

# Structure électronique des atomes

## III - Classification périodique des éléments

### III.1 - Principe de construction

- **Historique**

La première classification a été proposée par Dmitri Mendeleïev en 1869. À l'époque, 63 éléments étaient connus et des analogies de propriétés physico-chimiques (réactivité, changement d'état, etc.) avaient été notées. Mendeleïev a proposé un classement dans un tableau tel que les éléments y soient ordonnés par masse croissante et surtout que les éléments ayant des propriétés semblables soient rangés les uns au dessus des autres.

Le génie de Mendeleïev a été de faire primer les propriétés physico-chimiques sur le classement par masse croissante. Il a ainsi inversé la place de certains éléments pour maintenir 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 !

- **Aujourd'hui**

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.

Comme nous le comprendrons un peu mieux dans la suite du cours et dans le chapitre suivant, les propriétés de réactivité sont reliées à la configuration de valence des éléments. La construction moderne du tableau périodique repose donc sur les configurations électroniques.

Espace 1

Un schéma du tableau périodique indiquant ces principes de construction est donné figure 1. Une classification plus complète est donnée en dernière page de ce document, et un lien vers un tableau périodique interactif à consulter sans modération est donné sur le site de la classe.

#### Exercice C3 : Éléments voisins dans le tableau périodique

L'azote a pour numéro atomique  $Z_N = 7$ . Écrire sa configuration électronique. Dans le tableau périodique, il se trouve à droite du carbone et au dessus du phosphore. En déduire le numéro atomique et la configuration de ces deux éléments.

Espace 2

Ce principe de construction n'a qu'une seule exception, l'hélium (configuration électronique  $2s^2$ ) déplacé dans la colonne  $p^6$  avec tous les éléments qui ont une couche externe complète.

**Conséquence :** lorsque l'on passe d'une ligne à l'autre, le nombre quantique principal  $n$  augmente d'une unité.

↪ pour tous les éléments d'une même ligne, la valeur maximale du nombre quantique principal est la même.

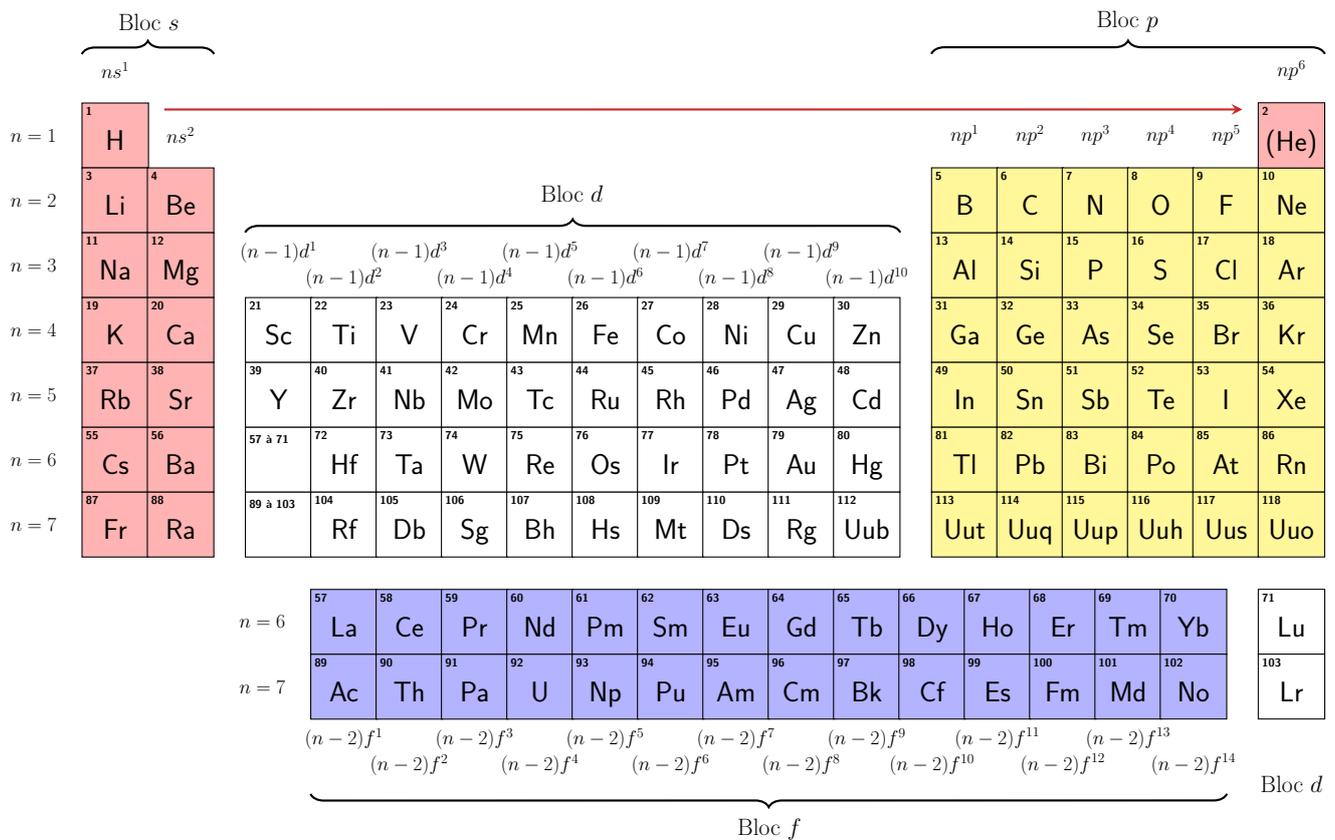
**Remarque :**

1s  
 2s 2p  
 3s 3p 3d  
 4s 4p 4d 4f  
 etc.

Cela ne signifie pas pour autant que la couche  $n = 3$  est totalement remplie avant de passer à la ligne 4, puisque les OA 4s sont remplies avant les OA 3d.

On appelle **bloc** du tableau périodique l'ensemble des éléments pour lesquels la sous-couche non-complètement remplie a la même valeur de  $\ell$ .

En pratique, les blocs correspondent aux décrochements dans la structure du tableau, voir figure 1.



**Figure 1 – Structure du tableau périodique.** La configuration de la sous-couche la plus externe de l'atome est indiquée en tête de chaque colonne. La valeur maximale de  $n$  est donnée à gauche de chaque ligne. Les différentes couleurs de fond sont associées aux différents blocs du tableau.

### III.2 - Analyse par période

On appelle **période** une ligne de la classification périodique. Tous les éléments d'une même période ont la même configuration de cœur, mais des configurations de valence différentes.

**Nombre d'éléments par période :** on raisonne comme toujours sur le triangle de Klechkowski.

1s Période 1 :  
 ↪  
 2s 2p Périodes 2 et 3 :  
 ↪  
 3s 3p 3d Périodes 4 et 5 :  
 ↪  
 4s 4p 4d 4f Périodes 4 et 5 :  
 ↪  
 etc. ↪

Pour retenir l'ordre des éléments des périodes 2 et 3 du tableau périodique (demandé par le programme de PTSI), on peut utiliser les phrases mnémotechniques « **L**ili **B**erçait **B**oris **C**hez **N**otre **O**ncle **F**lorent **N**estor » et « **N**apoléon **M**angeait **A**llègrement **S**ix **P**oulets **S**ans **C**laquer d'**A**rgent ». Attention dans la deuxième phrase, le dernier élément de la ligne est bien l'argon, pas l'argent.

### III.3 - Analyse par famille

#### a) Définition

On appelle **famille** une colonne de la classification périodique.  
Tous les éléments d'une même famille ont la même configuration de valence,  
mais des configurations de cœur différentes.

Conformément au mode de construction de Mendeleïev, les éléments d'une même famille ont des propriétés chimiques semblables : ces propriétés sont déterminées par la configuration de valence.

D'après le programme de PTSI, trois familles sont à connaître : vous devez savoir citer dans l'ordre les premiers éléments, leurs propriétés électroniques et leurs propriétés chimiques.

#### b) Famille des gaz nobles

Il s'agit de la colonne la plus à droite du tableau périodique : hélium, néon, argon, krypton, xénon, radon. Les gaz nobles se caractérisent par une sous-couche externe complètement remplie, ce qui leur confère une très grande stabilité. Ils sont donc quasiment inertes chimiquement : ils ne participent à aucune transformation.

#### c) Famille des halogènes

##### • Propriétés

Il s'agit de l'avant-dernière colonne du tableau périodique : fluor, chlore, brome, iode, astate. Leur configuration de valence est en  $np^5$ , il ne leur manque donc qu'un électron pour en avoir le même nombre que le gaz noble qui les suit et saturer leur couche de valence. En particulier, ils ont des facilités à former des anions chargés une fois ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ), et sont des oxydants forts.

##### • Mise en évidence expérimentale du caractère oxydant

**Rappel :** L'oxydoréduction est la famille des transformations chimiques par échange d'électrons. On appelle couple redox deux espèces chimiques se transformant l'une en l'autre par échange d'électron. L'oxydant est à même d'accepter des électrons, le réducteur d'en céder. Un oxydant peut réagir avec le réducteur d'un autre couple, mais pas avec un autre oxydant.

Comme il n'est pas possible d'isoler des atomes d'halogènes, montrons le caractère oxydant d'un dihalogène, le dibrome  $Br_2$ .

☠☠☠ **Attention !** Le dibrome est toxique et volatil et doit absolument être manipulé sous hotte.

▷ **Protocole :** On place dans un bécher un peu d'eau de brome, c'est-à-dire de dibrome  $Br_2$  liquide passé en solution aqueuse. On y ajoute quelques grains de limaille de fer solide.

Espace 3

▷ **Observation et analyse :**

Espace 4

▷ **Interprétation de l'expérience :**

Couples à considérer :  $Br_2/Br^-$  et  $Fe^{3+}/Fe$ . Raisonner sur  $Fe^{2+}$  ne change rien aux aspects qualitatifs.

Équation bilan de la réaction possible :

Espace 5

▷ **Conclusion :** Le changement de couleur observé indique que la transformation a lieu dans le sens indiqué. On en conclut que le dibrome a réagi en tant qu'oxydant.

**d) Famille des métaux alcalins**

- **Propriétés**

Il s'agit de la colonne la plus à gauche du tableau périodique, dont l'hydrogène est souvent mis à part : lithium, sodium, potassium, rubidium, césium. Leur configuration de valence est en  $ns^1$ , ils ont donc simplement un électron de plus par rapport au gaz noble qui les précède. Ils ont donc des facilités à former des cations chargés une fois ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), et sont des réducteurs forts.

- **Mise en évidence expérimentale du caractère réducteur**

Mettons en évidence le caractère réducteur du sodium métallique Na.

 **Attention !** Compte tenu de sa dangerosité (explosif), le sodium solide est conservé dans de l'éther de pétrole. Une couche d'oxydation se forme à sa surface, il est donc nécessaire de le frotter avec une spatule avant l'expérience.

▷ *Protocole* : On remplit d'eau un cristalliseur dans lequel on ajoute de la phénolphthaléine, qui se colore en rose en milieu basique. On y lâche un petit morceau de sodium solide.

Espace 6

▷ *Observations et analyse* :

Espace 7

▷ *Interprétation de l'expérience* :

Couples à considérer :  $\text{Na}_{(\text{aq})}^+/\text{Na}_{(\text{s})}$  et  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{liq})}/\text{H}_{2(\text{g})}$ .

Équation bilan de la réaction possible :

Espace 8

▷ *Conclusion* : Le changement de couleur de l'indicateur coloré vers sa teinte basique indique que la transformation a lieu dans le sens indiqué. On en conclut que le sodium métallique a réagi en tant que réducteur.

### III.4 - Détermination de la configuration d'un élément à partir de sa place dans le tableau périodique

Compte tenu du principe de construction du tableau périodique, la place d'un élément dans le tableau est donné par sa configuration électronique. Il est donc logique qu'on puisse en réciproque déterminer la configuration électronique d'un élément connaissant sa place dans le tableau.

#### Exercice C4 : Configuration de l'étain à partir de sa position dans la classification

L'étain Sn se trouve dans la deuxième colonne du bloc  $p$  et dans la cinquième période du tableau périodique. Déterminer sa configuration électronique.

Espace 9

**Exercice C5 : Configuration du titane à partir de sa position dans la classification**

Le titane Ti se trouve dans la deuxième colonne du bloc  $d$  et dans la quatrième période du tableau périodique. Déterminer sa configuration électronique.

Espace 10

Moralité :

Espace 11

## IV - Électronégativité

### IV.1 - Définition

- Définition qualitative

Espace 12

Quantitativement, l'électronégativité est décrite par un nombre  $\chi$  (« khi ») sans dimension. Plusieurs définitions sont possibles pour  $\chi$ , généralement compris entre 1 et 5.

- Exemple de définition quantitative : échelle de Pauling.

**Remarque :** D'après le programme, l'existence d'échelles quantitatives d'électronégativité doit être connue des étudiants, l'échelle de Pauling doit être présentée, mais sa définition n'est pas à connaître.

L'échelle d'électronégativité de Pauling repose sur la notion d'énergie de liaison. L'énergie  $D_{A-B}$  est définie comme étant l'énergie à fournir à une molécule diatomique AB gazeuse pour la dissocier en deux atomes gazeux selon l'équation microscopique



L'important est que cette énergie microscopique de liaison peut être directement reliée à des quantités mesurables expérimentalement à l'échelle macroscopique.

Linus Pauling a construit l'échelle d'électronégativité qui porte son nom à partir de l'observation que l'énergie d'une liaison A-B est supérieure à la moyenne géométrique des énergies des liaisons symétriques A-A et B-B,

$$\Delta = D_{A-B} - \sqrt{D_{A-A} D_{B-B}} > 0.$$

Il a alors proposé de définir la différence d'électronégativité entre A et B par

$$\Delta_{eV} = [\chi(A) - \chi(B)]^2.$$

L'électronégativité est un nombre sans dimension : la définition est posée en exprimant  $\Delta$  en électron-volt.

Néanmoins, cette définition ne donne accès qu'à la valeur absolue de la différence d'électronégativité entre deux éléments. Pour définir complètement l'échelle, il faut choisir un élément de référence. Pauling a choisi l'hydrogène, et posé par convention

$$\chi(H) = 2,20.$$

Le signe est attribué à partir d'arguments chimiques et de la signification qualitative de l'électronégativité.

Dans l'échelle de Pauling, l'élément le plus électronégatif est le fluor ( $\chi(F) = 3,98$ ) et l'élément le moins électronégatif est le francium ( $\chi(Cs) = 0,70$ ). L'électronégativité de certains éléments qui ne forment pas de liaison (en particulier les gaz nobles, mais aussi certains éléments très instables) n'est pas définie.

## IV.2 - Évolution au sein du tableau périodique

### • Au sein d'une même période

▷ Côté gauche du tableau :

Espace 13

▷ Côté droit :

Espace 14

À quelques exceptions près, cette conclusion peut se généraliser tant qu'on ne s'intéresse qu'aux blocs  $s$  et  $p$ . C'est un peu plus subtil dans le bloc  $d$ , où des effets de sous-couche à moitié remplie viennent mettre en défaut cette vision schématique.



Espace 15

| **Illustration** : Voir le tableau périodique interactif, lien sur le site de la classe.

### • Au sein d'une même famille

L'électronégativité des différents éléments peut être étudiée par l'intermédiaire de leur propriétés d'oxydoréduction : un élément très électronégatif a tendance à former des oxydants forts, et réciproquement. Pour illustration, on compare donc le pouvoir oxydant des différents dihalogènes, qui interviennent dans les couples de la forme  $X_2/X^-$  où  $X$  désigne au choix F, Cl, Br ou I.

En pratique, le difluor est un des composés les plus réactifs de toute la chimie et donne quasi-systématiquement des réactions explosives alors le dichlore est un gaz très toxique au point d'avoir été utilisé comme gaz de combat pendant la Première Guerre Mondiale. On se limite à la comparaison des propriétés redox du brome et de l'iode.

↪ comment savoir qui de  $Br_2$  ou  $I_2$  est l'oxydant le plus fort ?

▷ *Principe de l'expérience* :

Espace 16

▷ *Observations et analyse* :

▷ *Conclusion en termes de pouvoir oxydant :*

Espace 17

▷ *Conclusion en termes d'électronégativité :*

Espace 18

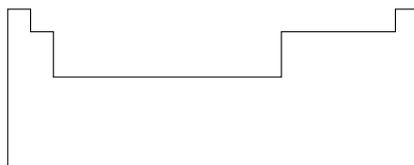
Espace 19.

À quelques exceptions près, cette conclusion peut se généraliser à la plupart des familles des blocs *s* et *p*. C'est à nouveau plus subtil dans le bloc *d*.

Espace 20

| *Illustration* : Voir le tableau périodique interactif, lien sur le site de la classe.

- **Bilan qualitatif**



# Classification périodique complète

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																					
IA		IIA		VIII										IIIA		IVA		VA		VIA		VIIA		VIIIA																																																																														
1 Hydrogène <b>H</b> 1s <sup>1</sup> 1,008 2,2	2 Lithium <b>Li</b> 1s <sup>2</sup> 2s <sup>1</sup> 6,941 1,0 9,012 1,6	3 Scandium <b>Sc</b> (Ar) 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> 44,956 1,4 47,880 1,5	4 Béryllium <b>Be</b> 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 9,012 1,6	5 Vanadium <b>V</b> (Ar) 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> 50,942 1,6 51,996 1,6	6 Chrome <b>Cr</b> (Ar) 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> 51,996 1,6 52,004 1,6	7 Manganèse <b>Mn</b> (Ar) 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> 54,938 1,6 55,847 1,6	8 Fer <b>Fe</b> (Ar) 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> 55,847 1,6 55,847 1,6	9 Cobalt <b>Co</b> (Ar) 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> 58,933 1,9 58,933 1,9	10 Nickel <b>Ni</b> (Ar) 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> 58,933 1,9 58,933 1,9	11 Cuivre <b>Cu</b> (Ar) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> 63,546 1,8 63,546 1,8	12 Zinc <b>Zn</b> (Ar) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 65,390 1,6 65,390 1,6	13 Aluminium <b>Al</b> (Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> 26,982 1,6 28,086 1,9	14 Silicium <b>Si</b> (Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> 28,086 1,9 28,086 1,9	15 Phosphore <b>P</b> (Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> 30,974 2,2 30,974 2,2	16 Sulfure <b>S</b> (Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 32,066 2,6 32,066 2,6	17 Chlore <b>Cl</b> (Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> 35,453 3,2 35,453 3,2	18 Argon <b>Ar</b> (Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 39,948 3,2 39,948 3,2	19 Potassium <b>K</b> (Ar) 4s <sup>1</sup> 39,098 0,8 40,080 1,0	20 Calcium <b>Ca</b> (Ar) 4s <sup>2</sup> 40,080 1,0	21 Scandium <b>Sc</b> (Ar) 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> 44,956 1,4 47,880 1,5	22 Titane <b>Ti</b> (Ar) 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> 47,880 1,5 47,880 1,5	23 Vanadium <b>V</b> (Ar) 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> 50,942 1,6 51,996 1,6	24 Chrome <b>Cr</b> (Ar) 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> 51,996 1,6 52,004 1,6	25 Manganèse <b>Mn</b> (Ar) 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> 54,938 1,6 55,847 1,6	26 Fer <b>Fe</b> (Ar) 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> 55,847 1,6 55,847 1,6	27 Cobalt <b>Co</b> (Ar) 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> 58,933 1,9 58,933 1,9	28 Nickel <b>Ni</b> (Ar) 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> 58,933 1,9 58,933 1,9	29 Cuivre <b>Cu</b> (Ar) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> 63,546 1,8 63,546 1,8	30 Zinc <b>Zn</b> (Ar) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 65,390 1,6 65,390 1,6	31 Gallium <b>Ga</b> (Ar) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> 69,720 1,8 69,720 1,8	32 Germanium <b>Ge</b> (Ar) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> 72,640 1,8 72,640 1,8	33 Arsenic <b>As</b> (Ar) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> 74,922 2,2 74,922 2,2	34 Sélénium <b>Se</b> (Ar) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> 78,960 2,1 78,960 2,1	35 Brome <b>Br</b> (Ar) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> 79,904 3,0 79,904 3,0	36 Krypton <b>Kr</b> (Ar) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> 83,800 3,0 83,800 3,0	37 Yttrium <b>Y</b> (Kr) 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> 88,905 1,2 91,220 1,3	38 Strontium <b>Sr</b> (Kr) 5s <sup>2</sup> 87,620 1,0	39 Zirconium <b>Zr</b> (Kr) 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> 91,224 1,3 91,224 1,3	40 Niobium <b>Nb</b> (Kr) 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> 92,906 1,6 95,940 2,2	41 Molibdène <b>Mo</b> (Kr) 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> 95,940 2,2 97,907 2,2	42 Ruthénium <b>Ru</b> (Kr) 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> 101,070 2,2 101,070 2,2	43 Rhodium <b>Rh</b> (Kr) 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> 101,070 2,2 101,070 2,2	44 Ruthénium <b>Ru</b> (Kr) 4d <sup>7</sup> 5s <sup>2</sup> 101,070 2,2 101,070 2,2	45 Rhodium <b>Rh</b> (Kr) 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> 101,070 2,2 101,070 2,2	46 Palladium <b>Pd</b> (Kr) 4d <sup>10</sup> 5s <sup>0</sup> 106,400 2,2 106,400 2,2	47 Argent <b>Ag</b> (Kr) 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> 107,868 2,2 107,868 2,2	48 Cadmium <b>Cd</b> (Kr) 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 112,410 1,7 112,410 1,7	49 Indium <b>In</b> (Kr) 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup> 114,818 1,8 114,818 1,8	50 Étain <b>Sn</b> (Kr) 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> 118,710 1,8 118,710 1,8	51 Antimoine <b>Sb</b> (Kr) 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup> 121,757 2,0 121,757 2,0	52 Tellure <b>Te</b> (Kr) 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup> 127,603 2,1 127,603 2,1	53 Iode <b>I</b> (Kr) 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup> 126,905 2,7 126,905 2,7	54 Xénon <b>Xe</b> (Kr) 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup> 131,29 2,2 131,29 2,2	55 Césium <b>Cs</b> (Xe) 6s <sup>1</sup> 132,905 0,8 137,330 0,9	56 Baryum <b>Ba</b> (Xe) 6s <sup>2</sup> 137,33 0,9	57 Lanthane <b>La</b> (Xe) 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 138,905 1,1 140,120 1,1	58 Cérium <b>Ce</b> (Xe) 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 140,12 1,1 140,907 1,1	59 Praséodyme <b>Pr</b> (Xe) 4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> 140,907 1,1 140,907 1,1	60 Néodyme <b>Nd</b> (Xe) 4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> 144,24 1,1 144,24 1,1	61 Prométhium <b>Pm</b> (Xe) 4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> ? 145,0 1,1 145,0 1,1	62 Samarium <b>Sm</b> (Xe) 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 150,36 1,2 151,960 ? 151,960 ?	63 Europium <b>Eu</b> (Xe) 4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> 151,96 1,2 151,96 1,2	64 Gadolinium <b>Gd</b> (Xe) 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 157,25 1,2 157,25 1,2	65 Terbium <b>Tb</b> (Xe) 4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup> 158,925 1,2 158,925 1,2	66 Dysprosium <b>Dy</b> (Xe) 4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 162,50 1,2 162,50 1,2	67 Holmium <b>Ho</b> (Xe) 4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup> 164,930 1,2 164,930 1,2	68 Erbium <b>Er</b> (Xe) 4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup> 167,26 1,2 167,26 1,2	69 Thulium <b>Tm</b> (Xe) 4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup> 168,934 1,2 168,934 1,2	70 Ytterbium <b>Yb</b> (Xe) 4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup> 173,04 1,1 173,04 1,1	71 Lanthane <b>La</b> (Xe) 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 138,905 1,1 140,120 1,1	72 Cérium <b>Ce</b> (Xe) 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 140,120 1,1 140,907 1,1	73 Actinium <b>Ac</b> (Rn) 4f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 227,03 1,1 227,03 1,1	74 Thorium <b>Th</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 232,038 1,3 232,038 1,3	75 Protactinium <b>Pa</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 231,036 1,3 231,036 1,3	76 Uranium <b>U</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 238,028 1,4 238,028 1,4	77 Néptunium <b>Np</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 237,048 1,4 237,048 1,4	78 Plutonium <b>Pu</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 244,064 1,3 244,064 1,3	79 Américium <b>Am</b> (Rn) 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 243,061 1,3 243,061 1,3	80 Curium <b>Cm</b> (Rn) 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 247,07 1,3 247,07 1,3	81 Berkélium <b>Bk</b> (Rn) 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 247,07 1,3 247,07 1,3	82 Californium <b>Cf</b> (Rn) 5f <sup>10</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 251,08 1,3 251,08 1,3	83 Einsteinium <b>Es</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 254,088 1,3 254,088 1,3	84 Fermium <b>Fm</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 257,10 1,3 257,10 1,3	85 Mendelevium <b>Md</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 258,10 1,3 258,10 1,3	86 Nobélium <b>No</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 259,10 1,3 259,10 1,3	87 Francium <b>Fr</b> (Rn) 7s <sup>1</sup> 223 0,7 226,020 0,9	88 Radium <b>Ra</b> (Rn) 7s <sup>2</sup> 226 0,9	89 Actinium <b>Ac</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 227,03 1,1 227,03 1,1	90 Thorium <b>Th</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 232,038 1,3 232,038 1,3	91 Protactinium <b>Pa</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 231,036 1,3 231,036 1,3	92 Uranium <b>U</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 238,028 1,4 238,028 1,4	93 Néptunium <b>Np</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 237,048 1,4 237,048 1,4	94 Plutonium <b>Pu</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 244,064 1,3 244,064 1,3	95 Américium <b>Am</b> (Rn) 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 243,061 1,3 243,061 1,3	96 Curium <b>Cm</b> (Rn) 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 247,07 1,3 247,07 1,3	97 Berkélium <b>Bk</b> (Rn) 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 247,07 1,3 247,07 1,3	98 Californium <b>Cf</b> (Rn) 5f <sup>10</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 251,08 1,3 251,08 1,3	99 Einsteinium <b>Es</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 254,088 1,3 254,088 1,3	100 Fermium <b>Fm</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 257,10 1,3 257,10 1,3	101 Mendelevium <b>Md</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 258,10 1,3 258,10 1,3	102 Nobélium <b>No</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 259,10 1,3 259,10 1,3	103 Lawrencium <b>Lw</b> (Rn) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 260 ?

I. U. T. - Département de Chimie – Cours & Travaux Dirigés de Chimie Générale (IICG2) - Première année.

Robert VALLS - septembre 2011.