

# De l'atome aux molécules

## Sommaire

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I Structure des éléments</b> . . . . .                          | <b>2</b>  |
| I/A Constitution des éléments . . . . .                            | 2         |
| I/B Tableau périodique des éléments . . . . .                      | 3         |
| <b>II Structure des molécules</b> . . . . .                        | <b>5</b>  |
| II/A Liaison covalente . . . . .                                   | 5         |
| II/B Représentation de LEWIS des molécules . . . . .               | 6         |
| II/C Écarts à l'octet et limites de LEWIS . . . . .                | 9         |
| <b>III Propriétés électrostatiques</b> . . . . .                   | <b>10</b> |
| III/A Électronégativité et moment dipolaire des liaisons . . . . . | 10        |
| III/B Géométrie et moment dipolaire des molécules . . . . .        | 12        |

## ☒ Capacités exigibles

- Déterminer, pour les éléments des blocs s et p, le nombre d'électrons de valence d'un atome à partir de la position de l'élément dans le tableau périodique.
- Citer les ordres de grandeur de longueurs et d'énergies de liaisons covalentes.
- Identifier les écarts à la règle de l'octet.
- Schéma de LEWIS d'une molécule ou d'un ion monoatomique ou d'un ion polyatomique pour les éléments des blocs s et p.
- Géométrie et polarité des entités chimiques, électronégativité ; liaison polarisée, moment dipolaire, molécule polaire.
- Associer qualitativement la géométrie d'une entité à une minimisation de son énergie.
- Comparer les électronégativités de deux atomes à partir de données ou de leurs positions dans le tableau périodique.
- Prévoir la polarisation d'une liaison à partir des électronégativités comparées des deux atomes mis en jeu.
- Relier l'existence ou non d'un moment dipolaire permanent à la structure géométrique donnée d'une molécule.
- Déterminer direction et sens du vecteur moment dipolaire d'une liaison ou d'une molécule de géométrie donnée.

## ✓ L'essentiel

### ☒ Définitions

|  |    |
|--|----|
| <input type="checkbox"/> AM1.1 : Répartition des électrons . . . . .           | 2  |
| <input type="checkbox"/> AM1.2 : Construction et repérage . . . . .            | 3  |
| <input type="checkbox"/> AM1.3 : Blocs du tableau . . . . .                    | 4  |
| <input type="checkbox"/> AM1.4 : Liaison covalente . . . . .                   | 5  |
| <input type="checkbox"/> AM1.5 : Représentation LEWIS molécule . . . . .       | 6  |
| <input type="checkbox"/> AM1.6 : Charge formelle . . . . .                     | 6  |
| <input type="checkbox"/> AM1.7 : Écarts à l'octet . . . . .                    | 9  |
| <input type="checkbox"/> AM1.8 : Électronégativité . . . . .                   | 10 |
| <input type="checkbox"/> AM1.9 : Charge partielle et %age d'ionicité . . . . . | 11 |
| <input type="checkbox"/> AM1.10 : Moment dipolaire . . . . .                   | 11 |
| <input type="checkbox"/> AM1.11 : Représentation de CRAM . . . . .             | 12 |
| <input type="checkbox"/> AM1.12 : Moment dipolaire d'une molécule . . . . .    | 13 |

### » Implications

|   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> AM1.1 : Représentations d'éléments . . . . . | 4 |
|---|---|

### ☒ Remarques

|  |    |
|--|----|
| <input type="checkbox"/> AM1.1 : (HP) Règle de remplissage . . . . . | 2  |
| <input type="checkbox"/> AM1.2 : Liaison covalente . . . . .         | 5  |
| <input type="checkbox"/> AM1.3 : Électronégativité . . . . .         | 11 |

### 🔧 Outils

|  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> AM1.1 : Charge formelle . . . . .         | 6 |
| <input type="checkbox"/> AM1.2 : Représentation de LEWIS . . . . . | 7 |

### ♥ Points importants

|   |    |
|---|----|
| <input type="checkbox"/> AM1.1 : Stabilité des éléments . . . . .           | 2  |
| <input type="checkbox"/> AM1.2 : Analyse des périodes . . . . .             | 3  |
| <input type="checkbox"/> AM1.3 : Analyse des familles . . . . .             | 3  |
| <input type="checkbox"/> AM1.4 : Position et valence blocs s et p . . . . . | 4  |
| <input type="checkbox"/> AM1.5 : Règle de l'octet et du duet . . . . .      | 6  |
| <input type="checkbox"/> AM1.6 : Bilan des structures communes . . . . .    | 7  |
| <input type="checkbox"/> AM1.7 : Écarts à l'octet . . . . .                 | 9  |
| <input type="checkbox"/> AM1.8 : Géométrie d'une molécule . . . . .         | 12 |
| <input type="checkbox"/> AM1.9 : $\vec{p}$ molécule symétrique . . . . .    | 13 |

### ⚠ Erreurs communes

|   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> AM1.1 : Position et valence . . . . .                  | 5 |
| <input type="checkbox"/> AM1.2 : Règle de l'octet vs. charge formelle . . . . . | 7 |

## I Structure des éléments

### I/A Constitution des éléments

#### Rappel AM1.1 : Atome, symbole, isotopes

L'atome est un constituant **neutre** de la matière, avec un **noyau central, positif, composé de nucléons**, et entouré d'un **nuage électronique, négatif, composé d'électrons**. Les nucléons sont de deux sortes :

◊ **les protons**, de charge  $+e$

◊ **les neutrons**, de charge nulle

Pour représenter un élément X de façon symbolique, on l'écrit  $\boxed{\text{ }}$ , avec

◊  $Z$  son **numéro atomique**, le nombre de **protons** ; il **caractérise un élément**

◊  $A$  le **nombre de nucléons/de masse** ; un même élément  $Z = x$  peut avoir différents  $A$  : ce sont des **isotopes**.

#### ♥ Définition AM1.1 : Répartition des électrons

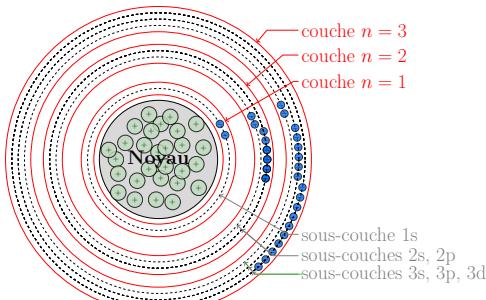


FIGURE AM1.1 – Répartition par couches.

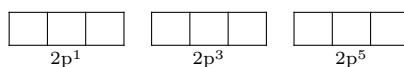
Les électrons se répartissent en **couches**, caractérisées par un **nombre principal  $n \geq 1$** . Celles-ci sont **décomposées en sous-couches**, caractérisées par un **nombre secondaire  $0 \leq \ell < n$**  auquel on associe une lettre :

TABLEAU AM1.1 – Places dans une sous-couche.

| $\ell$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|---|---|---|---|---|
| Lettre |   |   |   |   |   |
| Places |   |   |   |   |   |

#### Orbitales atomiques

Au sein des sous-couches, les électrons occupent des **orbitales atomiques (OA)**, chacune pouvant contenir **2 électrons** au maximum ; elles se remplissent en **privilégiant les électrons célibataires avant les doublets**. En représentant une OA par une case, et l'état des électrons par des flèches, on aura donc



#### Électrons de valence

Les éléments sont donc **intrinsèquement électriques**, et leurs interactions dépendent de leurs électrons. Parmi tous les électrons d'un élément, ceux qui sont le **plus susceptibles d'interagir** sont les **plus éloignés du noyau** : ce sont les **électrons de valence**. Pour  $Z \leq 18$ , ce sont **tous ceux de la dernière couche**.

#### Important AM1.1 : Stabilité des éléments

Les édifices les plus stables sont ceux dont la couche de valence se termine par une sous-couche **p totalement remplie**.

#### Remarque AM1.1 : (HP) Règle de remplissage

|     | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | $\ell$ |
|-----|----|----|----|----|----|--------|
| 1   | 1s |    |    |    |    |        |
| 2   | 2s | 2p |    |    |    |        |
| $n$ | 3s | 3p | 3d |    |    |        |
| 4   | 4s | 4p | 4d | 4f |    |        |
| 5   | 5s | 5p | 5d | 5f | 5g |        |

FIGURE AM1.2

Les électrons d'un atome remplissent les différentes sous-couches dans l'ordre des  $n + \ell$  croissants, en privilégiant les petits  $n$ . Pour  $Z \leq 18$ , cela revient à les remplir par  $n$  croissants. On peut cependant retrouver l'ordre exact à l'aide du **triangle de KLECHKOWSKI**.

Pour cela, on place les sous-couches dans un graphique avec  $\ell$  en abscisse et  $n$  en ordonnée : le remplissage suit la ligne verte de haut en bas, en diagonale. Ainsi, on trouve (et faut savoir retrouver) l'ordre de remplissage suivant :

1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p...

Voir [ce site](#) pour une animation interactive.

## I/B Tableau périodique des éléments

La classification largement acceptée est celle de Dmitri MENDELEÏEV, établie en 1869. Son idée révolutionnaire a été de **privilégier les propriétés physico-chimiques** par rapport aux classements par masse croissante. Il a ainsi créé l'unité des propriétés parmi les colonnes, et pensé à laisser des places vides. Cela a permis de prédire les propriétés de certains éléments pas encore connus à l'époque... et donc de les découvrir ! Version interactive : <https://ptable.com/>.

À ce jour, 118 éléments sont connus dont 94 sont naturels. Seuls 80 d'entre eux sont stables, les autres se désintègrent spontanément (et plus ou moins rapidement) par radioactivité. Voir ce tableau interactif.

### ♥ Définition AM1.2 : Construction et repérage

Dans le tableau périodique, les éléments chimiques sont rangés par **numéro atomique  $Z$  croissant**, mais découpé en **périodes et familles**, et de telle sorte à ce que les **atomes de même configuration de valence** soient **dans la même colonne**.

Une seule exception : l'hélium, de configuration électronique  $1s^2$ , est dans la colonne  $p^6$  avec tous les éléments ayant une couche externe complète, pour représenter sa stabilité.

- ◊ **Période** : ligne du tableau, correspondant au **plus grand nombre principal** de ses couches occupées.
- ◊ **Famille** : colonne du tableau, correspondant à une **même valence**, donc une **réactivité similaire**.

### Important AM1.2 : Analyse des périodes

On trouve le nombre d'éléments d'une période grâce à la règle de KLECHKOWSKI. Pour les 3 premières :

- ◊ 1ère période :
- ◊ 2ème période :
- ◊ 3ème période :

De plus, il faut connaître l'ordre des 3 premières périodes. On propose un moyen mnémotechnique :

◊ **Deuxième période** : **Lily Berçait Boris Chez Notre Oncle Florent Nestor**

◊ **Troisième période** : **Sodium Magnésium Aluminium Silicium Phosphore Soufre Chlore Argon Napoléon Mania Allègrement Six Pavés Sans Clamer d'Arcade**

### Important AM1.3 : Analyse des familles

- ◊ **Alcalins** :

▷ **Colonne** :

▷ **Valence** :

▷ **Comportement** :

- ◊ **Alcalino-terreux** :

▷ **Colonne** :

▷ **Valence** :

▷ **Comportement** :

- ◊ **Chalcogènes** :

▷ **Colonne** :

▷ **Valence** :

▷ **Comportement** :

- ◊ **Halogènes** :

▷ **Colonne** :

▷ **Valence** :

▷ **Comportement** :

- ◊ **Gaz nobles** :

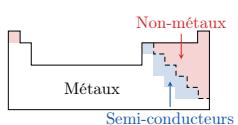
▷ **Colonne** :

- ▷ **Valence :**
- ▷ **Comportement :**

|     |    |    |    |   |   |    |    |
|-----|----|----|----|---|---|----|----|
|     |    |    |    |   |   |    |    |
|     |    |    |    |   |   |    |    |
| (H) |    |    |    |   |   |    | He |
| Li  | Be | B  | C  | N | O | F  | Ne |
| Na  | Mg | Al | Si | P | S | Cl | Ar |

FIGURE AM1.3 – Oxydants et réducteurs.

- ▷ **Métaux** : Ce n'est pas une famille à proprement parler : ils ne correspondent pas à une colonne particulière.
- ▷ Solides aux conditions usuelles de température et de pression (sauf le mercure).
- ▷ Électrons mobiles, donc **bons conducteurs électriques et thermiques**.
- ▷ Entre métaux et non-métaux, il y a les semi-conducteurs.



### ♥ Définition AM1.3 : Blocs du tableau

Un bloc est un **ensemble d'éléments de même sous-couche de valence**. Ils correspondent aux décrochages dans la structure du tableau. On distingue principalement :

- ▷ **Bloc s** : 2 premières colonnes (1 et 2) plus He ;      ▷ **Bloc p** : 6 dernières colonnes (13 à 18) sauf He.

|    |    |               |    |     |
|----|----|---------------|----|-----|
| 1  | H  | <b>Bloc s</b> | 2  | He  |
| 3  | Li | 4             | Be |     |
| 11 | Na | 12            | Mg |     |
| 19 | K  | 20            | Ca | 21  |
| 37 | Rb | 38            | Sr | 39  |
| 55 | Cs | 56            | Ba | 71  |
| 87 | Fr | 88            | Ra | 103 |
|    |    |               |    | 104 |
|    |    |               |    | 105 |
|    |    |               |    | 106 |
|    |    |               |    | 107 |
|    |    |               |    | 108 |
|    |    |               |    | 109 |
|    |    |               |    | 110 |
|    |    |               |    | 111 |
|    |    |               |    | 112 |
|    |    |               |    | 113 |
|    |    |               |    | 114 |
|    |    |               |    | 115 |
|    |    |               |    | 116 |
|    |    |               |    | 117 |
|    |    |               |    | 118 |

### Important AM1.4 : Position et valence blocs s et p

- ▷ On lit le nombre d'électrons de valence en comptant, dans une période, le nombre d'éléments en amont, en ignorant les autres blocs.
- ▷ Les éléments d'une même colonne ont le même nombre d'électrons de valence

### » Implication AM1.1 : Représentations d'éléments

On schématisé la capacité d'interaction d'un élément à l'aide de la **représentation de LEWIS** d'un atome. Pour  $Z \leq 18$ , on organise les électrons de valence autour des 4 « côtés » d'un élément, électron par électron, en privilégiant les électrons célibataires avant les doublets.

TABLEAU AM1.2 – Schémas de LEWIS sous-couches *s* et *p*.

| É. valence | Bloc s |   | Bloc p |   |   |   |   |   |
|------------|--------|---|--------|---|---|---|---|---|
|            | 1      | 2 | 3      | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Schéma     |        |   |        |   |   |   |   |   |
| Exemple    |        |   |        |   |   |   |   |   |

Attention, cette représentation est largement débattue et décriée : la structure d'un élément est grandement dépendante de son environnement. Cela reste un bon guide d'idée à avoir.

### ♥ Attention AM1.1 : Position et valence

- ◊ Ne pas confondre **colonne** et **valence** d'une part, et **position dans le bloc p** et **valence** d'autre part.
- ◊ S'il vous faut placer un élément de  $Z > 18$ , il faut savoir que les périodes 4 et 5 comptent **18 éléments** ; le bloc d, entre s et p, fait **10 colonnes** ( $18 - 6p - 2s$ ).

### Application AM1.1 : Position et valence

- 1 L'azote a pour numéro atomique  $Z_N = 7$ . Donner sa position dans le tableau périodique. En déduire son nombre d'électrons de valence.
- 2 Le carbone se situe à sa gauche. En déduire son nombre d'électrons de valence.
- 3 Le phosphore se situe juste en dessous de l'azote. En déduire son nombre d'électrons de valence.
- 4 Le germanium est le 14<sup>e</sup> élément de la 4<sup>e</sup> période. Donner son nombre d'électrons de valence.

1 ◊

◊

2

3

4

## II Structure des molécules

### II/A Liaison covalente

Les atomes cherchent la stabilité en **remplissant leur couche de valence**. Pour ce faire, ils peuvent **s'assembler par le biais de liaisons**, de différentes natures.

### ♥ Définition AM1.4 : Liaison covalente

### Remarque AM1.2 : Liaison covalente

- ◊ Les deux atomes ainsi liés sont alors à une plus faible distance que lorsqu'ils étaient séparés.
- ◊ Il se peut que le partage ne soit pas équitable et qu'un atome apport les deux électrons.
- ◊ Deux atomes peuvent mettre en commun plus de deux électrons : on a alors liaison multiple.

### Exemple AM1.1 : Liaisons covalentes classiques

· ·      ou      : :

### ♥ Propriété AM1.1 : Liaison covalente

Sur un graphe d'énergie potentielle, on a :

- ◊
- ◊
- ◊
- ◊ La **hauteur** depuis le fond du **puits** jusqu'à l'absence d'interaction correspond à l'**énergie de la liaison**, i.e. l'énergie à fournir pour séparer une mole du gaz correspondant.

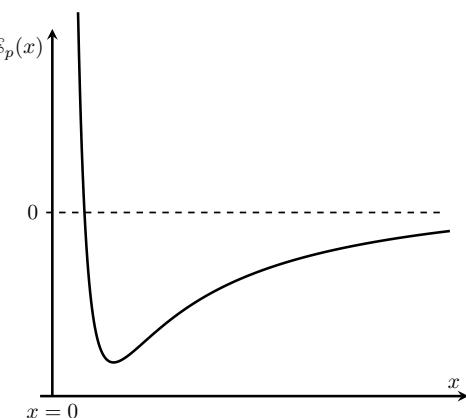


FIGURE AM1.4 –  $\epsilon_p$  d'interaction

Longueur de liaison

Énergie de liaison

### Ordre de grandeur AM1.1 : Liaisons covalentes

TABLEAU AM1.3 – Exemples de liaisons, longueur et énergies.

| Liaison                         | C–H | C–C | C–N | C–O | C–F | C–Cl | C=C | C=O |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| Longueur (pm)                   | 109 | 154 | 147 | 143 | 135 | 177  | 134 | 120 |
| Énergie (kJ·mol <sup>-1</sup> ) | 415 | 347 | 305 | 356 | 439 | 327  | 615 | 743 |

### Important AM1.5 : Règle de l'octet et du duet

Les atomes forment des molécules qui les stabilisent, en complétant leur couche de valence avec :

- ◊
- ◊

## II/B Représentation de LEWIS des molécules

### ♥ Définition AM1.5 : Représentation LEWIS molécule

Le schéma de LEWIS d'une molécule ou d'un ion polyatomique représente les atomes **à plat** avec **tous leurs électrons de valence**.

Un **tiret** représente un **doublet**, qui peut être **non-liant** si localisé sur un atome, et **liant** s'il est partagé entre deux atomes.

### Exemple AM1.2 : Représentations LEWIS molécules

Eau H<sub>2</sub>O :

Méthane CH<sub>4</sub> :

Diazote N<sub>2</sub> :

Dioxygène O<sub>2</sub> :

### Définition AM1.6 : Charge formelle

Lors de la formation de liaisons covalentes, il peut y avoir une **perte ou gain d'électrons** par rapport à l'**atome neutre**, représenté par une **charge formelle**, localisée sur l'atome en question dans le schéma de LEWIS.

### ♥ Outils AM1.1 : Charge formelle

Pour établir la charge formelle, on compte le nombre d'électrons qui entourent l'atome, puis on calcule :



Pour le décompte de  $L$ , on distingue les doublets :

◊ **Doublets liants**, qui comptent pour

◊ **Doublets non-liants**, qui comptent pour

#### Exemple AM1.3 : Charge formelle

Charge formelle sur l'oxygène dans  $\text{HO}^-$  :

Charge formelle sur l'azote dans  $\text{NH}_4^+$  :

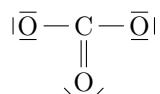
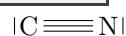
#### ⚠️ ❤️ Attention AM1.2 : Règle de l'octet vs. charge formelle

La règle de l'octet et la charge formelle ne fonctionnent pas de la même manière :

- ◊ pour respecter la **règle de l'octet**, un atome s'entoure de **4 doublets**, qui représentent donc **8 électrons** ;
- ◊ dans le décompte des électrons qui gravitent autour de lui pour la **charge formelle**, on compte les **électrons les plus proches**, donc un **doublet liant** est **1 seul électron**.

#### Application AM1.2 : Charges formelles

Placer les charges formelles sur :



1)

2)

#### Important AM1.6 : Bilan des structures communes

Hydrogène

Carbone

Azote

Oxygène

Halogènes



#### ❤️ Outils AM1.2 : Représentation de LEWIS

- 1 Compter le nombre total d'électrons de valence **sans oublier les charges formelles**, en déduire le nombre de doublets à placer ;

- 2 **Assembler** les atomes entre eux, en plaçant de préférence les atomes faisant le plus de liaisons au centre ;
- 3 **Placer** les doublets de façon à respecter l'octet :
  - ◊ on peut commencer par les DL simples et **combler le reste avec des DnL** ;
  - ◊ s'il y a trop de DnL on aura une liaison multiple.
- 4 **Ajouter** les charges formelles ;
- 5 **Vérifier** que chaque atome est entouré de 4 doublets, qu'il y a le bon nombre de doublet total, et que la charge totale est bonne.

### Application AM1.3 : Représentations de LEWIS

#### 1) Méthanal $\text{CH}_2\text{O}$ :

▷ Décompte des électrons :

→ H :  
→ C :  
→ O :  
→ Total :

▷ Méthode simple :

#### 2) Ion cyanure $\text{CN}^-$ :

▷ Décompte des électrons :

→ C :  
→ N :  
→ **Attention** :  
→ Total :

▷ Méthode simple :

▷ Charges formelles :

#### 3) Ion nitrate $\text{NO}_3^-$ :

▷ Décompte des électrons :

→  
→  
→  
→

▷ Méthode simple :

doublets disponibles. Il y a donc une liaison double N=O, et il reste 8DnL à placer sur les O restant puisque l'azote vérifie déjà l'octet, d'où :

puis

▷ Charges formelles :

## II/C Écarts à l'octet et limites de LEWIS

La règle de l'octet n'est pas toujours respectée, et le modèle de LEWIS n'englobe pas toutes les interactions. Il faut être capable d'identifier les écarts cités, mais il ne faut pas les connaître par cœur.

### Définition AM1.7 : Écarts à l'octet

#### Électrodéficience

Un atome ne pouvant pas s'entourer d'un doublet d'électrons est dit **électrodéficient**. Deux cas se présentent :

#### Composés lacunaires

#### Composés radicaux

#### Hypervalence

Lorsqu'un atome s'entoure de plus de 4 doublets d'électrons, on dit qu'il est **hypervalent**. Cette situation n'est possible qu'à partir de la 3ème période (OA d'ont des liaisons).

### Exemple AM1.4 : Écarts à l'octet

#### Électrodéficience

#### Hypervalence

### Important AM1.7 : Écarts à l'octet

TABLEAU AM1.4 – Possibilités d'interactions covalentes selon la période.

| Caractéristique       | 2 <sup>e</sup> période | 3 <sup>e</sup> période |
|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Octet : 8 é.          | Systématique           | Très souvent           |
| Lacune : < 8 é.       | Rare mais possible     | Rare mais possible     |
| Hypervalence : > 8 é. | <b>Impossible</b>      | Souvent                |

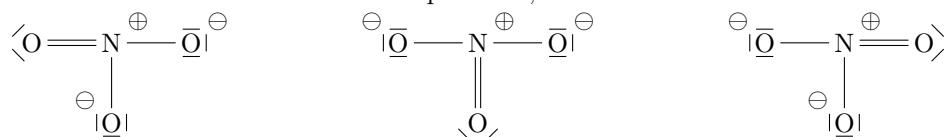
### Propriété AM1.2 : Limite du modèle de LEWIS

▷ Dans les cristaux, on observe un ordre à longue distance. La cohésion est assurée par **différentes interactions** dépendant des cristaux (forces intermoléculaires, liaison métallique, liaison ionique).

- ◊ Le modèle de LEWIS ne permet pas de connaître la géométrie des molécules, alors que celle-ci a beaucoup d'implications sur la chimie.
- ◊ Certaines propriétés, notamment magnétiques, ne peuvent pas être expliquées par ce modèle.
- ◊ Il existe également des liaisons intermédiaires entre la liaison double et la liaison simple : la réalité est une « moyenne » entre deux représentations de LEWIS.

#### Exemple AM1.5 : Limites au modèle de LEWIS

Les trois représentations de LEWIS ci-dessous sont possibles, et coexistent :



et la réalité est une moyenne des trois (notamment, chaque liaison est de longueur égale à la moyenne pondérée des liaisons C–O et C=O). C'est également le cas pour l'ozone :



## III Propriétés électrostatiques

### III/A Électronégativité et moment dipolaire des liaisons

Les édifices moléculaires sont par essence des **interactions entre particules chargées**. Il existe donc des champs électriques qui vont exercer des **forces de LORENTZ** et ils font donc partie intégrante des comportements entre molécules.

Le nombre d'électrons de valence seul ne permet pas de prédire toutes les évolutions des propriétés chimiques que l'on constate expérimentalement. Dans les molécules, les données expérimentales montrent que la **distribution de charge n'est pas symétrique** : certains atomes **retiennent plus leurs électrons de valence** que d'autres. Pour mesurer cette propriété, on définit l'électronégativité :

#### ♥ Définition AM1.8 : Électronégativité

On observe une tendance d'électronégativité en fonction de la position dans la classification :

#### ♥ Propriété AM1.3 : Évolution de l'électronégativité

Période

Famille

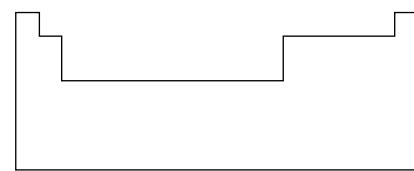


FIGURE AM1.5 – Évolution  $\chi$

#### ♥ Démonstration AM1.1 : Évolution de l'électronégativité

- ◊ Au sein d'une même période :

▷ À gauche,

▷ À droite,

- ◊ Au sein d'une même famille :

▷ En haut,

▷ En bas,

### Remarque AM1.3 : Électronégativité

- ◊ Évidemment, des exceptions persistent.
- ◊ Il existe différentes échelles d'électronégativité, mais elle vaut généralement entre 3 et 5 (pas d'unité).
- ◊ L'élément le plus électronégatif est le fluor ( $\chi = 3,98$  sur l'échelle de PAULING), le francium le moins électronégatif ( $\chi = 0,70$ ).

Le fait que certains atomes soient plus électronégatifs que d'autres implique que les liaisons covalentes ne répartissent pas équitablement les électrons du doublet liant ; en réalité, les atomes les **plus électronégatifs** s'entourent un peu **plus d'électrons** que les autres.

### ♥ Définition AM1.9 : Charge partielle et pourcentage d'ionicité

Des éléments **d'électronégativités différentes** attirent plus ou moins à eux les électrons de la liaison, faisant apparaître des **charges partielles**, inférieures à la charge élémentaire.

Les charges partielles sont d'autant plus grandes que les électronégativités sont différentes.

Une charge partielle a pour valeur

avec  $q$  la charge partielle,  $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$  la charge élémentaire, et  $\delta$  le **pourcentage d'ionicité**, et se représente avec la notation

$| \underline{\phantom{0}} |$

Ainsi, l'atome le plus électronégatif porte la charge  $-\delta e$  et le moins électronégatif la charge  $+\delta e$ . Pour représenter géométriquement le **champ électrique** créé par cette dissymétrie de charge, on introduit une grandeur vectorielle :

### ♥ Définition AM1.10 : Moment dipolaire

On appelle **moment dipolaire**  $\vec{p}$  (parfois  $\vec{\mu}$ ) d'une liaison le vecteur :

- ◊
- ◊
- ◊

Soit pour  $\chi_A > \chi_B$  :

### Unité

Le **C·m** en SI, ou en **Debye** D, tel que

$$1 \text{ D} = \frac{1}{3} \times 10^{-29} \text{ C} \cdot \text{m}$$

$| \underline{\phantom{0}} |$

### Exemple AM1.6 : Moments dipolaires

- ◊ Liaison O–H :  $\|\vec{p}\| = 1,51 \text{ D}$
- ◊ Liaison C–H :  $\|\vec{p}\| = 0,4 \text{ D}$  car  $\chi_C \approx \chi_H$  : on pourra considérer C–H comme **apolaire** la plupart du temps.

### Application AM1.4 : Pourcentage d'ionicité

TABLEAU AM1.5 – Calcul de  $\delta$  connaissant  $\ell$  et  $\|\vec{p}\|$ .

| Liaison | $\ \vec{p}\ $ (D) | $\ell$ (pm) | $\delta$ (%) |
|---------|-------------------|-------------|--------------|
| H–F     | 1,82              | 92          |              |
| H–Cl    | 1,08              | 127         |              |
| H–Br    | 0,79              | 142         |              |
| H–I     | 0,38              | 161         |              |

### III/B Géométrie et moment dipolaire des molécules

La répartition des atomes d'une molécule dans l'espace est une donnée précieuse. On observe une certaine diversité dans les agencement spatiaux qui fait partie de la diversité des interactions moléculaires. Animation interactive : [https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-shapes/latest/molecule-shapes\\_all.html?locale=fr](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-shapes/latest/molecule-shapes_all.html?locale=fr)

#### Observation AM1.1 : Géométrie de molécules

- 1)
- 2)
- 3)

#### Important AM1.8 : Géométrie d'une molécule

Pour représenter les molécules dans l'espace, on introduit une nouvelle représentation :

#### Définition AM1.11 : Représentation de CRAM

On représente une liaison simple de 3 manières différentes selon sa disposition dans l'espace :

- ◊ Une liaison **dans le plan** est encore représentée par un trait simple :
- ◊ Une liaison **en avant** du plan (« sortant du tableau ») est représentée par un **triangle creux (ou plein)** dont la base représente l'atome le plus proche : ou
- ◊ Une liaison **en arrière** du plan (« rentrant dans le tableau ») est représentée par un **triangle hachuré** dont la base représente l'atome le plus loin :

#### Exemple AM1.7 : CRAM du méthane

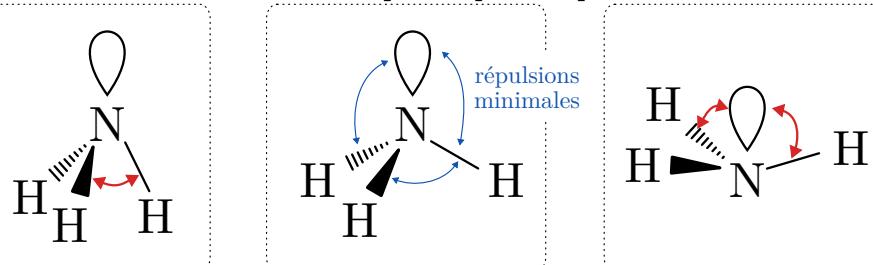
Ici, les deux liaisons C–H identiques sont dans le plan de la feuille, alors que la C–H du bas est dirigée vers nous et celle de gauche dirigée à l'opposé de nous. Cette structure est celle d'une pyramide à base triangulaire.

La régularité géométrique dans ces édifices est alors décrite par un modèle, le modèle VSEPR pour *Valence Shell Pair Electron Repulsion*, soit « Répulsion des paires d'électrons de valence ».

#### ♥ Propriété AM1.4 : Modèle VSEPR

Le modèle VSEPR repose sur l'utilisation des doublets liants et non-liants pour déterminer la répartition des liaisons dans l'espace. En effet, par leur localité,

**Les doublets non-liants sont plus répulsifs que les doublets liants.**



Ainsi, on étudie précisément la géométrie autour d'un atome A lié à  $n$  atomes X et porteur de  $p$  doublets non-liants ; on note alors cette géométrie  $AX_nE_p$ .

#### Exemple AM1.8 : Géométries VSEPR

La géométrie sera toujours donnée dans l'énoncé en français ; la signification de l'écrite  $AX_nE_p$  n'est pas à connaître, mais vous devez connaître leur nom et leur géométrie.

TABLEAU AM1.6 – Géométries VSEPR possibles.

| Linéaire | Trigonale plane | Coudée (1) | Tétraèdrique | Pyramide trigonale | Coudée (2) | Bipyramide trigonale | Octaédrique |
|----------|-----------------|------------|--------------|--------------------|------------|----------------------|-------------|
| $AX_2$   | $AX_3$          | $AX_2E_1$  | $AX_4$       | $AX_3E_1$          | $AX_2E_2$  | $AX_5$               | $AX_6$      |
| 180°     | 120°            | < 120°     | 109°5        | < 109°5            | < 109°5    | –                    | 90°         |

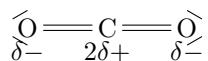
♥ **Définition AM1.12 : Moment dipolaire d'une molécule**

Dans une molécule, le moment dipolaire total est la **somme vectorielle** des moments dipolaires des liaisons covalentes la constituant :

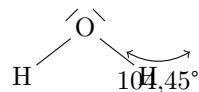
Une molécule est donc dite **polaire** si son moment dipolaire total n'est pas nul, **apolaire** sinon.

✎ **Application AM1.5 : Moments dipolaires de molécules**

◊ **Le  $CO_2$  :**



◊ **L'eau :** à partir de  $p_{O-H} = 1,51 \text{ D}$  et connaissant l'angle  $(\widehat{HOH}) = 104,45^\circ$ , calculer le moment dipolaire de l'eau



▷ **Méthode 1 :** on a

▷ **Méthode 2 :**

♥ **Important AM1.9 :  $\vec{p}$  molécule symétrique**

Par propriétés géométriques, une molécule à symétrie de rotation a un moment dipolaire nul.