdot 3 - 5 \cdot 3) / 2 = 4,5 \text{ liaisons}$$



**QCM 1:** Parmi les propositions suivantes, indiquer celle(s) qui est (sont) exacte(s)

- A- Le proton et l'électron ont sensiblement la même masse
- B- Le noyau atomique contient les nucléons
- C- Le noyau atomique contient les protons et les neutrons
- D- Les électrons forment la majorité de la masse de l'atome
- E- La dimension de l'atome est de l'ordre de 10<sup>-10</sup>m

**QCM 2:** Parmi les propositions suivantes, indiquer celle(s) qui est (sont) exacte(s)

- A. l est le nombre quantique magnétique
- B. Les valeurs de l sont comprises entre n-1 et n+1
- C. La combinaison n=3 et l=2 définit des orbitales 3p
- D. La combinaison n=2 et l=1 définit des orbitales 2p
- E. Les nombres quantiques l et m définissent les sous-couches

**QCM 3:** Combien d'électrons au maximum peut contenir la couche électronique n=4?

- A- 8
- B- 18
- C- 24

- D- 32
- E- 60

QCM 4: Parmi les propositions suivantes, indiquer celle(s) qui est (sont) exacte(s)

- A- Une liaison covalente résulte du recouvrement de deux orbitales atomiques
- B- Une liaison  $\sigma$  est plus forte qu'une liaison  $\pi$
- C- Une triple liaison entre deux atomes de C est constituée de 2 liaisons  $\sigma$  et d'une liaison  $\pi$
- D- Une liaison  $\pi$  résulte d'un recouvrement axial d'orbitales atomiques
- E- Une liaison  $\sigma$  peut être délocalisée sur plusieurs atomes

### Correction:

QCM 1: Parmi les propositions suivantes, indiquer celle(s) qui est (sont) exacte(s)

- A- **Le proton et l'électron ont sensiblement la même masse** (un électron est 1800 fois moins lourd qu'un proton;  $m_e = 0,911 \cdot 10^{-30} \text{kg}$  et  $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ )
- B- Le noyau atomique contient les nucléons (protons et neutrons)
- C- Le noyau atomique contient les protons et les neutrons
- D- **Les électrons forment la majorité de la masse de l'atome** (ce sont les nucléons)
- E- La dimension de l'atome est de l'ordre de  $10^{-10} \text{m}$

QCM 2: Parmi les propositions suivantes, indiquer celle(s) qui est (sont) exacte(s)

- A. **l est le nombre quantique magnétique** (l est le nombre quantique azimutal)
- B. **Les valeurs de l sont comprises entre n-1 et n+1** ( $0 < l < n+1$ )
- C. **La combinaison n=3 et l=2 définit des orbitales 3p** (définit les orbitales 3d)
- D. La combinaison n=2 et l=1 définit des orbitales 2p
- E. Les nombres quantiques l et m définissent les sous-couches

QCM 3: Combien d'électrons au maximum peut contenir la couche électronique n=4?

- A- 8
- B- 18
- C- 24
- D- **32** (une couche peut contenir jusqu'à  $2n^2$  électrons, soit  $2 \cdot 4^2 = 32!$ )
- E- 60

QCM 4: Parmi les propositions suivantes, indiquer celle(s) qui est (sont) exacte(s)

- A- Une liaison covalente résulte du recouvrement de deux orbitales atomiques
- B- Une liaison  $\sigma$  est plus forte qu'une liaison  $\pi$
- C- **Une triple liaison entre deux atomes de C est constituée de 2 liaisons  $\sigma$  et d'une liaison  $\pi$**  (2 liaisons  $\pi$  et une liaison  $\sigma$ )
- D- **Une liaison  $\pi$  résulte d'un recouvrement axial d'orbitales atomiques** (recouvrement latéral)
- E- **Une liaison  $\sigma$  peut être délocalisée sur plusieurs atomes** (c'est la liaison  $\pi$  qui peut être délocalisée sur plusieurs atomes!)

Ce document ainsi que l'intégralité des cours de P1 sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante: <http://coursplbichat-larib.weebly.com>

