

# L1-S1 - CHIM 110 - ATOMES ET MOLECULES - CONTROLE CONTINU

**DUREE : 45 minutes**

**Questionnaire à choix multiple mais à réponse unique. Vous devez choisir la bonne réponse parmi les cinq propositions qui vous sont faites.**

## CORRIGE

### DONNEES

#### Constantes d'écran de Slater

1s	0,3										
2s 2p	0,85	0,35									
3s 3p	1	0,85	0,35								
3d	1	1	1	0,35							
4s 4p	1	1	0,85	0,85	0,35						
4d	1	1	1	1	1	0,35					
4f	1	1	1	1	1	1	0,35				
5s 5p	1	1	1	1	0,85	0,85	0,85	0,35			
5d	1	1	1	1	1	1	1	1	0,35		
5f	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,35	
6s 6p	1	1	1	1	1	1	1	0,85	0,85	0,85	0,35
	1s	2s 2p	3s 3p	3d	4s 4p	4d	4f	5s 5p	5d	5f	6s 6p

Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Constante de Rydberg	$R_H = 1,096 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
Constante de Planck	$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
Charge élémentaire	$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Energie d'ionisation de l'hydrogène	$E^0 = 13,6 \text{ eV} = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 1312 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

**QUESTION 1** : (2 points) Pour l'atome de numéro atomique  $Z = 42$ , la configuration électronique peut s'écrire :

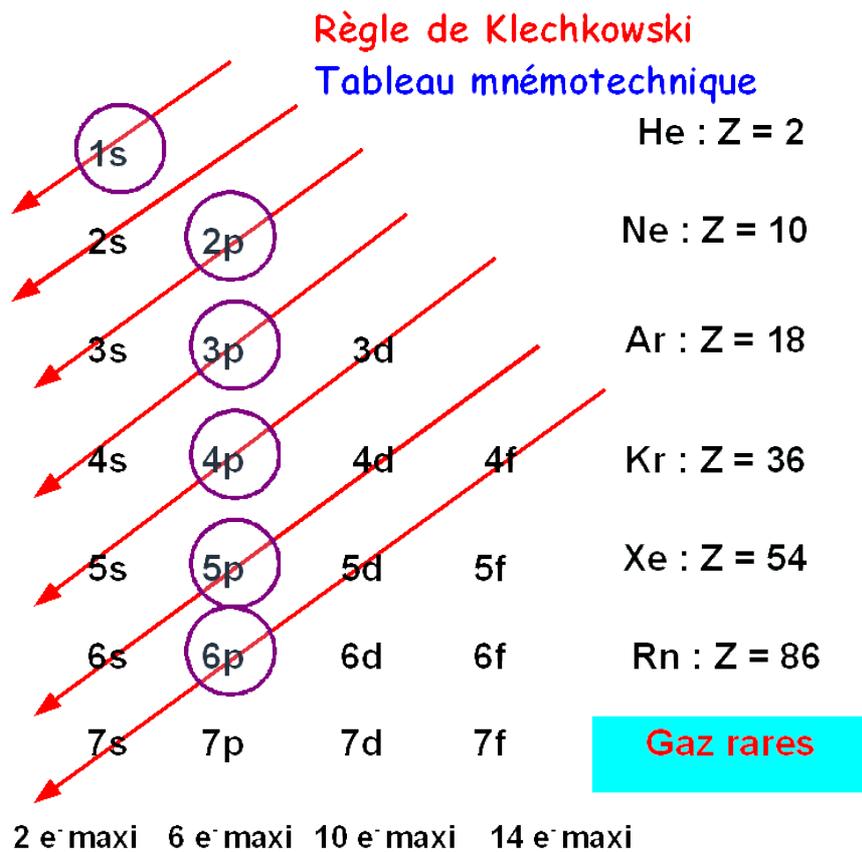
Réponse A :  $(\text{Kr}) 5s^2 5p^4$

Réponse B :  $(\text{Kr}) 4s^2 4p^4$

Réponse C :  $(\text{Kr}) 3d^4 4s^2$

**Réponse D :  $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^{18} \text{N}^{12} \text{O}^2$**

Réponse E :  $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^{18} \text{N}^{14}$



$$Z = 42 = 36 + 6 = (\text{Kr}) + 6$$

$(\text{Kr}) 5s^2 4d^4$

**$(\text{Kr}) 4d^4 5s^2$**

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^4 5s^2$

**$\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^{18} \text{N}^{12} \text{O}^2$**

**Réponse D :  $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^{18} \text{N}^{12} \text{O}^2$**

**QUESTION 2 : (2 points)** Pour un électron de valence de l'atome de numéro atomique  $Z = 33$ , la charge nucléaire effective de Slater  $Z^*$  est :

Réponse A :  $Z^* = 4,55$

Réponse B :  $Z^* = 3,3$

Réponse C :  $Z^* = 7,5$

**Réponse D :  $Z^* = 6,3$**

Réponse E :  $Z^* = 8,45$

$$Z = 33 = 18 + 15 = (\text{Ar}) + 15 = (\text{Ar}) 4s^2 3d^{10} 4p^3 = (\text{Ar}) 3d^{10} 4s^2 4p^3$$

groupe	1s	2s 2p	3s 3p	3d	4s 4p
Effet d'écran sur 4s 4p	1	1	0,85	0,85	0,35
Nombre d'électron total	2	8	8	10	5

$$Z^* = 33 - (10 * 1) - (18 * 0,85) - (4 * 0,35) = 6,3$$

**Réponse D :  $Z^* = 6,3$**

**QUESTION 3 : (4 points)** Par utilisation du modèle de Slater, évaluer l'énergie de troisième ionisation de l'atome Na de numéro atomique  $Z = 11$ . On trouve :

Réponse A :  $E.I3 = 96,5 \text{ eV}$

**Réponse B :  $E.I3 = 71,3 \text{ eV}$**

Réponse C :  $E.I3 = 87,8 \text{ eV}$

Réponse D :  $E.I3 = 14,2 \text{ eV}$

Réponse E :  $E.I3 = 25,6 \text{ eV}$

$$Z=11 = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$$

Na	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	
$\text{Na}^+$	$1s^2 2s^2 2p^6$	
$\text{Na}^{2+}$	$1s^2 2s^2 2p^5$	$2 E_1 + 7 E_2$
$\text{Na}^{3+}$	$1s^2 2s^2 2p^4$	$2 E_1 + 6 E'_2$
$\text{Na}^{3+}$	$1s^2 2s^2 2p^3$	

**Troisième ionisation** : passage de  $\text{Na}^{2+}$  à  $\text{Na}^{3+}$

$$E_{I3} = E_{\text{Na}^{3+}} - E_{\text{Na}^{2+}}$$

$$E_{I3} = 6 E'_2 - 7 E_2$$

$$E_n = -E_0 Z^{*2} / n^2$$

**Calcul de  $E_2$  :**

$$Z^* = 11 - (6 * 0,35) - (2 * 0,85) = 7,2$$

$$E_2 = -176,3 \text{ eV}$$

**Calcul de  $E'_2$  :**

$$Z^* = 11 - (5 * 0,35) - (2 * 0,85) = 7,2 + 0,35 = 7,55$$

$$E_2 = -193,8 \text{ eV}$$

**Calcul de  $E_{I3}$  :**

$$E_{I3} = (6 * -176,3) - (7 * -193,8) = 71,3 \text{ eV}$$

**Réponse B :  $E_{I3} = 71,3 \text{ eV}$**

**QUESTION 4 : (2 points)** Un des atomes suivants possède une énergie de première ionisation anormalement élevée, par comparaison avec l'énergie calculée dans le modèle de Slater. Lequel ?

**Réponse A :** Bore (  $Z = 5$  )

**Réponse B :** Carbone (  $Z = 6$  )

**Réponse C :** Azote (  $Z = 7$  )

**Réponse D :** Oxygène (  $Z = 8$  )

**Réponse E :** Fluor (  $Z = 9$  )

Une énergie d'ionisation anormalement élevée correspond à une ionisation particulièrement difficile, l'atome de départ doit donc être très stable, sa couche de valence doit donc comporter soit une sous-couche totalement remplie, soit une sous-couche à moitié remplie. Parmi les atomes qui nous intéressent ici, seul l'azote est dans ce cas avec sa configuration  $2s^2 2p^3$  et sa sous-couche p à moitié remplie.

**Réponse C : Azote (  $Z = 7$  )**

**QUESTION 5 : (2 points)** Il existe quatre isotopes différents de l'élément Scandium ( $Z = 21$ ) notés  $^{44}\text{Sc}$ ,  $^{45}\text{Sc}$ ,  $^{46}\text{Sc}$  et  $^{47}\text{Sc}$ . Un seul de ces isotopes est stable, les trois autres sont radioactifs. On donne la masse molaire atomique du Scandium qui est de  $44,95 \text{ g.mol}^{-1}$ . Choisir l'unique proposition exacte concernant la stabilité ou le type de radioactivité des quatre isotopes.

	$^{44}\text{Sc}$	$^{45}\text{Sc}$	$^{46}\text{Sc}$	$^{47}\text{Sc}$
<b>Réponse A</b>	$\beta^+$	$\beta^-$	stable	$\beta^+$
<b>Réponse B</b>	$\beta^-$	stable	$\beta^+$	$\beta^+$
<b>Réponse C</b>	$\beta^-$	$\beta^-$	stable	$\beta^+$
<b>Réponse D</b>	$\beta^-$	stable	$\beta^+$	$\beta^+$
<b>Réponse E</b>	$\beta^+$	stable	$\beta^-$	$\beta^-$

La masse molaire très proche de 45 nous donne la nature de l'isotope stable.  $^{45}\text{Sc}$   
Les isotopes  $^{46}\text{Sc}$  et  $^{47}\text{Sc}$  qui « contiennent » des neutrons excédentaires par rapport à  $^{45}\text{Sc}$  vont chercher à se stabiliser en transformant un neutron en proton, ce seront donc des émetteurs  $\beta^-$ .

L'isotope  $^{44}\text{Sc}$  qui « contient » un neutron de moins par rapport à  $^{45}\text{Sc}$  va chercher à se stabiliser en transformant un neutron en proton, ce sera donc un émetteur  $\beta^+$ .

### Réponse E

**Remarque** : Les réponses B et D étant identiques, elles étaient obligatoirement inexactes et il suffisait donc d'identifier l'isotope stable pour trouver la solution.

**QUESTION 6 : (3 points) L'électron de l'atome d'Hydrogène en « retombant » de son niveau  $n = 6$  à son niveau  $n = 3$ , émet un photon de longueur d'onde :**

**Réponse A** :  $\lambda = 4800 \text{ nm}$

**Réponse B** :  $\lambda = 109,5 \text{ nm}$

**Réponse C** :  $\lambda = 1095 \text{ nm}$

**Réponse D** :  $\lambda = 480 \text{ nm}$

**Réponse E** :  $\lambda = 5950 \text{ nm}$

**Formule de Balmer-Rydberg :**

$$1 / \lambda = R_H (1/n^2 - 1/p^2)$$

$$1 / \lambda = 1,096 \cdot 10^7 (1/9 - 1/36) = 913333 \text{ m}^{-1}$$

$$\lambda = 1095 \text{ nm}$$

**Méthode générale :**

$$\Delta E = E_p - E_n = -E^0/p^2 + E^0/n^2 = E^0 (1/n^2 - 1/p^2)$$

$$\Delta E = h \nu = h C / \lambda$$

$$1 / \lambda = \Delta E / hC = (E^0 / h / C) * (1/n^2 - 1/p^2)$$

$$(E^0 / h / C) = 2,18 \cdot 10^{-18} / 6,62 \cdot 10^{-34} / 3 \cdot 10^8 = 1,098 \cdot 10^7$$

$$1 / \lambda = 1,098 \cdot 10^7 (1/9 - 1/36) = 915000 \text{ m}^{-1}$$

$$\lambda = 1093 \text{ nm}$$

Au arrondi près (valeurs de C, h et  $E^0$ ) on obtient bien la même valeur.

**Réponse C** :  $\lambda = 1095 \text{ nm}$

**QUESTION 7 : (1 point) Pour un électron du niveau de la sous-couche 4d, les valeurs des quatre nombres quantiques n, l, m et s peuvent être :**

	n	l	m	s
<b>Réponse A</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b><math>-2 \leq m \leq 2</math></b>	<b><math>-1/2</math></b>
<b>Réponse B</b>	4	$0 \leq l \leq 3$	$-3 \leq m \leq 3$	+1/3
<b>Réponse C</b>	5	3	$-3 \leq m \leq 2$	+1/2
<b>Réponse D</b>	4	2	$-3 \leq m \leq 3$	-1/2
<b>Réponse E</b>	4	4	$0 \leq m \leq 3$	+1/2

Couche 4 donc  $n = 4$

$0 \leq l \leq n - 1$

$l = 0 : s ; l = 1 : p ; l = 2 : d ; l = 3 : f \dots$

Ici sous-couche d donc  $l = 2$

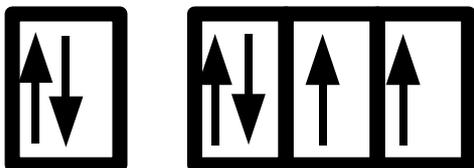
$-l \leq m \leq +l$

Ici  $-2 \leq m \leq +2$

$s = +/- 1/2$

**Réponse A**

**QUESTION 8 : (2 points) A quelle colonne de la classification l'élément dont le schéma de Lewis est le suivant appartient-il ?**



**Réponse A : Colonne 17**

**Réponse B : Colonne 16**

**Réponse C : Colonne 15**

**Réponse D : Colonne 14**

**Réponse E : Colonne 13**

Configuration  $s^2 p^4 =$  Colonne 16

**Réponse B**

**QUESTION 9 : (2 points) Classer les atomes suivants par ordre croissant de leur rayon atomique : C (Z=6) - O (Z=8) - Mg (Z=12) - Si (Z=14)**

**Réponse A :  $R_{Mg} < R_C < R_O < R_{Si}$**

**Réponse B :  $R_C < R_{Mg} < R_O < R_{Si}$**

**Réponse C :  $R_C < R_O < R_{Mg} < R_{Si}$**

**Réponse D :  $R_C < R_{Si} < R_{Mg} < R_O$**

**Réponse E :  $R_O < R_C < R_{Si} < R_{Mg}$**

Le rayon atomique varie comme  $n^2/Z^*$

Sur une ligne  $Z^*$  augmente régulièrement de gauche à droite et n reste constant, le rayon diminue donc de gauche à droite sur une même ligne de la classification.

Sur une colonne  $Z^*$  augmente très légèrement de haut en bas puis devient rapidement constant; tandis que n augmente de une unité à chaque ligne. L'effet d'augmentation rapide de n (puissance 2) l'emporte sur la très légère augmentation de  $Z^*$ . Le rayon augmente donc de haut en bas sur une même colonne de la classification.

C et O sont sur la même ligne 2 avec O à droite de C :  $R_C > R_O$

Mg et Si sont sur la même ligne 3, avec Si à droite de Mg :  $R_{Mg} > R_{Si}$

C et Si sont dans la même colonne 14 avec C au dessus de Si :  $R_{Si} > R_C$

**Réponse E :  $R_O < R_C < R_{Si} < R_{Mg}$**