



Mémoire de fin d'études

PRESENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE : Master

Filière : Physique
Option : Physique des Matériaux

THÈME :

Base de donnée des rapports d'intensité $\frac{K_{\beta}}{K_{\alpha}}$
des éléments atomiques $11 \leq Z \leq 96$

Préparé par : Tehami Ilhem

Soutenu le : 21/06/2018

Devant le jury :

Président :	KHALFALLAH Farid	MCA	Université de BBA
Rapporteur :	DAOUDI Salim	MCA	Université de BBA
Co-encadreur :	KAHOUL Abdelhalim	Professeur	Université de BBA
Examinateur :	MOULA Baghdadi	MCB	Université de BBA
Examinateur :	SAHNOUNE Yassine	MAA	Université de BBA

Année Universitaire 2017-2018

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mes Directeurs de mémoire M. KAHOUL Abdelhalim ,DAOUDI Salim. Je les remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté à me rencontrer et répondre à mes questions durant mes recherches.

Je remercie mes très chers parents, Amar et Ghania qui ont toujours été là pour moi.

Je remercie mon mari Abdelaziz et sa famille pour son soutien et ses encouragements.

Je remercie mes frères mohamed et islem , et mes sœurs : sara,noudjoud,hiba,hana pour leurs encouragements.

Je tiens à remercier Hadjer, pour son amitié, son soutien inconditionnel et son encouragement.

Chapitre I

PARAMETRES ATOMIQUES ET LA FLUORESCENCE X

I.1.	Introduction.....	4
I.2.	Interaction rayonnement matière.....	4
I.2.1.	Classification des rayonnements.....	4
I.2.1.1.	Les types des rayonnements.....	4
I.2.1.1.1.	Rayonnement particulaire (masse non nulle).....	5
I.2.1.1.2.	Rayonnement électromagnétique (masse nulle).....	5
I.2.1.2.	Rayonnement ionisant et rayonnement non ionisant.....	6-7
I.2.1.2.1.	Rayonnement ionisant.....	6-7
I.2.1.2.2.	Rayonnement non ionisant.....	6-7
I.2.2.	Interaction des photons(X,γ) avec la matière.....	7-8
I.2.2.1.	Diffusion de Thomson-Rayleigh.....	8-9
I.2.2.2.	Effet photoélectrique.....	9-10
I.2.2.3.	Effet Compton.....	10-11
I.2.2.4.	La création de paire.....	11-14
I.2.2.5.	Atténuation (la perte d'énergie).....	14
I.3.	Organisation des couches électroniques.....	15
I.4.	Règles de sélections.....	17
I.5.	Transitions électroniques.....	17-18
I.5.1.	Transitions entre niveaux.....	17-18
I.6.	Notation de Siegbahn.....	18
I.7.	Loi de Moseley.....	19
I.8.	Excitation et Déxcitation.....	19
I.8.1.	Excitation.....	19
I.8.2.	Déxcitation.....	20
I.9.	Fluorescence X.....	20
I.9.1.	Principes de la fluorescence X.....	21
I.10.	Effet Auger.....	22
I.10.1.	Principes de l'effet Auger.....	22-23
I.11.	Rendement de fluorescence.....	23-24
I.11.1.	Transitions de Coster-Kronig.....	25
I.11.2.	Le rendement de fluorescence en absence et en présence de transitions de Coster-Kronig.....	25-26
I.11.3.	La probabilité totale.....	26-27
I.12.	Section efficace.....	27
I.12.1.	Section efficace d'ionisation par particules chargées.....	27
I.12.1.1.	Modèle PWBA (Plane Wave Born Approximation).....	27

I.12.1.2. Modèle RPWBA-BC (Rlativistic Plane Wave Born Approximation – Binding Correction)	27
I.12.1.3. Modèle SCA (Semi-Classical Approximation)	28
I.12.1.4. Modèle BEA (Binary Encounter Approximation)	28
I.12.1.5. Modèle PSSA (Perturbed Stationary State Approximation).....	28
I.12.1.6. Modèle ECPSSR.....	29
I.12.2. La section efficace de production de rayons X	29
I.12.3. Section efficace de production des rayons X de la couche <i>L</i>	29-30.
I.13. Références Bibliographiques.....	31-33

CHAPITRE II :

BASE DE DONNEES DES RAPPORTS D'INTENSITE $\frac{K\beta}{K\alpha}$

II.1. Introduction.....	35-36
II.2. Les transition radiatives $K\alpha$ et $K\beta$	36-37
II.3. Base de données	37-38
II.3.1. La distribution des rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ expérimentaux.....	38
II.3.2. La valeur moyenne pondéré.....	38-39
II.3.2. Références Bibliographiques.....	60-71

LISTES DES FIGURES

Figure I.1: Classes des rayonnements électromagnétiques.....	6
Figure I.2: Constitution des rayonnements (ionisant, non ionisant)	7
Figure I.3: Schéma des phénomènes d'interaction des photons(X,γ) avec la matière.....	8
Figure I.4: Les trois étapes de la diffusion Rayleigh.....	9
Figure I. 5: Les étapes de la diffusion Thomson.....	9
Figure I.6 : Représentation schématique de l'effet photoélectrique.....	10
Figure I.7 : Effet Compton. L'énergie du photon incident est partiellement transférée à un électron du milieu.....	11
Figure I.8 : Après un temps très court à l'état de positronium (A), la paire électron-positron s'annihile en une paire de photons ayant chacun une énergie de 511keV (B)	12
Figure I.9 : Représentation schématique de L'effet de production de paire électron - positron.....	13
Figure I.10 : Production de paires dans le champ du noyau et dans le champ d'un électron.....	13
Figure I.11 : Domaines représentant l'importance relative des trois modes d'interaction des photons avec la matière en fonction du numéro atomique Z de la matière et de l'énergie des photons. Les lignes de séparation représentent les couples de valeurs de Z et de l'énergie pour lesquelles deux effets sont égaux.....	14
Figure I.12: Contributions respectives au coefficient d'absorption linéique des trois modes d'absorption de l'énergie des photons par la matière en fonction de l'énergie des photons.....	15
Figure I.13: Transitions permises entre électrons les couches.....	17
Figure I.14: Niveaux d'énergie et quelque transition électronique permise.....	19
Figure I.15: Ionisation par effet photoélectrique.....	20
Figure I.16: Désexcitation par émission fluorescente.....	21
Figure I.17: Représentation schématique d'une transition Auger.....	23
Figure I.18: Le rendement de fluorescence ω en fonction du numéro atomique Z pour la couche K (Bambyenk et al., 1972)	24
Figure I.19: Transition de Coster-Kronig (Strivay, 2002)	27
Figure II.1- La distribution des rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ expérimentaux en fonction du numéro atomique Z tel que $11 \leq Z \leq 96$	39

LISTES DES TABLEAUX

Tableau I.1: La configuration électronique et le moment angulaire total.....	16
Tableau II .1: transitions radiatives K_α et K_β	36
Tableau II.2: Base de données des rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ expérimentaux ainsi que l'incertitude de mesure de chaque valeur $\Delta \frac{K\beta}{K\alpha}$ pour les éléments atomiques de $Z= 11-96$	40-59

Introduction générale

L'émission des rayons X est un phénomène physique résultant du réarrangement électronique d'un atome excité suite à l'interaction avec un rayonnement corpusculaire ou électromagnétique. D'ailleurs, la production des rayons X caractéristiques dépend de la transition entre les orbitales électroniques des atomes de la cible. Quand un électron est éjecté par une particule chargée, l'atome devient ionisé ou excité. L'excédent d'énergie est égal à l'énergie requise pour extraire un électron vers un état excité. Cette énergie peut être libérée suite à la transition d'un électron d'une couche plus énergétique vers une couche moins énergétique conduisant ainsi à l'émission d'un rayon X.

La fluorescence X est une technique d'analyse élémentaire non-destructive de l'échantillon. Elle est utilisée pour l'analyse de la composition chimique des matériaux minéraux (céramiques, verres, glaçures, pierres,...).

Après une interaction par effet photoélectrique, il apparaît un trou dans une couche électronique interne. Il se produit alors un réarrangement électronique générant un photon X de fluorescence ou électron Auger. La probabilité d'émission de photon de fluorescence est donnée par le rendement de fluorescence ; c'est la probabilité qu'une vacance soit remplie via une transition radiative. Les raies d'émission (transition radiative) $K\alpha$ résultent de la transition d'un électron vers la couche K (nombre quantique principal 1) à partir d'une orbitale 2p de la deuxième sous couche L (avec le nombre quantique principal 2). Cette ligne est en fait un doublet, avec des énergies légèrement différentes selon l'énergie d'interaction spin-orbite entre le spin électronique et le moment orbital de l'orbitale 2p. La raie $K\alpha$ est typiquement la ligne spectrale la plus intense pour un élément donné, aussi connue sous le nom série de Lyman. Les émissions $K\beta$ résultent de la transition radiative d'un électron de la couche M ou N (nombre quantique principal $n=3,4$) vers la couche K.

Les rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ sont des quantités importantes en spectroscopie nucléaire et de physique atomique. Ces quantités ont été l'objet de beaucoup de domaine de recherche, qui a été résumée dans plusieurs articles de synthèse. Étude de ces paramètres pour les éléments du tableau périodique a fait l'objet de plusieurs expériences. Ainsi que de l'intérêt théorique depuis quelques années, en vue de leurs applications pour l'analyse élémentaire non-destructive en physique médicale, chimie des surfaces, sciences de l'environnement et de l'industrie. Dans ce travail, nous avons rassemblés les données expérimentales des rapports

d'intensité compilées par différents auteurs publiées durant la période 1971-2018 pour les éléments de numéro atomique $Z=11-96$.

Ce mémoire est divisé en deux chapitres :

- Le premier chapitre: Rappel théorique sur les phénomènes liés à la fluorescence X. Dans le même chapitre, nous avons expliqué la notion sur les transitions radiatives et non radiatives et la méthode théorique pour calculer les paramètres atomiques.
- Le deuxième chapitre : Construction d'une nouvelle base donnée ; c'est une représentation des rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ compilés et édités pendant la période de 1969 à 2018, pour les éléments de numéro atomique $11 \leq Z \leq 96$.

En fin une conclusion générale achève ce travail.

Chapitre I

Paramètres atomiques et la fluorescence X

I.1 Introduction

Le concept d'atome est particulièrement bien admis par le grand public. L'atome est donc un modèle essentiellement théorique. Bien que ce modèle ne soit plus aujourd'hui remis en cause, il a beaucoup évolué au cours du temps pour répondre aux exigences des nouvelles théories physiques et correspondre avec les différentes expérimentations effectuées. Les particules chargées et non chargées interagissent différemment avec la matière. Les particules chargées peuvent directement provoquer des excitations ou des ionisations, alors que les particules non chargées doivent d'abord subir une interaction créant une particule chargée qui pourra ensuite exciter ou ioniser la matière. C'est pourquoi les particules chargées sont dites directement ionisantes alors que les particules non chargées sont dites indirectement ionisantes. L'excitation des rayons X par des particules chargées présente un grand intérêt pratique. Ce processus d'interaction rayonnement-matière est dominé par l'ionisation directe de Coulomb par impact d'ions légers avec la cible, menant ainsi à la création des lacunes (états électroniques vacants). L'atome cible retrouve alors sa stabilité (désexcitation) par émission radiative des rayons X ou par des processus non radiatifs d'Auger ou de Coster-Kronig.

I.2. Interaction rayonnement matière

D'une manière générale, on peut définir un rayonnement ou radiation comme un mode de propagation de l'énergie dans l'espace, sous forme d'ondes électromagnétiques ou de particules. Les rayonnements ne peuvent être détectés et caractérisés que grâce à leur interaction avec la matière dans laquelle ils se propagent. Ils peuvent céder au milieu qu'ils traversent, la totalité ou une partie de leur énergie au cours de ces interactions.

I.2.1. Classification des rayonnements

On peut classer les rayonnements selon leur mode d'interaction avec la matière en deux catégories :

- Rayonnements indirectement ionisants
- Rayonnement directement ionisants

I.2.1.1. Les types des rayonnements

On peut distinguer les rayonnements corpusculaires (ou particuliers) par le type de particule auquel ils sont associés. Il existe également des rayonnements ondulatoires, exemples :

- rayonnement électromagnétique (rayons X, lumière visible, etc.....).
- rayonnement acoustique (ou sonore), correspondent à la propagation d'énergie sous la forme d'une onde, ici une onde mécanique.

- rayonnement gravitationnel (ondes gravitationnelles).

La dualité onde-particule enseigne que décrire un objet quantique nécessite de le considérer à la fois comme une particule et une onde. Ainsi, un rayonnement électromagnétique, peut être considéré comme un flux de photons ou comme la propagation d'une onde électromagnétique.

I.2.1.1.1. Rayonnement particulaire (masse non nulle)

Corpusculaire : radiations dues aux particules : protons, électrons ou neutrons.

I.2.1.1.2. Rayonnement électromagnétique (masse nulle)

Électromagnétique : rayonnement qui est issu de différents champs électromagnétiques comme les ondes radioélectriques, les ondes lumineuses, visibles ou invisibles et les rayons X et gamma. 4 catégories de rayonnements électromagnétiques :

-rayonnements X : émis lors de la désexcitation d'un atome. Ils sont produits en dehors du noyau et sont utilisés dans la radiographie et la tomographie. Les rayons X font partie du spectre de rayonnements électromagnétiques. La dualité particule-onde de ces rayonnements s'exprime par une relation entre l'énergie E d'un photon et la longueur d'onde λ :

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (\text{I.1})$$

$$\text{d'ou: } \lambda = \frac{hc}{E}$$

-rayonnements γ : qui accompagnent la désexcitation d'un noyau. Ils émanent du noyau d'un atome radioactif qui est utilisé pour imager la distribution d'agents chimiques dans le corps.

Les rayons X et gamma sont des ondes électromagnétiques, ou photons, de haute énergie ; ils n'ont ni masse ni charge électrique.

-photons d'annihilation : résultant de l'annihilation d'un positron avec un électron

-photons de freinage : émis lors du ralentissement des électrons dans la matière.

La figure I.1 donne la classification usuelle des ondes électromagnétiques dans l'ordre croissant des fréquences (donc dans l'ordre croissant des énergies des photons associés). On remarquera que l'énergie d'un photon X est de l'ordre de grandeur de l'énergie de liaison des électrons des couches internes des atomes, c'est-à-dire de l'ordre du keV.

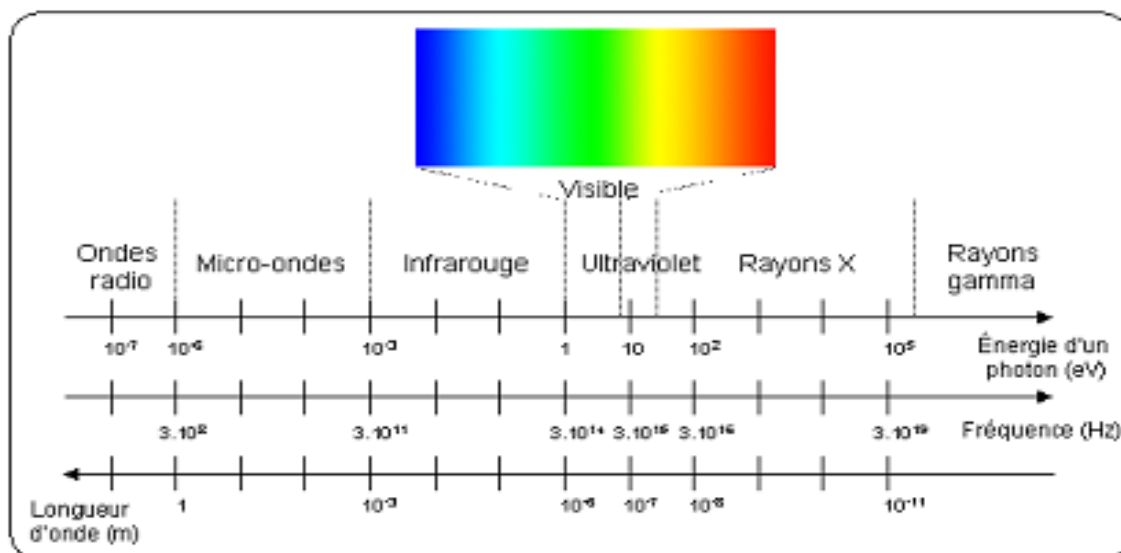


Figure I.1: Classes des rayonnements électromagnétiques.

I.2.1.2. Rayonnement ionisant et rayonnement non ionisant

Le rayonnement est composé d'ondes invisibles ou de particules énergétiques qui peuvent affecter la santé humaine s'ils sont reçus en trop grande quantité. Il existe deux types distincts de rayonnement qui donne dans la figure I.2 : les rayonnements ionisants et non-ionisants.

I.2.1.2.1. Rayonnement ionisant

Le rayonnement ionisant porte assez d'énergie pour ioniser un atome (>4 eV). Le rayonnement ionisant constitue un souci pour la santé puisqu'il peut modifier la structure chimique des cellules vivantes. Or, ces changements chimiques peuvent nuire au fonctionnement normal des cellules. Une exposition suffisante au rayonnement ionisant peut provoquer la perte des cheveux, des changements dans le sang, différentes maladies, voire la mort. Il existe quatre types de rayonnement ionisant : les particules alpha, les particules bêta, les neutrons, les rayons gamma ou rayons X (analyseurs FRX)

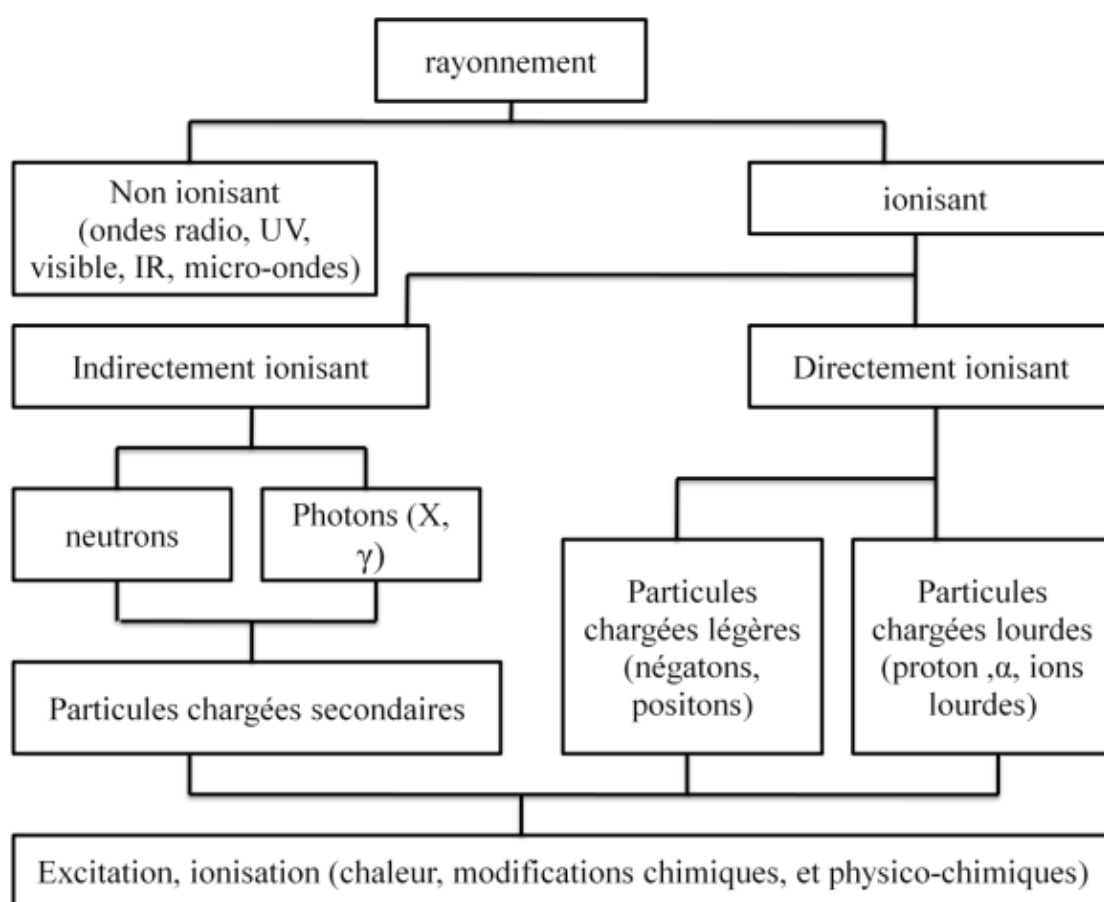
Ils comprennent les particules chargées légères (les électrons), et les particules chargées lourdes (les protons, les particules α , et les ions lourdes) qui déposent l'énergie au milieu par une seule étape, par le processus d'interaction coulombienne entre la particule incidente et les électrons orbitales.

I.2.1.2.2. Rayonnement non ionisant

Ils comprennent les neutrons et les rayonnements électromagnétiques (photons X, et γ) qui déposent l'énergie au milieu par deux étapes :

- Au premier temps une particule chargée est libérée dans le milieu absorbant (le photon libère un électron ou une paire électron/positon, et le neutron libère un proton ou un noyau de recul).
- Dans la deuxième étape les particules libérées déposent l'énergie au milieu absorbant par des interactions coulombiennes avec les électrons orbitaux des atomes.

Le rayonnement non-ionisant ne porte pas suffisamment d'énergie pour ioniser un atome (p. ex. entre ~ 4 et 25 eV sont nécessaires pour éjecter les électrons d'un atome neutre). Les ondes radio, les micro-ondes, la lumière sont des formes de rayonnement non-ionisant. Bien que ces rayonnements peuvent causer des dommages biologiques, comme les brûlures, ils



sont moins dangereux que le rayonnement ionisant.

Figure I.2: Constitution des rayonnements (ionisant, non ionisant)

I.2.2. Interaction des photons (X, γ) avec la matière

L'interaction des rayons X avec la matière conduit à la production des particules secondaires chargées qui sont responsables des ionisations dans le milieu. C'est pourquoi on classe les rayons X dans le domaine des rayonnements ionisants.

Et les rayons γ sont des photons émis au cours de transitions entre états excités des noyaux atomiques. (la Figure I.3) donne les phénomènes d'interaction des photons(X,γ) avec la matière)

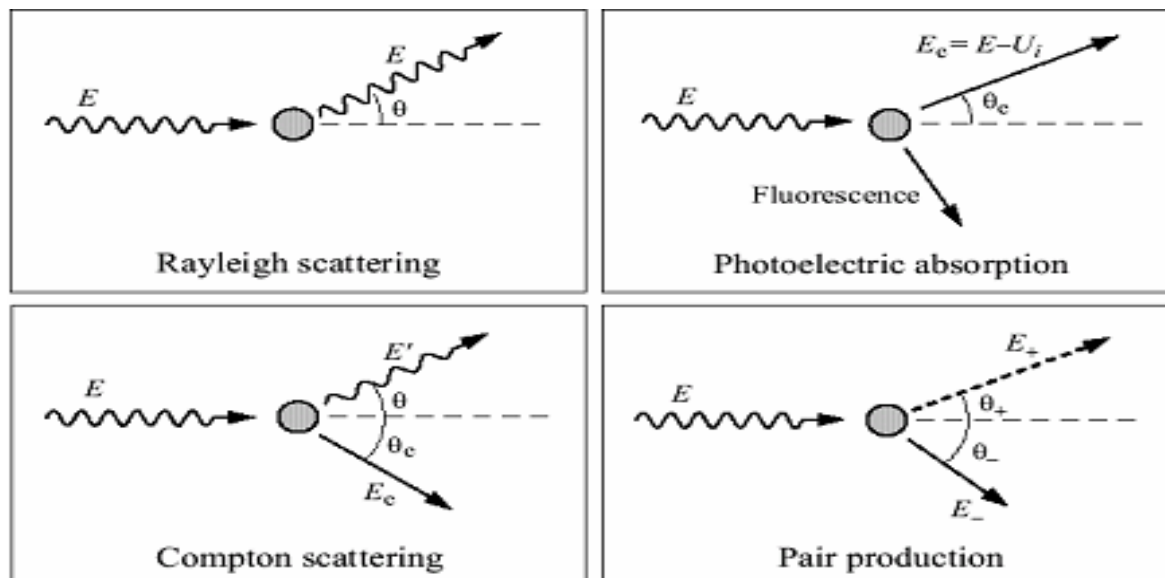


Figure I.3: Schéma des phénomènes d'interaction des photons(X,γ) avec la matière

I.2.2.1. Diffusion de Thomson-Rayleigh

a. La diffusion Rayleigh

Elle résulte de l'interaction des photons avec les électrons internes fortement liés dont l'ionisation ou l'excitation est impossible. Les photons incidents sont diffusés avec la même énergie mais avec une corrélation angulaire aléatoire par rapport à la direction incidente. Ce mode d'interaction fait intervenir le caractère ondulatoire du rayonnement électromagnétique.

Cette diffusion est aussi appelée diffusion cohérente. Le photon incident interagit avec tous les électrons de l'atome (a) qui se mettent à osciller en phase (b) avant d'émettre un photon de même énergie que le photon incident mais dans une direction quelconque (c). Ce phénomène est équivalent à un simple changement de direction du photon incident. (Figure I.4)

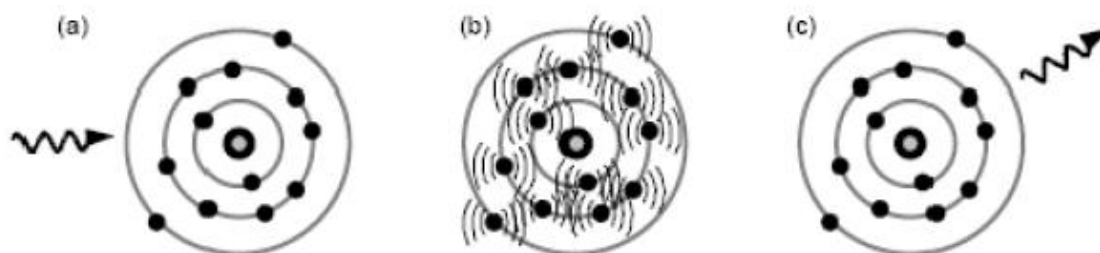


Figure I.4: Les trois étapes de la diffusion Rayleigh

b. Diffusion de Thomson

Ce type de diffusion concerne les photons de faible énergie. Le photon incident fait un choc élastique avec un électron fortement lié à l'atome. L'énergie du photon est totalement absorbée par cet électron (a). Ce dernier est mis en oscillation sans avoir une énergie suffisante pour quitter l'atome (b) puis, par relaxation, il réémet un photon de même énergie que le photon incident, mais pas forcément dans la même direction (c) (figure I.5)



Figure I. 5: Les étapes de la diffusion Thomson

Les diffusions Thomson et Rayleigh sont très semblables et sont souvent considérées de manière globale sous le nom de diffusion Thomson-Rayleigh.

I.2.2.2. Effet photoélectrique

L'effet photoélectrique est le principal effet existant quand on parle de l'interaction entre photons et un matériau (action de la lumière sur un matériau). Des électrons sont éjectés du matériau lorsque des photons interagissent. Toute l'énergie du photon incident est transmise à l'électron périphérique en l'extrayant de son atome et en créant un atome ionisé.

La transmission partielle d'énergie est liée à l'effet Compton. Dans l'effet photoélectrique, le champ électrique du photon incident interagit avec un ensemble de charges positives (noyaux) et négatives (électrons). Le photon est absorbé par le dipôle électrique ainsi constitué et son énergie est transmise à l'un des électrons de l'atome. Si l'énergie initiale du photon $h\nu$ est supérieure à l'énergie d'ionisation E_I de l'électron, ce dernier peut être ionisé et éjecté de l'atome avec une énergie cinétique

$E_C = m_e v^2 / 2$ Telle que la conservation de l'énergie soit vérifiée. (La figure I.6) schématise ce phénomène qui peut s'écrire sous la forme :

$$E = h\nu = E_I + \frac{1}{2} m_e v^2 \quad (\text{I.2})$$

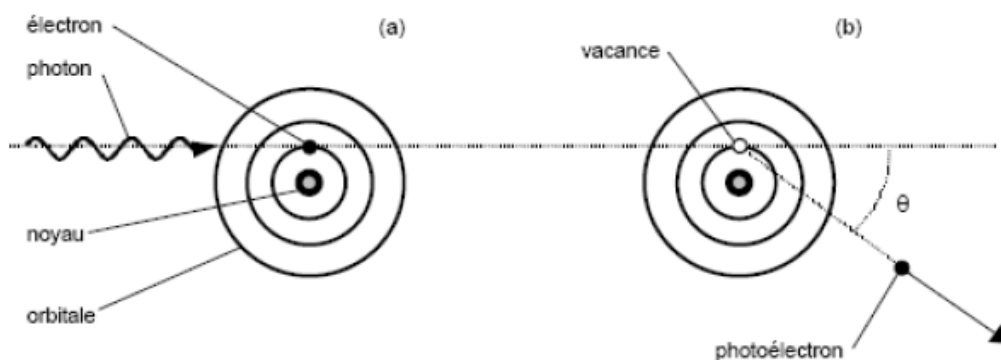


Figure I.6 : Représentation schématique de l'effet photoélectrique.

Le photoélectron est préférentiellement éjecté dans une direction perpendiculaire au faisceau incident.

I.2.2.3. Effet Compton

De manière simple, l'effet Compton est attribué à l'allongement de la longueur d'onde et au changement de la direction de la trajectoire d'un photon dans la diffusion de celui-ci sur une particule de matière. La variation de longueur d'onde donne par conséquent une variation d'énergie. Le photon perd son énergie, laquelle est entièrement distribuée à l'électron sur lequel la diffusion s'est faite. Dans l'effet Compton, le photon incident se comporte comme une particule, possédant une quantité de mouvement p donnée par la relation de cinématique relativiste qui associe à toute particule de vitesse v ($v = c$ pour le photon dans le vide) et d'énergie la quantité de mouvement:

$$p = \frac{Ev}{c^2} = \frac{h\nu}{c} \quad (\text{I.3})$$

Le photon interagit avec un électron de masse m_e . Il est diffusé avec une perte d'énergie selon une collision inélastique avec augmentation de sa longueur d'onde. La direction de la vitesse du photon diffusé fait un angle θ avec la direction du faisceau incident (figure I.7). Il possède une énergie plus petite après la collision et la différence d'énergie est transmise à l'électron qui est appelé électron de recul. Si $(\lambda_0 ; \nu_0)$ et $(\lambda_1 ; \nu_1)$ désignent respectivement les longueurs d'onde et fréquences des photons incidents et diffusés, on peut établir la relation de Compton donnant la différence de la longueur d'onde des photons incidents et diffusés. Elle est indépendante de l'énergie initiale du photon et vaut. (La figure I.7) schématise ce phénomène qui peut s'écrire sous la forme :

$$\lambda_1 - \lambda_0 = \frac{h(1 - \cos \theta)}{m_e c} \quad (\text{I.4})$$

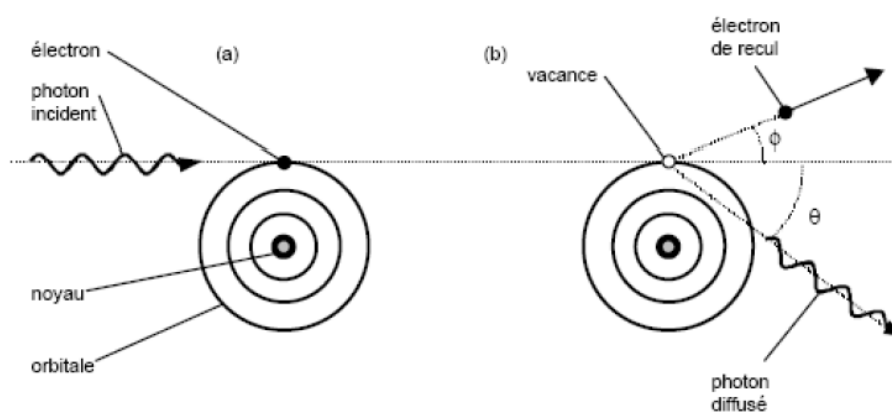


Figure I.7 : Effet Compton. L'énergie du photon incident est partiellement transférée à un électron du milieu.

I.2.2.4. La création de paire

La création de paire devient possible lorsque l'énergie du photon γ incident est supérieure à deux fois la masse d'un électron au repos, soit $0.511 \times 2 = 1.022 \text{ MeV}$. Il consiste en la matérialisation d'une paire électron-positron lorsqu'un photon disparaît au voisinage d'un noyau ou d'un électron atomique. La figure (I.8) schématise ce phénomène qui peut s'écrire sous la forme :



Où γ est le photon incident, X est le noyau (où l'électron atomique), e^+ est le positron, et e^- est l'électron émis.

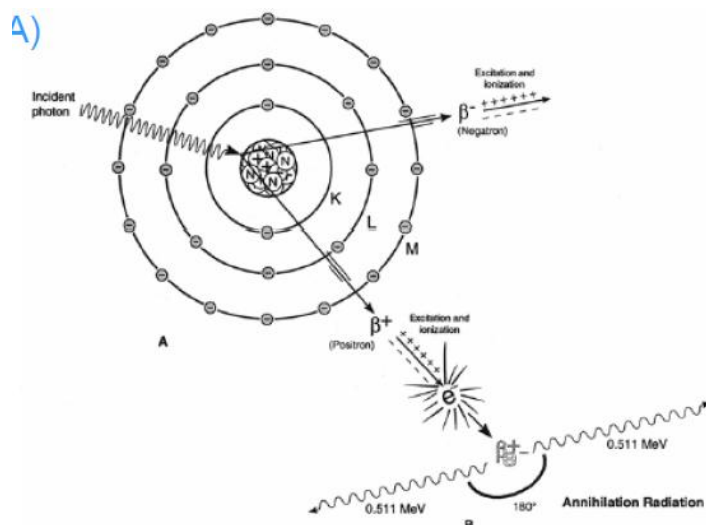


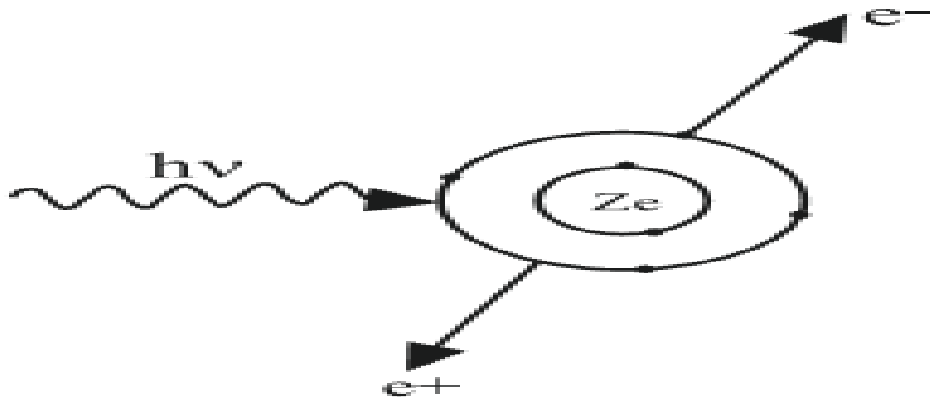
Figure I.8 : Après un temps très court à l'état de positronium (A), la paire électron-positron s'annihile en une paire de photons ayant chacun une énergie de 511keV (B).

Chaque particule créée a une énergie reliée à sa masse m_e qui vaut $m_e c^2$ et par conséquent la création d'une paire électron-positron présente un seuil en énergie égal à $2m_e c^2$ ($2m_e c^2 = 1,02$ MeV). Si l'énergie initiale du photon E est suffisante ($E > 2m_e c^2$), on peut observer la création d'un électron e^- et de son antiparticule le positron e^+ . Le photon doit passer nécessairement au voisinage d'un noyau atomique. En effet, la matérialisation de photons dans le vide n'est pas possible. Le processus de création de paires varie pratiquement comme Z^2 , où Z est le numéro atomique du noyau avec lequel le photon interagit. Le positron ainsi créé dans la matière va ralentir et s'annihiler, alors qu'il est pratiquement au repos, avec un électron pour donner deux photons de 0,511 MeV chacun qui seront émis dans des directions opposées afin de conserver la valeur initialement nulle de la quantité de mouvement du système positron plus électron.

L'effet de production de paire ou matérialisation consiste à la création d'une paire électron-positron ($\gamma \rightarrow e^+, e^-$) lorsqu'un photon γ pénètre dans le champ coulombien d'un noyau. Le photon disparaît et son énergie est utilisée pour créer la paire et communiquer de l'énergie cinétique à l'électron et au positron, d'après la conservation de l'énergie (La figure

.I.9) schématise L'effet de production de paire (électron - positron) qui peut s'écrire sous la forme :

$$E = E^- + E^+ + 2E^0 \quad (\text{I.6})$$



E^- Et E^+ sont respectivement les énergies cinétiques de l'électron et du positron.

Figure I.9 : Représentation schématique de L'effet de production de paire électron - positron.

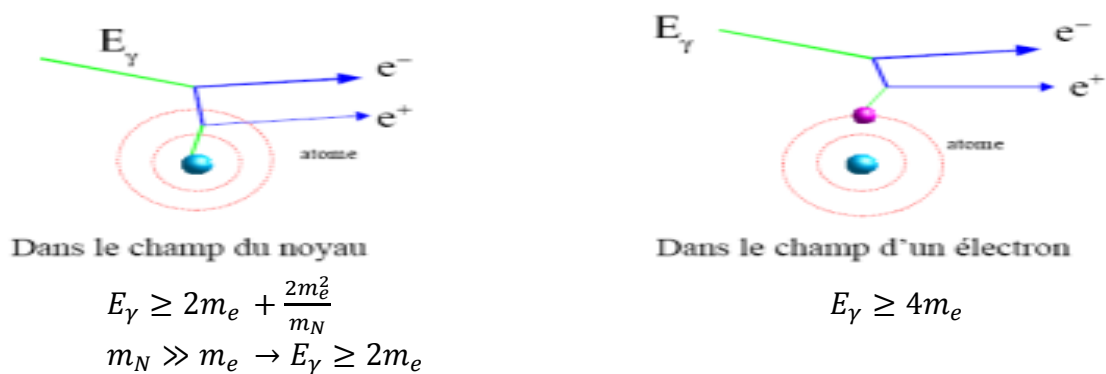


Figure I.10 : Production de paires dans le champ du noyau et dans le champ d'un électron
 Dans la pratique, le processus de création de paires électron-positron ne devient important que pour des énergies supérieures à $4m_e c^2$ (figure I.11).

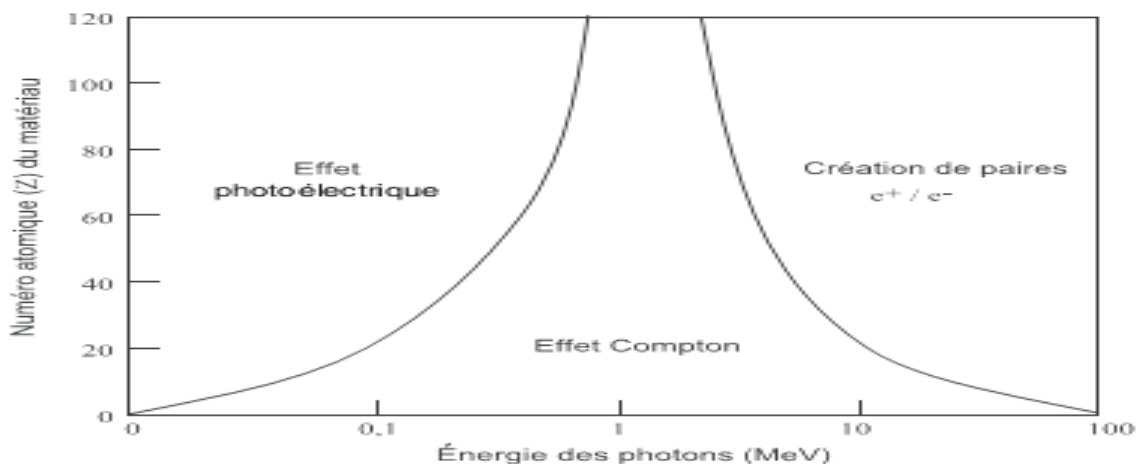


Figure I.11 : Domaines représentant l'importance relative des trois modes d'interaction des photons avec la matière en fonction du numéro atomique Z de la matière et de l'énergie des photons. Les lignes de séparation représentent les couples de valeurs de Z et de l'énergie pour lesquelles deux effets sont égaux.

I.2.2.5. Atténuation (la perte d'énergie)

L'atténuation du faisceau de photons incidents résulte de l'absorption des photons par l'effet photoélectrique, l'effet Compton et, si l'énergie des photons est suffisante, par la création de paires électrons-positrons. Si on appelle σ_{tot} la section efficace totale d'absorption des photons et si on désigne par σ, k, τ sections efficaces d'absorption respectivement de l'effet photoélectrique, de l'effet Compton et de la création de paires, La figure I.12 Contributions respectives au coefficient d'absorption linéique des trois modes d'absorption de l'énergie des photons par la matière en fonction de l'énergie des photons) qui peut s'écrire sous la forme :

$$\sigma_{tot} = \sigma + k + \tau \quad (I.7)$$

μ est le coefficient d'absorption linéique. Le nombre de photons transmis $N(z)$ est donné par une loi exponentielle décroissante :

$$N(z) = N_0 \exp(-\mu z) \quad (I.8)$$

Les valeurs des coefficients d'atténuation linéique décroissent avec l'énergie. Le coefficient d'atténuation (absorption) massique μ_m est défini par le rapport :

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\sigma_{tot} N}{M} \quad (I.9)$$

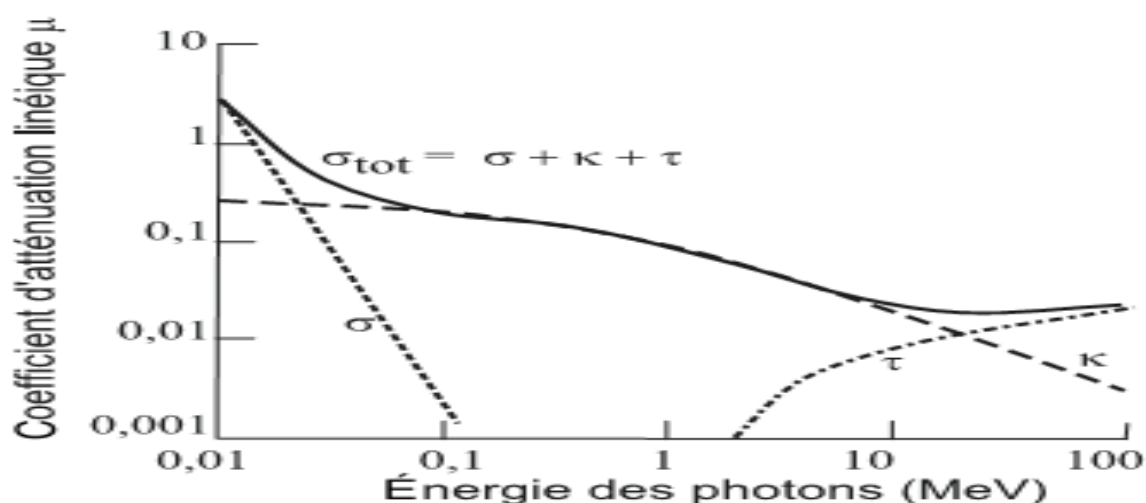


Figure I.12: Contributions respectives au coefficient d'absorption linéique des trois modes d'absorption de l'énergie des photons par la matière en fonction de l'énergie des photons.

I.3. Organisation des couches électroniques :

Pour un atome A_ZX nous utiliserons pour décrire le comportement des électrons considéré, des fonctions semblables à celles obtenues dans le cas de l'atome d'hydrogène. A partir des fonctions hydrogénoïdes (charge Ze du noyau), on construit par produit tensoriel la fonction d'onde totale de l'atome, Ces fonctions ne sont pas identiquement les mêmes puisque les noyaux atomiques diffèrent et qu'il faudra tenir compte de la présence des autres électrons, mais elles ont la même forme.

Pour distinguer ces fonctions des états de l'atome d'hydrogène, nous les appellerons orbitales atomiques. Chaque orbitale est caractérisée par un ensemble de trois nombres quantiques : le principal n , l'azimutal l et le magnétique m . On lui associe aussi une énergie caractéristique. L'ensemble des orbitales sera utilisé pour décrire les électrons (Ayadim and Habib , 2013) .

Par définition l'ensemble des électrons d'un atome décrit par le même nombre quantique principal n constitue une couche électronique. La façon dont les électrons d'un atome est réparti dans les différentes couches de l'atome, est appelée configuration électronique. Le nombre maximal d'électrons que la couche n peut contenir est donné par $2n^2$, le 2 provient du principe de Pauli (Benoit et al., 1987).

- La couche K , contient deux électrons au maximum, subdivisée à une seule sous-couche K .
- La couche L , contient huit électrons au maximum, subdivisée à trois sous-couches L_1, L_2, L_3 .
- La couche M , contient dix-huit électrons au maximum, subdivisée à cinq sous-couches M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 .
- La couche N , contient trente-deux électrons au maximum, subdivisée à sept sous-couches $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6, N_7$.

Couche	Sous-couche	Caractéristique de l'électron
K	K	$1s$ ($j=1/2$)
L	L_1	$2s$ ($j=1/2$)
	L_2	$2p$ ($j=1/2$)
	L_3	$2p$ ($j=3/2$)
M	M_1	$3s$ ($j=1/2$)
	M_2	$3p$ ($j=1/2$)
	M_3	$3p$ ($j=3/2$)
	M_4	$3d$ ($j=3/2$)
	M_5	$3d$ ($j=5/2$)
N	N_1	$4s$ ($j=1/2$)
	N_2	$4p$ ($j=1/2$)
	N_3	$4p$ ($j=3/2$)
	N_4	$4d$ ($j=3/2$)
	N_5	$4d$ ($j=5/2$)
	N_6	$4f$ ($j=5/2$)
	N_7	$4f$ ($j=7/2$)

Tableau I.1: La configuration électronique et le moment angulaire total.

I.4. Règles de sélections :

L'émission de rayons X obéit à un certain nombre de règles découlant de la mécanique quantique. Toutes les transitions électroniques possibles ne sont pas "permises"; celles qui le sont doivent satisfaire aux règles de sélection suivantes :

$$\Delta n \geq 0$$

$$\Delta l = \pm 1 \tag{I.10}$$

$$\Delta j = 0, \pm 1$$

Où l et j sont respectivement les nombres quantiques associés aux moments angulaires orbitaux et totaux de l'électron en transition (Beladel, 2015). La figure (I-13) illustre quelques transitions permises.

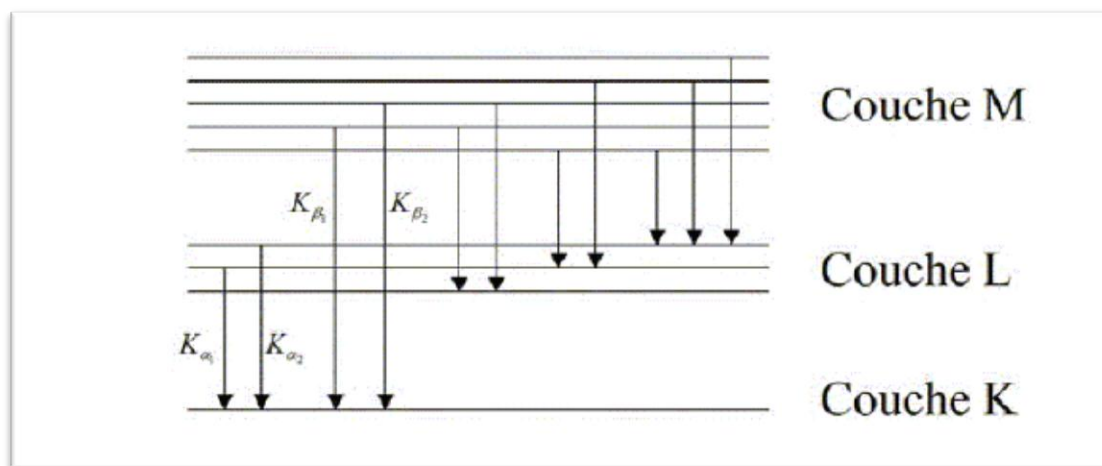


Figure I.13: Transitions permises entre électrons les couches.

I.5. Transitions électroniques :

I.5.1. Transitions entre niveaux :

Sous l'influence d'un événement venant de l'extérieur (arrivée d'une particule chargée ou d'un rayonnement d'énergie suffisante), un électron du cortège électronique d'un atome, situé sur un certain niveau d'énergie E_x (rappelons que cette énergie est négative), peut être arraché de la couche à laquelle il appartient (Boufas, 2004). La place libre est susceptible d'être comblée par un électron situé sur un autre niveau d'énergie $E_y > E_x$, avec émission d'un rayonnement électromagnétique; la fréquence ν de celui-ci, est telle que :

$$h\nu = E_y - E_x = |E_x - E_y| \quad (\text{I.11})$$

Avec h est la constante de Planck ($6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$).

Les transitions entre niveaux atomiques correspondent à des énergies discrètes et le réarrangement en cascade se traduit par un spectre en énergie des photons émis constitué par une série de raies discontinues.

Si un électron de la couche K est arraché et remplacé par un électron de la couche L , une raie appelée K_α est émise, et pour l'électron qui arrive sur la couche K provient de la couche M , la raie correspondante est appelée K_β et K_γ et ainsi de suite.

Si le trou se trouve sur la couche L , les électrons en provenance des couches M, N, O engendreront respectivement des raies $L_\alpha, L_\beta, L_\gamma$. Donc, pour différencier les rayons X provenant de ces sous-couches, les raies sont nommées $K_{\alpha 1}, K_{\alpha 2}, K_{\beta 1}, K_{\beta 2}, L_{\alpha 1}, L_{\alpha 2} \dots$

I.6. Notation de Siegbahn :

Cette notation empirique est très utilisée en spectrométrie des rayons X. Dans une série donnée en nomenclature, l'émission X correspondant à la transition d'un électron d'une couche quelconque vers une autre couche A telle que $A = K, L, M, N \dots$, constitue la raie A .

Pour identifier les différentes raies A qui correspondent à différentes transitions électroniques vers une même couche, deux notations sont généralement utilisées: la notation de Siegbahn et la notation IUPAC (Benoit et al., 1987).

La notation de Siegbahn consiste à utiliser la lettre correspondante à la raie A concernée. Si l'électron qui comble la lacune de la couche K vient de la couche L_3 par exemple, la raie émise est notée K suivie d'un caractère et un numéro en indice $K_{\alpha 1}$. Tandis que dans la notation IUPAC on désigne la raie A par ses deux couches (ou sous couches) mises en jeu. Ainsi, cette même raie, notée $K_{\alpha 1}$ en notation de Siegbahn, s'écrit $K - L_3$ en notation IUPAC (Krause, 1979).

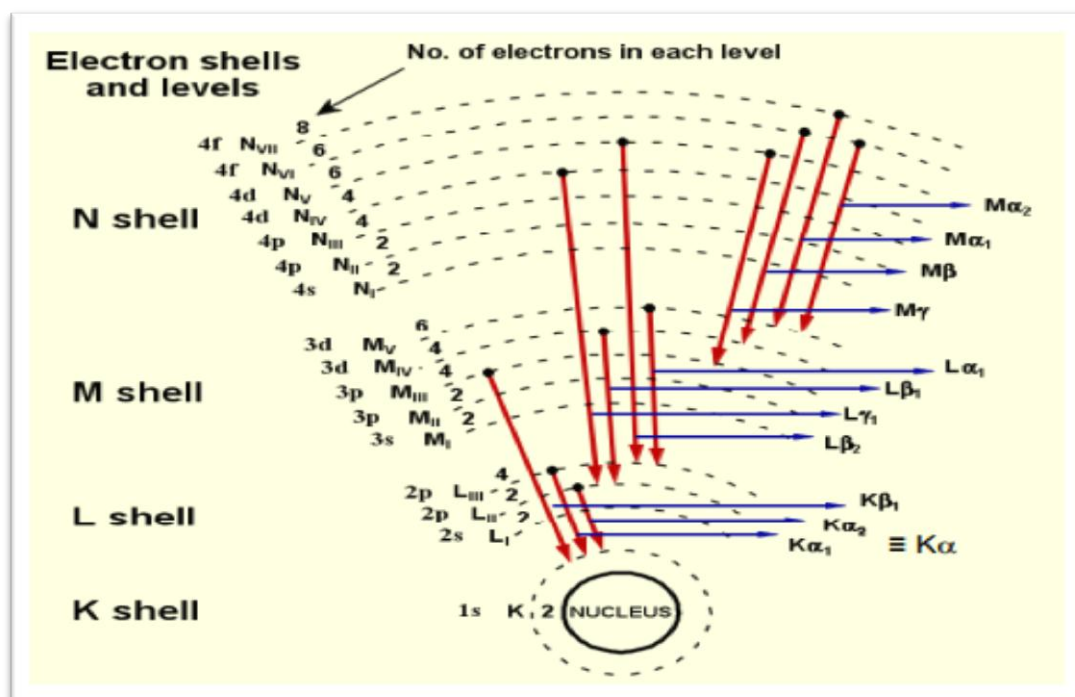


Figure I.14: Niveaux d'énergie et quelque transition électronique permise.

I.7. Loi de Moseley :

L'excitation des atomes étant localisée à des niveaux profonds, les raies d'émissions X sont approximativement indépendantes des liaisons chimiques entre atomes. Moseley a montré que la fréquence d'une raie donnée (par exemple $K\alpha_1$) était proportionnelle au carré du nombre atomique, suivant la relation:

$$\nu = K_1(z - K_2)^2 \quad (\text{I.12})$$

Où K_1 et K_2 sont des constantes ayant des valeurs définies pour chaque raie (constantes d'écran) (Benoit et al., 1987).

I.8. Excitation et Déxcitation :

I.8.1. Excitation :

Dans un atome, les électrons sont répartis dans des couches. Plus la couche est proche du noyau, plus l'énergie de liaison noyau-électron W_x est forte (Benslimane, 2004). Du fait de leur énergie importante, les photons X vont arracher des électrons situés au cœur des atomes, près du noyau avec une énergie cinétique initiale E_c est l'atome se retrouve ionisé, on a alors :

$$E_c \leq E_0 - W_x \quad \text{avec} \quad E_0 \geq W_x \quad (\text{I.13})$$

Où E_0 est l'énergie du rayonnement incident.

L'ionisation de la matière par des photons porte le nom «effet photoélectrique», et a été découvert par Heinrich Hertz en 1887.

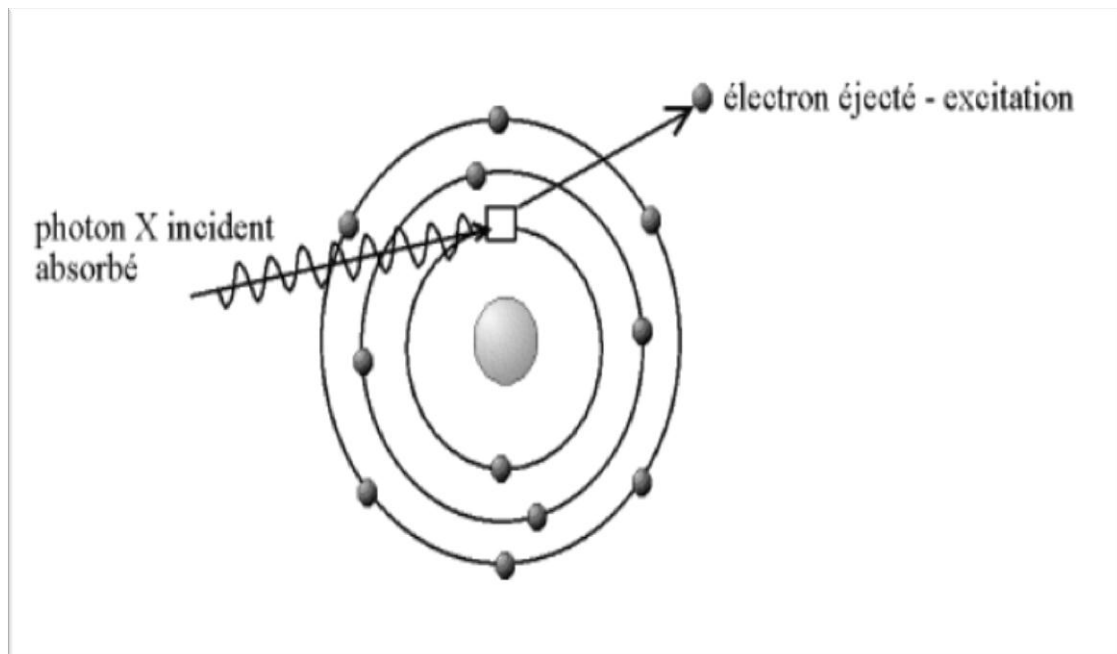


Figure I.15: Ionisation par effet photoélectrique.

I.8.2. Désexcitation:

L'atome ionisé se trouve dans un état excité et instable. Le retour à l'état fondamental se fait par des transitions électroniques depuis les niveaux d'énergie supérieure vers le niveau vacant, en suivant soit une désexcitation radiative (fluorescence), soit une désexcitation non radiative (effet Auger).

II.9. Fluorescence X:

Un électron d'une couche périphérique va redescendre pour combler la place laissée vide par l'électron qui a été éjecté. L'électron va perdre de l'énergie, qui va être émise sous la forme d'un photon. L'énergie de ce photon, qui est aussi dans le domaine X, est égale à la différence d'énergie entre la couche périphérique et la couche au cœur, donc chaque atome va émettre des photons d'une énergie propre. C'est le phénomène de « fluorescence », où « d'émission caractéristique » (Benslimane, 2004).

Il peut y avoir plusieurs transitions électroniques possibles; donc, pour un élément donné peut émettre plusieurs types de photons. Pour nommer ces différents types de photons,

on utilise la notation inventée par Karl Siegbahn en 1927. Ainsi, on parle de photon $K_{\alpha 1}, K_{\alpha 2}, K_{\beta 1}, K_{\beta 2}, L_{\alpha 1} \dots$

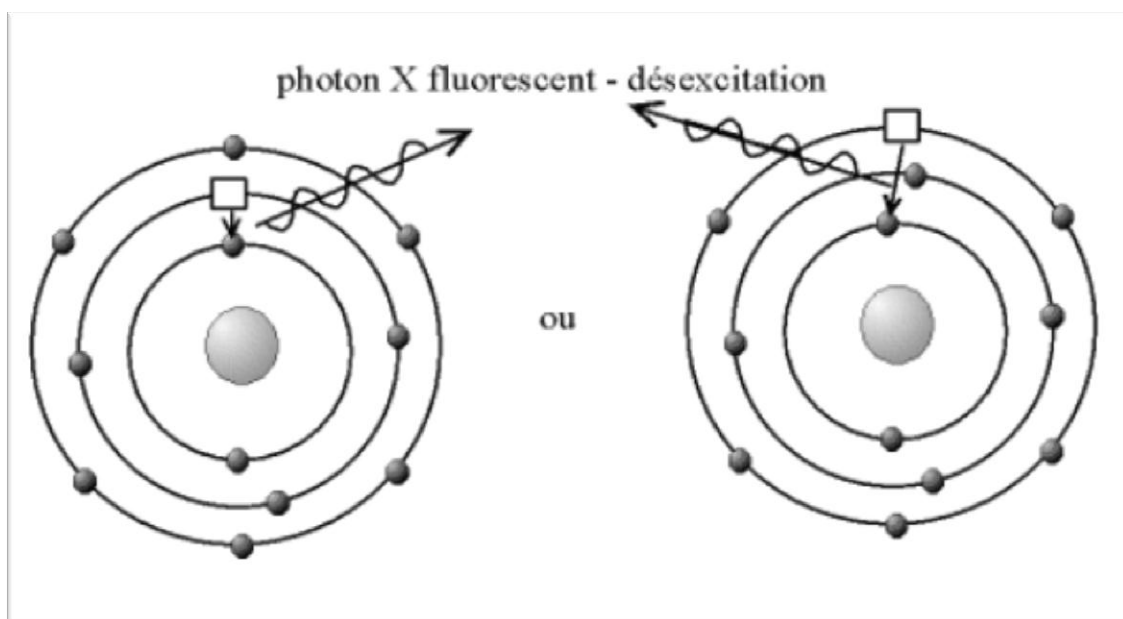


Figure I.16: Désexcitation par émission fluorescence

I.9.1. Principes de la fluorescence X :

Dans un analyseur FRX, l'échantillon est bombardé par des rayons X. Ceci produit l'émission d'électrons, de rayons X et de raies caractéristiques de rayons X. Certains rayons X interagissent avec les électrons des couches internes Y dans l'échantillon ce qui provoque leur éjection.

Les trous créés dans la couche internes Y sont immédiatement remplis par les électrons tombant des couches externes X , où Y est un niveau plus externe que X (Lynch, 2001).

Chaque transition électronique émet un rayon X caractéristique (photon de fluorescence) dont l'énergie est égale à la différence d'énergie entre les deux couches d'élément :

$$\Delta E = E_X - E_Y \quad (\text{I.14})$$

Par exemple, la transition de l'électron de sa couche initiale L_2 vers une couche plus profonde K implique un changement de son énergie de liaison qui se traduit par une émission d'un rayonnement X d'énergie égale :

$$\Delta E = E_K - E_{L_2} \quad (\text{I.15})$$

La transition est alors dite radiative (Ben Abdelouahed, 2004).

I.10. Effet Auger :

Le photon de fluorescence est émis lorsqu'un électron des couches supérieures prend la place laissée vacante par l'électron éjecté. Parfois, le photon de fluorescence produit un nouvel effet photoélectrique avec émission d'un électron: c'est l'effet Auger.

D'autres transitions non radiatives, appelées transitions "Coster- Kronig", peuvent avoir lieu entre les sous niveaux d'une même couche. Il existe un cas très rare dit transition super Coster-Kronig où les trois électrons (celui émis par interaction, celui qui comble la lacune et celui qui est émis par des excitations) appartiennent au même niveau énergétique (Dupuis, 2012).

I.10.1. Principes de l'effet Auger :

Le principe de l'émission Auger dans un atome pour une transition *KLM* est symbolisé sur la figure I.13. Une excitation extérieure (rayons X, faisceau d'électrons) arrache un électron de la couche *K*. L'atome passe alors de son état d'énergie fondamental à un état d'énergie excité correspondant à l'ionisation de la couche *K* (Imelik and Védrine, 1988). La désexcitation peut alors se faire de deux manières, soit par émission d'un photon, soit par émission d'un électron Auger, cette dernière étant la plus probable dans la gamme d'énergie 0-3 KeV. Dans ce cas, un électron de la couche *L* comble le trou de la couche *K* et l'énergie ainsi libérée est communiquée à un électron de la couche *M* qui est alors émis: c'est l'électron Auger.

L'énergie de l'électron Auger correspond à la différence d'énergie entre les états énergétiques sous la forme :

$$E_{cin}(KLM) = E_L(K) - E_L(L) - E_L(M) \quad (I.16)$$

Où $E_L(K)$ et $E_L(L)$ sont les énergies de liaison respectivement de l'électron *K* et de l'électron *L*.

$E_L(M)$ est l'énergie nécessaire à l'émission de l'électron *M* quand il y a déjà un trou sur *L*.

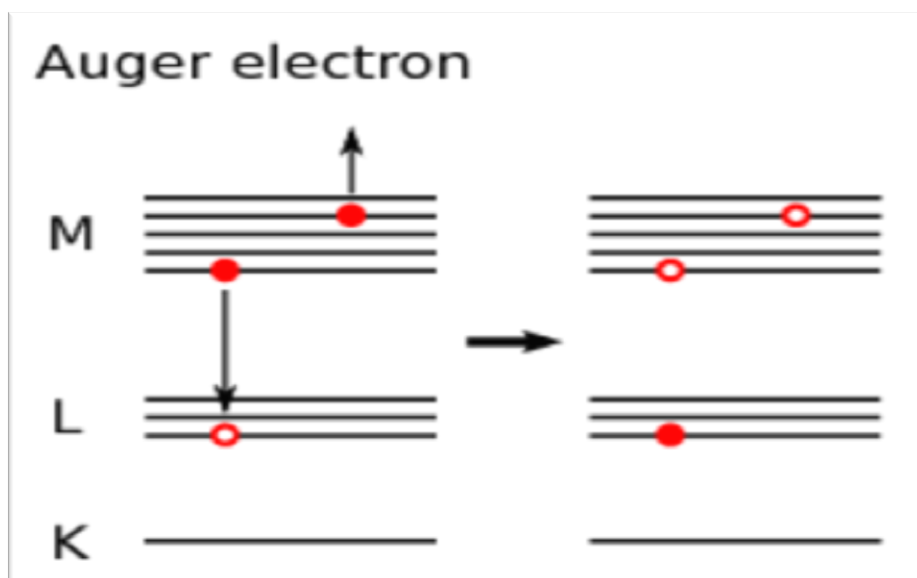


Figure I.17: Représentation schématique d'une transition Auger.

Par exemple, La transition de l'électron de sa couche initiale L_2 vers une couche plus profonde K , implique un changement de son énergie de liaison qui se traduit par une émission d'un rayonnement X, ces derniers induisent une ionisation dans une couche plus externe L_3 ; qui consiste en une émission d'électron avec une énergie cinétique :

$$E_{cin} = E_K - E_{L_2} - E_{L_3} \quad (\text{I.17})$$

Et on note une transition de type KL_2L_3 (Ben Abdelouahed, 2004).

Les transitions Auger de type LMM et MNN , conséquences une ionisation des couches L et M respectivement. Or, il y a une forte probabilité pour que ces deux derniers types de transition se produisent dans les éléments de numéro atomique élevés (Landolt, 1997).

I.11. Rendement de fluorescence :

Soit un atome ionisé en couche X ($X=K, L_1, L_2, \dots etc$). L'ionisation a libéré un électron atomique, à la photo-ionisation en particulier correspond une photo électron. Mais, le cortège électronique de l'atome se réorganise avec l'émission de rayonnements (fluorescence X dans le cas de la photo-ionisation) et aussi avec émission d'électrons dits « électrons Auger », par référence aux travaux de Pierre Auger (effet Auger) (Cauchois and Despujols, 1990).

On définit le rendement de fluorescence ω_K pour la couche X comme étant la probabilité pour qu'une lacune électronique créée dans la couche X soit remplie par un électron en donnant lieu à une transition radiative, il est donné par :

$$\omega_K = \frac{N_X}{N} = \frac{N_X}{N_X + N_A} \quad (\text{I.18})$$

Où N est le nombre initial de lacunes électroniques, N_x et N_A étant le nombre de transitions radiatives et nombre de transitions Auger.

Cette définition n'est cependant vraie que pour la couche K (Beladel, 2015).

On peut écrire le rendement de fluorescence par d'autre relation qui est relié avec la section efficace sous la forme (El Hajjar, 2014):

$$\omega_K = \frac{\sigma_K^X}{\sigma_K^I} \quad (\text{I.19})$$

Où σ_K^X est la section efficace de production de photons émis et σ_K^I est la section efficace d'ionisation.

En 1955, Burhop proposa une expression empirique de ce rendement tenant compte des effets relativistes :

$$\left(\frac{\omega_K}{1-\omega_K}\right)^{1/4} = A + BZ + CZ^3 = p(Z) \quad (\text{I.20})$$

Où Z est le numéro atomique et A, B, C des coefficients constants.

En 1972, (Bambyenk et al., 1972) précisa les valeurs des coefficients du modèle de Burhop à partir de mesures expérimentales. Le rendement de fluorescence ω_K est donc fourni de manière semi-empirique par :

$$\omega_K = \frac{p^4(Z)}{1+p^4(Z)} \text{ avec } p(Z) = A + BZ + CZ^3 \text{ et } \begin{cases} A = 0.015 \pm 0.01 \\ B = 0.0332 \pm 0.0005 \\ C = -(0.64 \pm 0.07) \cdot 10^{-6} \end{cases} \quad (\text{I.21})$$

L'expression du rendement de fluorescence pour les orbites supérieures est plus compliquée car celles-ci sont composées de plusieurs sous orbites.

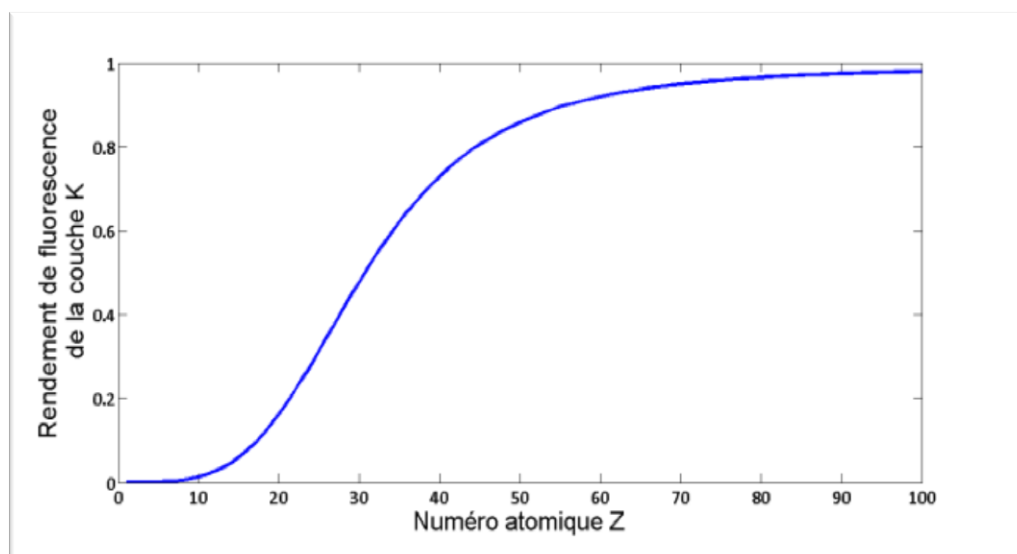


Figure I.18: Le rendement de fluorescence ω en fonction du numéro atomique Z pour la couche K (Bambyenk et al., 1972).

I.11.1. Transitions de Coster-Kronig :

Pour les couches L, M, \dots etc, la définition précédente du rendement de fluorescence n'est plus valable (Aspiazu, 1991). Ces couches présentent en effet plusieurs niveaux et une lacune électronique sur les niveaux les plus internes peut être transférée sur un niveau plus externe de la même couche avant qu'une transition radiative ou Auger n'ait lieu. Ces transitions entre deux niveaux d'une même couche sont dites "transitions de Coster-Kronig".

Les transitions Coster-Kronig (inter-niveaux) étant en général plus rapides que les transitions inter-couches (radiatives ou non) il découle de ce phénomène que les lacunes produites sur les niveaux internes vont se retrouver dans une grande proportion sur le niveau le plus externe d'une couche.

I.11.2. Le rendement de fluorescence en absence et en présence de transitions de Coster-Kronig :

L'expression du rendement de fluorescence pour les orbites supérieures est plus compliquée, car les transitions de Coster-Kronig peuvent se produire. Ces transitions sont de type non radiatif et se déroulent entre les sous couches d'une couche ayant le même nombre quantique principal. En effet, les transitions de Coster-Kronig modifient la distribution des sous couches ionisées en transférant l'ionisation d'une sous couche à une autre moins énergétique (Bambyenk et al., 1972).

Le rendement de fluorescence de la sous couche i de la couche j ($j = K, L, M \dots$) est égal à :

$$\omega_{ji} = \frac{\sigma_{ji}^X}{\sigma_{ji}^I} \quad (\text{I.22})$$

Et le rendement totale de la couche j est égal à :

$$\omega_j = \sum_{i=1}^K N_{ji} \omega_{ji} \quad (\text{I.23})$$

Où les N sont les sections efficaces relatives d'ionisation de la sous couche i de la couche j :

$$N_{ji} = \frac{\sigma_{ji}^X}{\sum_i \sigma_{ji}^I} \quad (\text{I.24})$$

Où $\sum_i N_{ji}$ étant égale à 1. Cependant en présence de transitions Coster-Kronig, le rendement de fluorescence est donné par :

$$\omega_j = \sum_{i=1}^K V_{ji} \omega_{ji} \quad (\text{I.25})$$

Où les V_{ji} sont les sections efficaces relatives d'ionisation de la sous couche i de la couche j , en incluant les ionisations provenant des transitions de Coster-Kronig; leur somme est supérieure à 1 et ils sont égaux à :

$$\begin{aligned}
V_{j1} &= N_{j1} \\
V_{j2} &= N_{j2} + f_{12}^j N_{j1} \\
V_{j3} &= N_{j3} + f_{23}^j N_{j2} + (f_{13}^j + f_{12}^j f_{23}^j) N_{j1}
\end{aligned} \tag{I.26}$$

Où les f_{il}^j sont les probabilités de transitions de Coster-Kronig pour déplacer l'ionisation de la sous couche i à la sous couche l .

Ainsi pour la couche L comportant les trois niveaux L_1, L_2 et L_3 ; l'ionisation initiale en L_1 par exemple se transfère en L_2 ou L_3 et l'énergie disponible correspondante peut servir à libérer un électron plus faiblement lié, la transition entre ces trois niveaux appellent transition de Coster-Kronig, et elles sont liées comme suite :

$$\begin{aligned}
V_{L1} &= N_{L1} \\
V_{L2} &= N_{L2} + f_{12}^L N_{L1} \\
V_{L3} &= N_{L3} + f_{23}^L N_{L2} + (f_{13}^L + f_{12}^L f_{23}^L) N_{L1}
\end{aligned} \tag{I.27}$$

Où f_{12}, f_{13} et f_{23} sont respectivement les probabilités des transitions Coster-Kronig entre $L_1 L_2$, $L_1 L_3$ et $L_2 L_3$.

De plus, la largeur totale Γ_{T_i} d'un niveau d'énergie (l'atome avec une lacune est dans un état excité) est la somme de largeur de rayonnements (radiatifs) Γ_{X_i} , la largeur non-radiative Γ_{a_i} et la largeur de Coster-Kronig Γ_{k_i} . Alors, le rendement de fluorescence est donc donné par :

$$\omega_i = \frac{\Gamma_{X_i}}{\Gamma_{T_i}} \tag{I.28}$$

Le rendement d'Auger est :

$$a_i = \frac{\Gamma_{a_i}}{\Gamma_{T_i}} \tag{I.29}$$

Et la probabilité de transition Coster-Kronig est donnée par :

$$f_{ik} = \frac{\Gamma_{k_i}}{\Gamma_{T_i}} \tag{I.30}$$

I.11.3. La probabilité totale :

La probabilité totale ω étant défini comme la relation entre la probabilité de trois paramètres, le rendement de fluorescence, l'effet Auger et les transitions de Coster-Kronig :

$$\omega = \omega_i^k + a_i^k + \sum_{j=i+1}^k f_{ij}^k = 1 \tag{I.31}$$

ω_i^k rendement de fluorescence, a_i^k rendement d'émission Auger et f_{ij}^k est le rendement Coster-Kronig (Bambyenk et al., 1972).

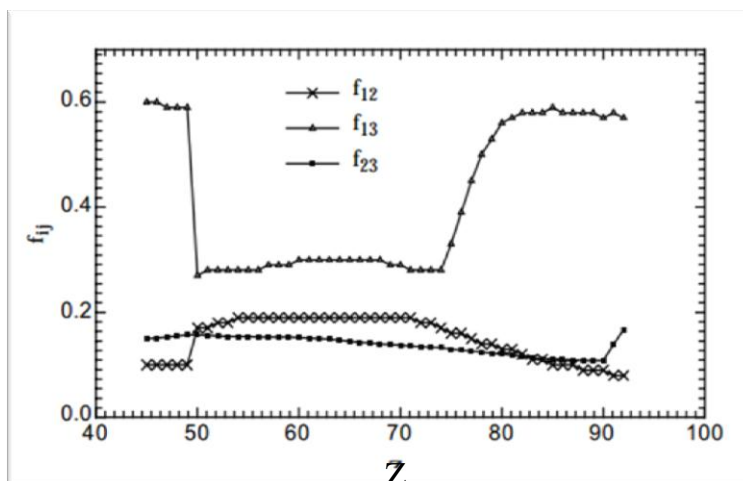


Figure I.19: Transition de Coster-Kronig (Strivay, 2002).

I.12. Section efficace :

I.12.1. Section efficace d'ionisation par particules chargées :

Des particules chargées légères (proton ou alpha) sont le plus souvent utilisées comme projectiles. Dans la gamme d'énergie considérée, soit $0,5$ à 5 MeV par nucléon, les modèles théoriques permettant de rendre compte de l'ionisation des couches atomiques profondes sont basés sur l'interaction coulombienne entre un électron lié et le noyau de la particule chargée incidente. On parle alors de collision rapide ou directe et les partenaires de la collision peuvent être considérés comme des charges ponctuelles (Moretto and Beck, 2003). Parmi les modèles les plus couramment employés, on peut citer :

I.12.1.1. Modèle PWBA (Plane Wave Born Approximation):

Approche développée par (Merzbacher and Lewis, 1958). Le projectile est assimilé à une onde plane se déplaçant selon une trajectoire rectiligne, les états électroniques sont décrits par des fonctions d'onde hydrogénoïde.

La répulsion coulombienne entre le projectile et le noyau cible est négligée. Le modèle s'applique essentiellement pour des ions légers animés de grande vitesse pour lesquels la durée de l'interaction est courte (Kahoul, 2006).

I.12.1.2. Modèle RPWBA-BC (Relativistic Plane Wave Born Approximation – Binding Correction):

C'est un développement du modèle précédent dû à (Mukoyama and Sarkadi, 1982). Les auteurs décrivent les électrons par des fonctions d'ondes hydrogénoïdes relativistes. Ils

incluent l'accroissement des énergies de liaison des électrons périphériques pendant la pénétration du projectile dans le cortège électronique de l'atome cible.

I.12.1.3. Modèle SCA (Semi-Classical Approximation):

Ce modèle développé par (Bang et al., 1959), (Hansteen and Mosebek, 1970), (Hansteen and Mosebek, 1975) pour compenser les insuffisances du modèle PWBA à basse énergie.

La condition nécessaire pour sa validité est :

$$\frac{2Z_1 Z_2 e^2}{\hbar v_1} \gg 1 \quad (\text{I.32})$$

Sous cette condition, le mouvement du projectile dans le champ du noyau cible est traité classiquement alors que les transitions électroniques sont traitées par la mécanique quantique. Le modèle tient compte de la déflexion coulombienne du projectile dans le champ du noyau cible en considérant des trajectoires hyperboliques.

Il conduit à des résultats identiques à ceux obtenus dans le modèle PWBA pour des particules d'énergie élevée.

I.12.1.4. Modèle BEA (Binary Encounter Approximation):

Ce modèle développé par (Garcia, 1970), l'ionisation est attribuée à un échange direct d'énergie entre le projectile et l'électron lié de l'atome cible. Le rôle du noyau cible est d'assurer la répartition des quantités de mouvement dans le système. Les résultats obtenus coïncident assez bien avec l'expérience pour des projectiles d'énergie élevée (Kahoul, 2006).

En outre, à section efficace d'ionisation de la couche K obéit à une loi universelle exprimée ainsi :

$$\sigma_K = \left(\frac{Z_1}{I_K}\right)^2 f\left(\frac{E}{\lambda I_K}\right) \quad (\text{I.33})$$

et $f\left(\frac{E}{\lambda I_K}\right)$ est une fonction donnée par Stanislas (Stanislas, 1973).

I.12.1.5. Modèle PSSA (Perturbed Stationary State Approximation):

Ce modèle proposé par (Basbas et al., 1973) ([29], [30], [31]) des fonctions d'onde perturbées sont utilisées pour décrire les électrons cibles.

Ce modèle a été successivement perfectionné pour inclure les effets suivants :

- ✓ Déflexion coulombienne du projectile dans le champ du noyau cible par (Brandt and Lapicki, 1974) et (Lapicki and Losonsky, 1979).
- ✓ Effets relativistes par (Brandt and Lapicki, 1979).
- ✓ Capture d'électrons de l'atome cible par le projectile par (Lapicki and Losonsky, 1977)
- ✓ Variation de l'énergie du projectile dans le champ du noyau cible (Brandt and Lapicki, 1981), (Lapicki and Zander, 1981), (Lapicki, 1987).

L'apport de toutes ces corrections a conduit à l'élaboration du modèle ECPSSR (Energy Loss, Coulomb Deflexion, Perturbated Stationary State, Relativistic Effects).

I.12.1.6. Modèle ECPSSR:

Des études comparatives ont amené l'équipe de (Brandt and Lapicki, 1979). et puis celle de (Chen and Crasemann, 1982) à appliquer des corrections successives à la section efficace d'ionisation, pour tenir compte d'effets qui n'apparaissent pas dans le cadre de l'approximation de Born. Tout d'abord, l'effet de la déviation coulombienne de la particule incidente due au noyau de l'atome cible empêche toute pénétration profonde de la particule dans les orbitales internes, ce qui réduit d'autant plus la section efficace d'ionisation que la particule incidente est lente.

D'autres corrections doivent être prises en compte comme celles venant de la perturbation des orbitales électroniques provoquée par le passage de la particule chargée incidente, qui entraîne une augmentation apparente de l'énergie de liaison des électrons (Ben Abdelouahed, 2004) .

Il s'agit au total quatre facteurs de correction :

- ✓ L'effet de perturbation des états stationnaires de l'électron de l'atome cible (PSS- Perturbed Stationary States).
- ✓ L'effet de la déviation coulombienne par le noyau (C).
- ✓ L'effet dû au caractère relativiste des électrons (R).
- ✓ L'effet de perte d'énergies de la particule incidente lors de l'ionisation (E).

Donc, la probabilité d'ionisation d'une couche atomique est décrite par la section efficace d'ionisation σ_I .

I.12.2. La section efficace de production de rayons X :

La section efficace de production des rayons X est égale au produit de la section efficace d'ionisation de la couche considérée σ_I par le rendement de fluorescence ω_X de la manière suivante (Dupuis, 2012) :

$$\sigma_X = \sigma_I \omega_X \quad (\text{I.34})$$

I.12.3. Section efficace de production des rayons X de la couche L :

Les sections efficaces de production des raies L , et les sections efficaces d'ionisation sont liées par une relation simple faisant intervenir les rendements de fluorescence de sous couches L_1, L_2, L_3 et les probabilités de Coster-Kronig, et les taux d'émission de rayons X pour les différentes transitions (Kahoul, 2006).

La section efficace de production des raies principales $L_\alpha, L_\beta, L_\gamma$ sera calculée à partir de l'expression suivante :

$$\begin{aligned}\sigma_{L\alpha} &= [(f_{13} + f_{12}f_{23})\sigma_{L1} + f_{23}\sigma_{L2} + \sigma_{L3}]\omega_3 F_{3\alpha} \\ \sigma_{L\beta} &= [\omega_1 F_{1\beta} + f_{12}\omega_2 F_{2\beta}(f_{13} + f_{12}f_{23})\omega_3 F_{3\alpha}]\sigma_{L1} + (\omega_2 F_{2\beta} + f_{23}\omega_3 F_{3\beta})\sigma_{L2} + \omega_3 F_{3\alpha}\sigma_{L3} \\ \sigma_{L\gamma} &= (\omega_1 F_{1\gamma} + f_{12}\omega_2 F_{2\gamma})\sigma_{L1} + \omega_2 F_{2\gamma}\sigma_{L2}\end{aligned}\quad (I.35)$$

Avec : f_{ij} ($i = 1,2$ et $j = 2,3$) sont les probabilités de transition de Coster-Kronig.

F_{iy} ($y = \alpha, \beta, \gamma$) est le taux d'émission de rayons X.

$$F_{iy} = \frac{\Gamma_{iy}}{\Gamma_i} \quad (I.36)$$

Où Γ_i est la probabilité d'une transition électronique vers le niveau L_i et Γ_{iy} est la probabilité de l'émission d'un rayon L_y ($y = \alpha, \beta, \gamma$).

Avec :

Γ_i est la probabilité d'une transition électronique vers le niveau L_i et Γ_{iy} est la probabilité de l'émission d'un rayon L_y ($y = \alpha, \beta, \gamma$), par exemple: $F_{3\alpha} = \frac{\Gamma_{3\alpha}}{\Gamma_3}$, avec Γ_3 est la probabilité d'une transition électronique vers le niveau L_3 conduisant à l'émission d'un rayon X, et $\Gamma_{3\alpha}$ est la probabilité de l'émission d'un rayon $X_{L\alpha}$, c'est-à-dire des transitions $L_3 \rightarrow M_5$ et $L_3 \rightarrow M_4$, conduisant à l'émission des raies $L_{\alpha1}$ et $L_{\alpha2}$ respectivement (Kahoul, 2006).

On aura aussi:

$$\begin{aligned}\Gamma_{1\beta} &= \Gamma_1(M_2, M_3 \rightarrow L_1) + \Gamma_1(M_4, M_5 \rightarrow L_1) \\ \Gamma_{1\gamma} &= \Gamma_1(N_2, N_3 \rightarrow L_1) + \Gamma_1(O_2, O_3 \rightarrow L_1) \\ \Gamma_{2\beta} &= \Gamma_2(M_4 \rightarrow L_2) + \Gamma_2(M_3 \rightarrow L_2) \\ \Gamma_{2\gamma} &= \Gamma_2(N_1 \rightarrow L_2) + \Gamma_2(N_4 \rightarrow L_2) + \Gamma_2(O_1, O_4 \rightarrow L_2) \\ \Gamma_{3\alpha} &= \Gamma_3(M_4 \rightarrow L_3) + \Gamma_3(M_5 \rightarrow L_3) \\ \Gamma_{3\beta} &= \Gamma_3(N_1 \rightarrow L_3) + \Gamma_3(N_4 \rightarrow L_3) + \Gamma_3(N_5 \rightarrow L_3) + \Gamma_3(O_1 \rightarrow L_3) + \Gamma_3(O_4, O_5 \rightarrow L_3)\end{aligned}\quad (I.37)$$

Avec :

$\Gamma_{1\beta}$ et $\Gamma_{1\gamma}$ sont les probabilités de l'émission X pour (M_2, M_3, M_4, M_5) , (N_2, N_3) et (O_2, O_3) vers L_1 .

$\Gamma_{2\beta}$ et $\Gamma_{2\gamma}$ sont les probabilités de l'émission X pour (M_3, M_4) , (N_1, N_4) et (O_1, O_4) vers L_2 .

$\Gamma_{3\alpha}$ et $\Gamma_{3\beta}$ sont les probabilités de l'émission X pour (M_4, M_5) , (N_1, N_4, N_5) et (O_1, O_4, O_5) vers L_3 .

Références Bibliographiques:

Aspiazu, J., " Mise au point d'un programme informatique pour l'analyse quantitative par la méthode PIXE (Particle Induced X-Ray Emission) ", Thèse de Doctorat de l'université Louis Pasteur de Strasbourg, 20 Décembre 1991.

Ayadim, M., and Habib, J. L., "Chimie Générale", Presses universitaires de Louvain Edition, Paris, 10ct 2013.

Bambyenk, W., Carsemann, B., Fink, W., Freund, H.U., Mark, H., Swift, C.D., Price, R.E., and Rao, P.V., "X- Ray Fluorescence yields, Auger, and Coster-kronig transition probabilités", Rev. Mod, Phys 44,716, 1972.

Bang, J., Hasteen, J.M., and Dan, K., Vidensk Selsk, Inner-Shell Vacancy Production in Ion-Atom Collisions, Mat. Phys. Medd. Dan. Vid. Selsk, 1959 N°13.

Basbas, G., Brandt, W., and Laubert, R., "Universal Cross Sections for *K*-Shell Ionization by Heavy Charged Particles. I. Low Particle Velocities". Phys. Rev. A7, 983 (1973).

Basbas, G., Brandt, W., and R.H. Ritchie, "Perturbed-Stationary-State Theory of Atomic Inner-Shell Ionization by Heavy Charged Particles" . Phys. Rev. A7, 1971 (1973).

Basbas, G., Brandt, W., and R. Laubert, "Universal cross sections for *K*-shell ionization by heavy charged particles. II. Intermediate particle velocities". Phys.Rev.A17, 1655 (1978).

Beladel, B., "Etude du taux de sélénium dans la ration alimentaire Algérienne au moyen des techniques nucléaire de micro-analyse", Thèse de Doctorat, Ouargla, 2/12/2015.

Belgium, W. K., " Rayonnements Ionisants", Hans Suijkerbuijk Edition, 2014.

Ben Abdelouahed, H., Etude de la fluorescence X: Développement dans Geant4 de nouveaux modèles de sections efficaces pour la simulation PIXE. Applications biologiques et archéologiques, Thèse de Doctorat de l'université de Tunis El Manar, 2004.

Benoit, D., Grillon, F., Maurice, F., Ruste, J., and Tixier, R., "Microanalyse par sonde électronique" : Spectrométrie de Rayons X, Hoggar Edition, Paris, 1987.

Benslimane, M., "Etude structurale des composés à base d'étain et de complexes organo métalliques au cobalt et au manganèse", Thèse de Magister de l'université Constantine 09/11/2004.

Boufas, S., "Synthèse et étude structurale décomposés à base d'étain II et d'étain IV", Thèse de Magister de l'université Constantine, 09/11/2004.

Brandt, W., and Lapicki, G., Binding and Coulomb-deflection effects in *L* -shell Coulomb ionization by heavy charged particles. Low particle velocities. Phys.Rev. A10, 474 (1974).

Brandt, W., and Lapicki, G., "Original papers on ECPSSR calculation of Cross Sections", Phys. Rev. A20, 1717 (1981).

- Brandt, W., and Lapicki, G., "Original papers on ECPSSR calculation of cross sections", Phys.Rev. A20, 465 (1979).
- Cauchois, Y., and Despujols, J., Techniques de l'ingénieur, 10/06/1990.
- Dupuis, T., "Développement d'un dispositif d'analyses par faisceaux d'ions de haute énergie et applications en archéométrie", Thèse de Doctorat université de Liege, 2012.
- El Hajjar, D., "Développement de la méthode PIXE à haute énergie auprès du Cyclotron ARRONAX", Thèse de Doctorat de l'université Nantes Angers le Mans, 24/06/2014.
- Garcia, J. D., "Classical approximation for ionization by proton impact", Phys.Rev.A1, 280 (1970).
- Garcia, J. D., "Inner-Shell Ionization by Proton impact", Phys.Rev. A1, 1402 (1970).
- Hansteen, J. M., and Mosebek, O.P., Inner shell ionization by heavy, charged particles and associated energy loss of the projectile. Z. Phys. 234, 281 (1970) .
- Hansteen, J. M., and Mosebek, O.P., "Inner Shell Ionization by Incident Nuclei". Adv. in Atom. and Mol. Phys.11, 299 (1975).
- Imelik, B., and Védrine, J. C., "Les Techniques physiques d'étude des catalyseurs", Technip Editions, Paris, 1 janv 1988.
- Kahoul, A., " Sections efficaces de production des raies L des éléments lourds en vue des applications analytiques", thèse de Doctorat de l'université Ferhat Abbas Sétif, 2006.
- Krause, M. O., "Atomic Radiative and Radiationless Yields for K and L Shells", J. Phys. Chem. Ref. Data 8, 1979.
- Landolt, D., "Corrosion et chimie de surfaces des métaux", PPUR presses polytechniques fédérale de Lausanne Editions, janv1997.
- Lapicki, G., "Incorrect corrections to the ECPSSR theory", J.Phys. B 20.L(1987) 633.
- Chen, M.H., and Crasemann, B., Atomic L-shell ionization by protons: Dirac-Hartree-Slater calculation of cross sections, Phys.Rev. A26, 2072 (1982).
- Lapicki, G., and Losonsky, W., " Electron capture from inner shells by fully stripped ions Phys".Rev. A15, 896 (1977).
- Lapicki, G., and Zander, A.R., "Electron Capture in M-Shell X-Ray Production from Heavy Elements by 25- and 35-MeV Fluorine Ions", Phys.Rev. A23, 2072 (1981).
- Lapicki, G., and Losonsky, W., Coulomb deflection in ion-atom collisions Phys.Rev. A20, 481 (1979).
- Lynch, J., " Analyse Physico-Chimique des Catalyseurs Industriels", Editions TECHNIP, Paris, 2001.

Merzbacher, E., and Lewis, H.W., " Encyclopedia of physics", Springer Verlag Berlin Edition, 1958.

Moretto, P., and Beck, L., "Techniques de l'ingénieur", 21/12/2003.

Mukoyama, T., and Sarkadi, L., "Electronic Relativistic effects on L-shell ionization of atoms by light-ion impact", Phys.Rev. A 25, 1982.

Souques, M., "Champs électromagnétiques, environnement et santé, Springer Science & Business Media Edition", 2 févr 2011.

Stanislas, W., Thèse doctorat de 3^{ème} cycle Grenoble (1973).

Strivay, D., " An empirical formula for L line X-ray production cross-section of elements from Ag to U for protons below 3.5 MeV", thèse de Doctorat, Université de Liege, 2002.

CHAPITRE II :
BASE DE DONNEES DES RAPPORTS
D'INTENSITE $\frac{K\beta}{K\alpha}$

II.1. Introduction:

Les rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ sont des quantités importantes en spectroscopie nucléaire et de physique atomique. Ces quantités ont été l'objet de beaucoup de domaine de recherche, qui a été résumée dans plusieurs articles de synthèse. Étude de ces paramètres pour les éléments du tableau périodique a fait l'objet de plusieurs expériences. Ainsi que de l'intérêt théorique depuis quelques années, en vue de leurs applications pour l'analyse élémentaire non-destructive en physique médicale, chimie des surfaces, sciences de l'environnement et de l'industrie. (Yalçın, 2007) a étudié expérimentalement le rapport d'intensité des rayons X relatif à la couche K suivant la désintégration radioactive et la photo ionisation. (Ertuğral et al., 2007) ont étudié les rapports d'intensités des rayons X $\frac{K\beta}{K\alpha}$ pour les éléments dans la région $16 \leq Z \leq 92$ excités par des photons d'énergie de 5.9, 59.5 et 123.6 keV. (Çevik et al., 2007) ont étudié théoriquement et expérimentalement les rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ pour certains métaux purs à 59.5 et 123.6 keV. Les rapports d'intensité de la couche K pour certains éléments lourds à 123.6 keV ont été mesurés par (Apaydin et al., 2008). (Saydam et al., 2008) ont étudié la section efficace de fluorescence de la couche K et les rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ pour Fe, Se, Te, FeSe, FeTe et TeSe. Les paramètres de fluorescence des rayons X de la couche K pour les éléments de $24 \leq Z \leq 65$ dans un champ magnétique externe ont été étudiés par (Demir and Şahin, 2013). (Önder et al., 2013) ont mesuré les paramètres de fluorescence des rayons X de la couche K de certains éléments dans la gamme atomique $40 \leq Z \leq 50$. (Turşucu and Demir, 2013) ont étudié l'effet chimique sur les paramètres de fluorescence des rayons X de la couche K des composés de Ce. Mahalakshmi et al. (Mahalakshmi et al., 2014) ont mesuré les rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ pour les éléments de la région $51 \leq Z \leq 67$ à 59.54 keV. (Doğan et al., 2014) ont déterminé les effets chimiques sur les sections efficaces de production de rayons X de la couche K et les rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ des éléments Co, Ni, Cu et Zn dans les complexes de phtalocyanine. Les paramètres de fluorescence des composés de Zr et Sb ont été étudiés par (Aksoy et al., 2015). (Perişanoğlu and Demir, 2015) ont déterminé l'effet du champ magnétique externe sur les rapports d'intensité des rayons X $\frac{K\beta}{K\alpha}$ pour des différentes compositions d'alliages des alliages de métalliques de transition Ni-Cr.

Dans ce chapitre, nous avons rassemblés les données expérimentales des rapports d'intensité (1107 valeurs) compilées par différents auteurs (123 papiers) publiées durant la période 1969-2018 pour les éléments de numéro atomique $Z=11-96$.

II.2. Les transition radiatives $K\alpha$ et $K\beta$

Les raies d'émission (transition radiative) $K\alpha$ résultent de la transition d'un électron vers la couche K (nombre quantique principal 1) à partir d'une orbitale 2p de la deuxième sous couche L (avec le nombre quantique principal 2). Cette ligne est en fait un doublet, avec des énergies légèrement différentes selon l'énergie d'interaction spin-orbite entre le spin électronique et le moment orbital de l'orbitale 2p. La raie $K\alpha$ est typiquement la ligne spectrale la plus intense pour un élément donné, aussi connue sous le nom série de Lyman. Les émissions $K\beta$ résultent de la transition radiative d'un électron de la couche M où N (nombre quantique principal $n=3,4$) vers la couche K. Dans le tableau 1 est présentées toutes les transitions radiatives les plus intenses vers la couche K.

Tableau 1: transitions radiatives $K\alpha$ et $K\beta$.

Raies		Transitions
$K\alpha$		$K_{\alpha 1}$ L_3-K
		$K_{\alpha 2}$ L_2-K
		$K_{\alpha 3}$ L_1-K
$K\beta$		$K_{\beta 1}$ M_3-K
	$K'_{\beta 1}$	$K_{\beta 3}$ M_2-K
		$K_{\beta 5}$ $M_{4,5}-K$
	$K'_{\beta 2}$	$K_{\beta 2}$ $N_{2,3}-K$
		$K_{\beta 4}$ $N_{4,5}-K$

Les sections efficaces de production des rayons X de la couche K, et les sections efficaces d'ionisation de la même couche sont liées par une relation simple faisant intervenir les rendements de fluorescences (ω_K), et les taux d'émission de rayons X pour les différentes transitions vers la couche K ($F_{K\alpha}$ et $F_{K\beta}$). La section efficace de production des raies K sera calculée à partir des expressions suivantes :

$$\sigma_{K\alpha}^X = F_{K\alpha} \omega_K \sigma_K^I \quad (\text{II.1})$$

$$\sigma_{K\beta}^X = F_{K\beta} \omega_K \sigma_K^I \quad (\text{II.2})$$

$$\text{avec: } F_{K\alpha} = \frac{1}{1 + \left(\frac{K\beta}{K\alpha}\right)} \text{ et } F_{K\beta} = \frac{1}{1 + \left(\frac{K\beta}{K\alpha}\right)^{-1}}$$

II.3. Base de données

Notre base de données pour les rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ se fonde sur différentes publications : (Slivinssky and Ebert, 1969), (Hansen et al., 1970a), (Hansen et al., 1970b), (de Pinho, 1971), (McCray et al., 1971), (Slivinssky and Ebert, 1972), (Salem et al., 1972), (Mohler and Cothorn, 1973), (Paić and Pečar, 1976), (Martins et al., 1980), (Marques et al., 1980), (Casnati et al., 1985), (Rao et al., 1986), (Borowski et al., 1987), (Rao et al., 1987), (Tham and Preiss, 1988), (Coelhon et al., 1989), (Marchetti and Franck, 1989), (LaBrecque and Rosales, 1990), (Bhuinya and Pdhi, 1992), (Bhuinya and Pdhi, 1993), (Küçükönder et al., 1993a), (Küçükönder et al., 1993b), (Büyükkasap et al., 1994), (Zararsiz, 1994), (Dhal and Pdhi, 1994), (Chang et al., 1994), (Söğüt et al., 1995), (Padhi and Dhal, 1995), (Rebohle et al., 1996), (Büyükkasap., 1997), (Durak and Özdemir, 1998), (Bé et al., 1998), (Raj et al., 1998a), (Raj et al., 1998b), (Raj et al., 1999a), (Raj et al., 1999b), (Raj et al., 2000a), (Raj et al., 2000b), (Ertuğrul et al., 2001a), (Söğüt et al., 2001), (Ertuğrul et al., 2001b), (Raj et al., 2001), (Ertugrul et al., 2002), (Ertugrul, 2002), (Jonnard et al., 2002), (Raj et al., 2002), (Pawłowski et al., 2002), (Söğüt et al., 2002), (Dogan and Bacaksiz, 2005), (Çevik et al., 2005), (Şahin et al., 2005), (Öz, 2006), (Bacaksiz et al., 2006), (Bennal and Badiger, 2006), (Aylici et al., 2007), (Kaya et al., 2007), ((Kalayci et al., 2007) , (Bennal and Badiger, 2007), (Ertuğral, 2007), (Cevik et al., 2007), (Yalçın, 2007), (Han et al., 2007), (Ertuğral et al., 2007), (Demir and Şahin, 2007a), (Demir and Şahin, 2007b), (Porikli and Kurucu, 2008b), (Söğüt et al., 2008), (Porikli et al., 2008), (Porikli and Kurucu, 2008a), (Kup Aylikci et al., 2009), (Bennal et al., 2010), (Cengiz et al., 2010a), (Han and Demir, 2010a), (Cengiz et al., 2010b), (Han and Demir, 2010b), (Kup Aylikci et al., 2010b), (Han and Demir, 2010c), (Kup Aylikci et al., 2010a), (Cengiz et al., 2011), (Kup Aylikci et al., 2011), (porikli et al., 2011), (Porikli and Kurucu, 2011b), (Porikli and Kurucu, 2011a), (Saydam et al., 2012), (Turşucu et al., 2012), (Turşucu et al., 2013), (Turşucu and Demir, 2013), (Dogan et al., 2013), (Demir and Şahin, 2013), (Order et al., 2013), (Sreevidya et al., 2013), (Sreevidya et al., 2014), (Anand et al., 2014), (George et al., 2014), (Sita Mahalakshmi et al., 2014), (Doğan et al., 2014a),

(Dogan et al., 2014b), (Cengiz et al., 2014), (Akman et al., 2015), (Kaçal et al., 2015), (Aksoy et al., 2015), (Anand et al., 2015), (Perişanoğlu and Demir, 2015), (Köksal et al., 2015), (Aylikci et al., 2015), (Akman, 2016a), (Dogan et al., 2016), (Akman et al., 2016a), (Akkuş et al., 2016), (Akkuş et al., 2016), (Perişanoğlu et al., 2016), (Uğurlu et al., 2016), (Akman et al., 2016b), (Özdemir et al., 2016), (Dogan et al., 2016), (Alim et al., 2016), (Kup Aylikci et al., 2016), (Cengiz et al., 2017), (Aksoy et al., 2017), (Yilmaz, 2017), (Anand et al., 2018), (Ménesguen et al., 2018), (Köksal et al., 2018).

II.3.1. La distribution des rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ expérimentaux

La figure II.1 représente la distribution des rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ expérimentaux en fonction du numéro atomique Z tel que $11 \leq Z \leq 96$ compilées et éditées pendant la période de 1969-2018.

La majorité des éléments entre $11 \leq Z \leq 96$ sont couvertes, Les données pour tout les éléments de nombre atomique (${}_{84}\text{Po}$, ${}_{85}\text{At}$, ${}_{87}\text{Fr}$, ${}_{89}\text{Ac}$, ${}_{91}\text{Pa}$, ${}_{93}\text{Np}$, ${}_{95}\text{Am}$) ne sont pas encore disponibles dus au fait qu'ils sont difficiles à manipuler et ne sont pas facilement disponibles.

Les cibles métalliques sont bien exploitée et comporte les plus grands nombres de données comme le ${}_{22}\text{Ti}$, ${}_{62}\text{Sm}$, ${}_{24}\text{Cr}$, ${}_{27}\text{Co}$, ${}_{28}\text{Ni}$, ${}_{29}\text{Cu}$, ${}_{30}\text{Zn}$, ${}_{39}\text{Y}$ et ${}_{40}\text{Zr}$.

II.3.2. La valeur moyenne pondéré:

Quand il y des différentes mesures pour la même quantité (dans ce cas c'est le rapport d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$) le calcul de la valeur moyenne pondérée est donné par la relation suivantes (Kahoul et al., 2012; Hubbell et al., 1994)

$$\overline{\frac{K\beta}{K\alpha}} = \left(\sum_{i=1}^N \left(\left(\Delta \frac{K\beta}{K\alpha} \right)_i \right)^{-2} \right)^{-1} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\left(\frac{K\beta}{K\alpha} \right)_i}{\left(\left(\Delta \frac{K\beta}{K\alpha} \right)_i \right)^2} \right) \quad (\text{II.3})$$

$\left(\frac{K\beta}{K\alpha} \right)_i$: est la valeur expérimentale.

$\left(\Delta \frac{K\beta}{K\alpha} \right)_i$: représente l'incertitude de la valeur expérimentale.

N : est le nombre des valeurs expérimentales.

L'incertitude sur le calcul du $\overline{\frac{K\beta}{K\alpha}}$ est donné par la relation:

$$\left(\Delta \frac{\overline{K\beta}}{K\alpha}\right) = \left(\sum_{i=1}^N \left(\left(\Delta \frac{K\beta}{K\alpha}\right)_i\right)^{-2}\right)^{-1} \quad (\text{II.4})$$

Dans le tableau II.2, nous présentons la base de données des rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ expérimentaux ainsi que l'incertitude de mesure de cette valeur pour les éléments atomiques de $Z=11-96$, la référence ou on a tiré la valeur est aussi présenté dans le même tableau, la valeur moyenne pondéré $\frac{\overline{K\beta}}{K\alpha}$ est aussi représentée.

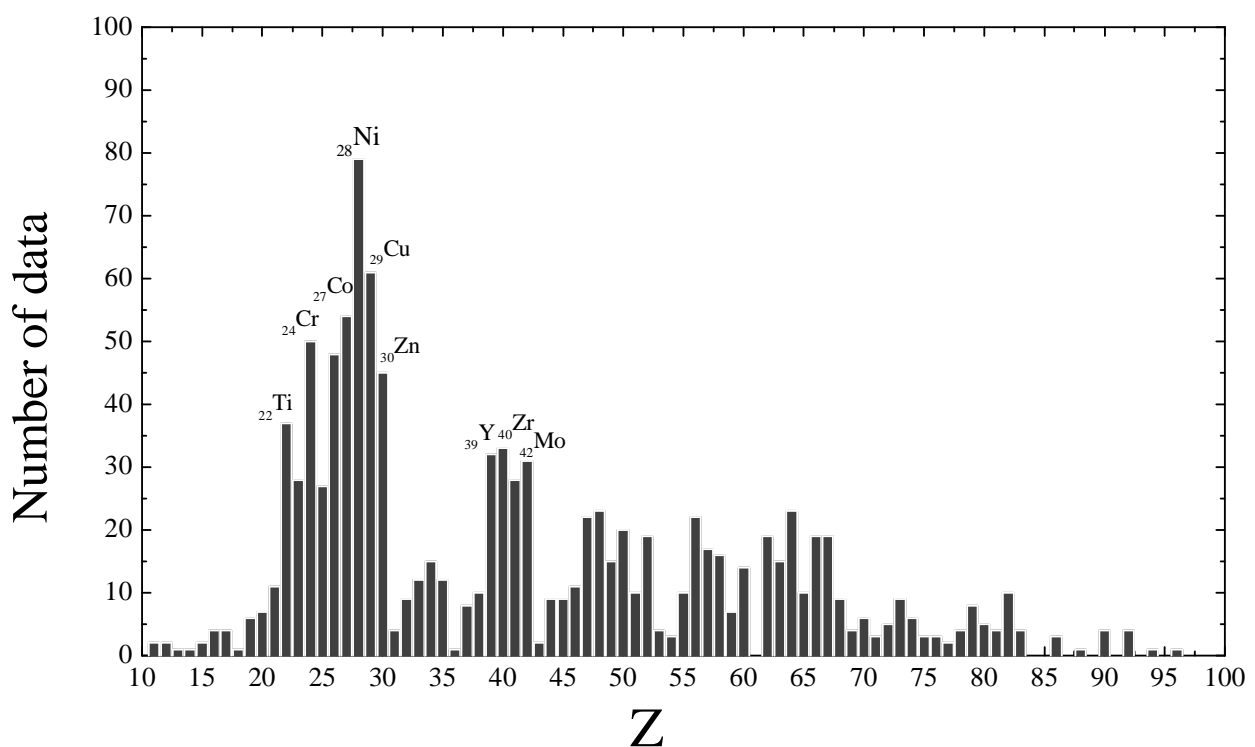


Figure II.1- La distribution des rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ expérimentaux en fonction du numéro atomique Z tel que $11 \leq Z \leq 96$.

Tableau II.2: Base de données des rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ expérimentaux ainsi que l'incertitude de mesure de chaque valeur $\Delta \frac{K\beta}{K\alpha}$ pour les éléments atomiques de $Z= 11-96$, la référence ou on a tiré la valeur est aussi présenté dans le même tableau, la valeur moyenne pondéré $\overline{\frac{K\beta}{K\alpha}}$ est aussi représentée.

Z	$K\beta/K\alpha \pm \Delta(K\beta/K\alpha)$	References	$\overline{K\beta/K\alpha}_w$
Z=11, Na	0.008±0.00025 0.009±0.00025	(Salem et al., 1972) (Salem et al., 1972)	0.0085±0.0002
Z=12, Mg	0.011±0.00025 0.012±0.00025	(Salem et al., 1972) (Salem et al., 1972)	0.0115±0.0002
Z=13, Al	0.018±0.002	(Salem et al., 1972)	0.0118±0.0020
Z=14, Si	0.030±0.002	(Salem et al., 1972)	0.030±0.0020
Z=15, P	0.038±0.002 0.0378±0.0018	(Salem et al., 1972) (Zararsiz, 1994)	0.0379±0.0013
Z=16, S	0.059±0.002 0.0609±0.0027 0.0525±0.0021 0.0591±0.004	(Salem et al., 1972) (Zararsiz, 1994) (Şahin et al., 2005) (Ertuğral et al., 2007)	0.0572±0.0012
Z=17, Cl	0.095±0.002 0.0911±0.0038 0.0678±0.0027 0.0698±0.005	(Salem et al., 1972) (Zararsiz, 1994) (Şahin et al., 2005) (Ertuğral et al., 2007)	0.0849±0.0014
Z=18, Ar	0.1032±0.0067	(Slivnssky and Ebert, 1972)	0.1032±0.0067
Z=19, K	0.1217±0.0055 0.123±0.002 0.124±0.002 0.1220±0.0040 0.0951±0.0038 0.1126±0.008	(Slivnssky and Ebert, 1972) (Salem et al., 1972) (Salem et al., 1972) (Zararsiz, 1994) (Şahin et al., 2005) (Ertuğral et al., 2007)	0.1201±0.0012
Z=20, Ca	0.1280±0.0040 0.128±0.002 0.130±0.002 0.105±0.005 0.1280±0.0050 0.1050±0.0042 0.1228±0.006	(McCray et al., 1971) (Salem et al., 1972) (Salem et al., 1972) (Rao et al., 1986) (Zararsiz, 1994) (Şahin et al., 2005) (Ertuğral et al., 2007)	0.1254±0.0012
Z=21, Sc	0.1302±0.0026 0.133±0.002 0.1290±0.0050 0.1268±0.005 0.1215±0.0063 0.1119±0.0060 0.1124±0.0056 0.1224±0.0054 0.1127±0.0054 0.1140±0.0061 0.1140±0.0078	(Slivnssky and Ebert, 1972) (Salem et al., 1972) (Zararsiz, 1994) (Ertuğral et al., 2007) (Aylikci et al., 2015) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016)	0.1267±0.0012
Z=22, Ti	0.1320±0.0040 0.1319±0.0017 0.135±0.002 0.133±0.002 0.1282±0.0014 0.1320±0.0060 0.1395±0.0016 0.1359±0.0017	(McCray et al., 1971) (Slivnssky and Ebert, 1972) (Salem et al., 1972) (Paić and Pečar, 1976) (Bhuinya and Pdhi, 1992) (Zararsiz, 1994) (Rebohle et al., 1996) (Bé et al., 1998)	0.1279±0.0003

	<p>0.1368±0.0017 0.1265±0.0006 0.1265±0.0006 0.1265±0.0006 0.1265±0.0006 0.1364±0.0134 0.1089±0.0043 0.1282±0.008 0.110±0.009 0.1288±0.0014 0.1284±0.004 0.1301±0.004 0.1344±0.004 0.1380±0.004 0.1370±0.004 0.1352±0.004 0.1362±0.004 0.1372±0.004 0.1148±0.0064 0.1233±0.0063 0.129±0.006 0.1284±0.0039 0.1281±0.0038 0.1270±0.0044 0.1268±0.0044 0.1260±0.0050 0.1258±0.0051 0.1252±0.0025 0.1049±0.0063 0.1028±0.0057</p>	<p>(Bé et al., 1998) (Raj et al., 1998b) (Raj et al., 1999a) (Raj et al., 2002) (Pawłowski et al., 2002) (Söğüt et al., 2002) (Şahin et al., 2005) (Ertuğral et al., 2007) (Han et al., 2007) (Han and Demir, 2010a) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Cengiz et al., 2014) (Aylikci et al., 2015) (Kaçal et al., 2015) (Perişanoğlu et al., 2016) (Perişanoğlu et al., 2016) (Perişanoğlu et al., 2016) (Perişanoğlu et al., 2016) (Perişanoğlu et al., 2016) (Perişanoğlu et al., 2016) (Uğurlu et al., 2016) (Köksal et al., 2015) (Köksal et al., 2018)</p>	
Z=23, V	<p>0.1339±0.0011 0.137±0.002 0.134±0.002 0.128±0.005 0.1479±0.0003 0.1456±0.0021 0.1363±0.0017 0.1385±0.0017 0.1312±0.0008 0.1312±0.0008 0.1312±0.0008 0.121±0.010 0.1312±0.0008 0.1244±0.0050 0.1294±0.006 0.1166±0.0009 0.1227±0.0007 0.113±0.009 0.1363±0.044 0.1213±0.046 0.1129±0.049 0.1232±0.0063 0.1256±0.0023 0.1178±0.0076 0.1283±0.0067 0.1334±0.0063 0.1228±0.0063 0.1243±0.0059</p>	<p>(Slivinssky and Ebert, 1972) (Salem et al., 1972) (Paić and Pečar, 1976) (Rao et al., 1986) (Chang et al., 1994) (Rebohle et al., 1996) (Bé et al., 1998) (Bé et al., 1998) (Raj et al., 1998b) (Raj et al., 1999a) (Raj et al., 1999b) (Ertuğrul et al., 2001b) (Raj et al., 2002) (Şahin et al., 2005) (Ertuğral et al., 2007) (Yalçin, 2007) (Yalçin, 2007) (Han et al., 2007) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Aylikci et al., 2015) (Uğurlu et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016)</p>	0.1380±0.0002

	0.1253±0.0065	(Akkuş et al., 2016)	
Z=24, Cr	0.1135±0.0023 0.1350±0.0040 0.1344±0.0011 0.138±0.002 0.134±0.002 0.132±0.005 0.1234±0.0025 0.1232±0.0025 0.1334±0.0009 0.1338±0.0009 0.1124±0.0013 0.1124±0.0013 0.1124±0.0022 0.1341±0.0033 0.1341±0.0033 0.1469±0.0016 0.1394±0.0017 0.1400±0.0017 0.1314±0.0008 0.1314±0.0008 0.1314±0.0008 0.1314±0.0008 0.128±0.010 0.1314±0.0008 0.1314±0.0008 0.1341±0.0130 0.1342±0.005 0.132±0.005 0.113±0.009 0.1325±0.039 0.1134±0.047 0.0922±0.041 0.1325±0.0045 0.1134±0.0047 0.0922±0.051 0.1173±0.0060 0.119±0.006 0.125±0.006 0.124±0.006 0.1182±0.0060 0.1320±0.0039 0.1311±0.0052 0.1264±0.0050 0.1222±0.0062 0.127±0.006 0.1161±0.0084 0.1259±0.0073 0.1320±0.0079 0.1218±0.0069 0.1222±0.0066 0.1232±0.0076	(Hansen et al., 1970b) (McCray et al., 1971) (Slivinssky and Ebert, 1972) (Salem et al., 1972) (Paić and Pečar, 1976) (Rao et al., 1986) (Tham and Preiss, 1988) (Tham and Preiss, 1988) (Bhuinya and Pdhi, 1992) (Bhuinya and Pdhi, 1993) (Küçükönder et al., 1993a) (Küçükönder et al., 1993b) (Büyükkasap et al., 1994) (Söğüt et al., 1995) (Söğüt et al., 1995) (Rebohle et al., 1996) (Bé et al., 1998) (Bé et al., 1998) (Raj et al., 1998b) (Raj et al., 1999a) (Raj et al., 1999b) (Raj et al., 2000a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Raj et al., 2002) (Pawłowski et al., 2002) (Söğüt et al., 2002) (Ertuğral et al., 2007) (Cevik et al., 2007) (Han et al., 2007) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2011a) (Porikli and Kurucu, 2011a) (Porikli and Kurucu, 2011a) (Dogan et al., 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Dogan et al., 2014b) (Perişanoğlu and Demir, 2015) (Perişanoğlu and Demir, 2015) (Perişanoğlu and Demir, 2015) (Aylikci et al., 2015) (Kaçal et al., 2015) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016)	0.1306±0.0002
Z=25, Mn	0.1361±0.0011 0.138±0.002 0.132±0.004 0.129±0.0025 0.1151±0.0010 0.1151±0.0023	(Slivinssky and Ebert, 1972) (Salem et al., 1972) (Rao et al., 1987) (Coelhon et al., 1989) (Küçükönder et al., 1993a) (Büyükkasap et al., 1994)	0.1280±0.0003

	0.1471±0.0042 0.1383±0.0017 0.1396±0.0017 0.1344±0.0009 0.131±0.013 0.134±0.004 0.1344±0.0009 0.1235±0.0104 0.127±0.006 0.132±0.011 0.1440±0.004 0.1188±0.0011 0.1214±0.0008 0.106±0.008 0.1302±0.037 0.1227±0.041 0.1146±0.043 0.102±0.005 0.111±0.006 0.111±0.006 0.1262±0.0064	(Rebohle et al., 1996) (Bé et al., 1998) (Bé et al., 1998) (Raj et al., 2000a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Jonnard et al., 2002) (Raj et al., 2002) (Söğüt et al., 2002) (Çevik et al., 2005) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Yalçın, 2007) (Yalçın, 2007) (Han et al., 2007) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Aylikci et al., 2015)	
Z=26, Fe	0.1283±0.0025 0.1360±0.0049 0.1366±0.0011 0.136±0.002 0.135±0.002 0.133±0.005 0.133±0.004 0.1160±0.0023 0.1290±0.0005 0.1362±0.0018 0.1372±0.0017 0.1419±0.0019 0.1307±0.0007 0.1307±0.0007 0.1307±0.0007 0.1307±0.0007 0.133±0.011 0.1307±0.0007 0.1307±0.0007 0.1287±0.0110 0.134±0.012 0.1324±0.005 0.135±0.007 0.120±0.010 0.124±0.007 0.1329±0.040 0.1303±0.043 0.1204±0.046 0.1284±0.004 0.1283±0.004 0.1283±0.004 0.1336±0.004 0.1333±0.004 0.1307±0.004 0.1247±0.004 0.1246±0.004 0.1393±0.004	(Hansen et al., 1970b) (McCray et al., 1971) (Slivinsky and Ebert, 1972) (Salem et al., 1972) (Paić and Pečar, 1976) (Rao et al., 1986) (Rao et al., 1987) (Büyükkasap et al., 1994) (Padhi and Dhal, 1995) (Rebohle et al., 1996) (Bé et al., 1998) (Bé et al., 1998) (Raj et al., 1998b) (Raj et al., 1999b) (Raj et al., 2001) (Raj et al., 2000b) (Ertuğrul et al., 2001b) (Raj et al., 2002) (Pawłowski et al., 2002) (Söğüt et al., 2002) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Cevik et al., 2007) (Han et al., 2007) (Söğüt et al., 2008) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b)	0.1308±0.0002

	0.1411±0.004 0.1334±0.007 0.123±0.006 0.134±0.007 0.134±0.007 0.116±0.003 0.1267±0.0065 0.132±0.006 0.1323±0.0019 0.1306±0.0020 0.1291±0.0019 0.1298±0.0026 0.1267±0.0064	(Han and Demir, 2010b) (Saydam et al., 2012) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (George et al., 2014) (Aylikci et al., 2015) (Kaçal et al., 2015) (Alim et al., 2016) (Alim et al., 2016) (Alim et al., 2016) (Uğurlu et al., 2016) (Kup Aylikci et al., 2016)	
Z=27, Co	0.1376±0.0011 0.138±0.002 0.135±0.006 0.135±0.001 0.1194±0.0009 0.1285±0.0006 0.1400±0.0022 0.1379±0.0017 0.1385±0.0017 0.1335±0.0008 0.1335±0.0008 0.133±0.010 0.1335±0.0008 0.1335±0.0008 0.1387±0.0140 0.137±0.011 0.1390±0.007 0.137±0.008 0.139±0.003 0.131±0.005 0.124±0.005 0.1310±0.037 0.1267±0.038 0.1215±0.042 0.1313±0.0087 0.1207±0.0062 0.1342±0.0013 0.1342±0.004 0.1340±0.004 0.1337±0.004 0.1334±0.004 0.1357±0.004 0.1374±0.004 0.1333±0.004 0.1325±0.004 0.1324±0.004 0.1342±0.0063 0.1230±0.0062 0.1230±0.0062 0.122±0.006 0.143±0.007 0.142±0.007 0.12346±0.0063 0.1273±0.0065 0.123±0.008	(Slivinsky and Ebert, 1972) (Salem et al., 1972) (Rao et al., 1986) (LaBrecque and Rosales, 1990) (Küçükönder et al., 1993a) (Padhi and Dhal, 1995) (Rebohle et al., 1996) (Bé et al., 1998) (Bé et al., 1998) (Raj et al., 1999a) (Raj et al., 2000a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Raj et al., 2002) (Pawłowski et al., 2002) (Söğüt et al., 2002) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Cevik et al., 2007) (Porikli and Kurucu, 2008a) (Porikli and Kurucu, 2008a) (Porikli and Kurucu, 2008a) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Kup Aylikci et al., 2009) (Cengiz et al., 2010a) (Han and Demir, 2010a) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010c) (Kup Aylikci et al., 2010a) (Kup Aylikci et al., 2011) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Doğan et al., 2014a) (Aylikci et al., 2015) (Anand et al., 2015)	0.1320±0.0003

	0.1122±0.0057 0.121±0.006 0.162±0.008 0.162±0.008 0.1216±0.0068 0.1239±0.0063 0.1404±0.0042 0.1399±0.0056 0.1379±0.005 0.1283±0.0065 0.125±0.004 0.133±0.006 0.1343±0.0040 0.1338±0.0040 0.1338±0.0047 0.1334±0.0047 0.1325±0.0053 0.1322±0.0053 0.1404±0.0032 0.1399±0.0033 0.1379±0.0031 0.1346±0.0025 0.1314±0.0084 0.1323±0.0085 0.1326±0.0078 0.1245±0.0076 0.1254±0.0056 0.1297±0.0062 0.133±0.007 0.132±0.006 0.125±0.004	(Kup Aylikci et al., 2010b) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Cengiz et al., 2014) (Doğan et al., 2014a) (Perişanoğlu and Demir, 2015) (Perişanoğlu and Demir, 2015) (Perişanoğlu and Demir, 2015) (Aylikci et al., 2015) (Anand et al., 2015) (Kaçal et al., 2015) (Perişanoğlu et al., 2016) (Perişanoğlu et al., 2016) (Perişanoğlu et al., 2016) (Perişanoğlu et al., 2016) (Perişanoğlu et al., 2016) (Perişanoğlu et al., 2016) (Perişanoğlu et al., 2016) (Alim et al., 2016) (Alim et al., 2016) (Alim et al., 2016) (Uğurlu et al., 2016) Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Ménèsguen et al., 2018) (Ménèsguen et al., 2018) (Anand et al., 2018)	
Z=29, Cu	0.1468±0.0011 0.1383±0.0055 0.1387±0.0011 0.134±0.0015 0.136±0.002 0.1382±0.0016 0.136±0.006 0.1388±0.0008 0.1387±0.0008 0.133±0.0025 0.131±0.002 0.1211±0.0019 0.1211±0.0019 0.1335±0.0006 0.1412±0.0016 0.1358±0.0017 0.1388±0.0017 0.1360±0.0006 0.134±0.013 0.1343±0.0012 0.1374±0.0113 0.137±0.011 0.139±0.013 0.1359±0.003 0.136±0.005 0.122±0.010 0.132±0.010	(Slivinssky and Ebert, 1969) (McCray et al., 1971) (Slivinssky and Ebert, 1972) (Salem et al., 1972) (Paić and Pečar, 1976) (Casnati et al., 1985) (Rao et al., 1986) (Tham and Preiss, 1988) (Tham and Preiss, 1988) (Coelhon et al., 1989) (Marchetti and Franck, 1989) (Küçükönder et al., 1993a) (Küçükönder et al., 1993b) (Padhi and Dhal, 1995) (Rebohle et al., 1996) (Bé et al., 1998) (Bé et al., 1998) (Raj et al., 1998a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Raj et al., 2002) (Söğüt et al., 2002) (Çevik et al., 2005) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Cevik et al., 2007) (Han et al., 2007) (Porikli et al., 2008)	0.1361±0.0003

	0.124±0.011 0.121±0.011 0.1366±0.033 0.1344±0.033 0.1220±0.034 0.1314±0.0087 0.1197±0.0061 0.1390±0.004 0.1381±0.004 0.1379±0.004 0.1354±0.004 0.1384±0.004 0.1388±0.004 0.1390±0.004 0.1422±0.004 0.1444±0.004 0.1450±0.004 0.1370±0.0052 0.120±0.006 0.111±0.006 0.111±0.006 0.1210±0.0062 0.1258±0.0064 0.124±0.009 0.137±0.006 0.1296±0.0066 0.1287±0.0085 0.1289±0.0086 0.1314±0.0079 0.1226±0.0075 0.1244±0.0069 0.1244±0.0071 0.1212±0.009 0.124±0.003	(Porikli et al., 2008) (Porikli et al., 2008) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Kup Aylikci et al., 2009) (Cengiz et al., 2010a) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010b) (Han and Demir, 2010c) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Doğan et al., 2014a) (Aylikci et al., 2015) (Anand et al., 2015) (Kaçal et al., 2015) (Dogan et al., 2016) Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Yilmaz, 2017) (Anand et al., 2018)	
Z=30. Zn	0.1517±0.0012 0.1418±0.0011 0.132±0.0015 0.137±0.002 0.138±0.006 0.134±0.0025 0.1528±0.0015 0.136±0.010 0.158±0.005 0.1254±0.0102 0.127±0.0020 0.141±0.010 0.1379±0.005 0.1225±0.0007 0.1267±0.0011 0.136±0.005 0.126±0.010 0.130±0.008 0.147±0.011 0.139±0.012 0.130±0.012 0.1359±0.028 0.1334±0.031 0.1247±0.030	(Slivnssky and Ebert, 1969) (Slivnssky and Ebert, 1972) (Salem et al., 1972) (Paić and Pečar, 1976) (Rao et al., 1986) (Coelhon et al., 1989) (Rebohle et al., 1996) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertugrul, 2002) (Söğüt et al., 2002) (Dogan and Bacaksiz, 2005) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Yalçin, 2007) (Yalçin, 2007) (Cevik et al., 2007) (Han et al., 2007) (Söğüt et al., 2008) (Porikli et al., 2008) (Porikli et al., 2008) (Porikli et al., 2008) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b) (Porikli and Kurucu, 2008b)	0.1326±0.0004

	0.1167±0.0060 0.1200±0.0061 0.1200±0.0061 0.1200±0.0061 0.126±0.006 0.116±0.006 0.116±0.006 0.1168±0.0060 0.1221±0.0062 0.1278±0.0065 0.127±0.004 0.1317±0.0059 0.1299±0.0061 0.1305±0.0064 0.1307±0.0059 0.1243±0.0066 0.1244±0.0062 0.1271±0.0059 0.1200±0.0061 0.1304±0.0074 0.127±0.003	(Cengiz et al., 2010a) (Kup Aylikci et al., 2010a) (Kup Aylikci et al., 2011) (Dogan et al., 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Doğan et al., 2014a) (Dogan et al., 2014b) (Aylikci et al., 2015) (Anand et al., 2015) (Akman, 2016b) Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Kup Aylikci et al., 2016) (Cengiz et al., 2017) (Anand et al., 2018)	
Z=31, Ga	0.143±0.002 0.134±0.011 0.143±0.006 0.1435±0.0048	(Salem et al., 1972) (Öz, 2006) (Cevik et al., 2007) (Akman, 2016b)	0.1428±0.0017
Z=32, Ge	0.1507±0.0056 0.1493±0.0012 0.150±0.002 0.1499±0.0024 0.1498±0.0023 0.152±0.012 0.131±0.010 0.1465±0.005 0.1311±0.010	(McCray et al., 1971) (Slivinssky and Ebert, 1972) (Salem et al., 1972) (Tham and Preiss, 1988) (Tham and Preiss, 1988) (Öz, 2006) (Han et al., 2007) (Akman, 2016b) (Yilmaz, 2017)	0.1493±0.0008
Z=33, As	0.1440±0.0029 0.1543±0.025 0.156±0.006 0.152±0.011 0.163±0.007 0.157±0.011 0.1511±0.005 0.136±0.011 0.142±0.007 0.125±0.006 0.125±0.006 0.1367±0.009	(Hansen et al., 1970b) (Marques et al., 1980) (Rao et al., 1986) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertugrul, 2002) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Han et al., 2007) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Yilmaz, 2017)	0.1438±0.0018
Z=34, Se	0.1692±0.0009 0.1569±0.0067 0.1595±0.0013 0.1616±0.0010 0.1615±0.0010 0.157±0.012 0.164±0.010 0.162±0.011 0.1612±0.005 0.167±0.006 0.1645±0.009 0.138±0.007	(Slivinssky and Ebert, 1969) (McCray et al., 1971) (Slivinssky and Ebert, 1972) (Tham and Preiss, 1988) (Tham and Preiss, 1988) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertugrul, 2002) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Cevik et al., 2007) (Saydam et al., 2012) (Demir and Şahin, 2013)	0.1631±0.0005

	0.130±0.007 0.130±0.007 0.1474±0.0065	(Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Akman, 2016b)	
Z=35, Br	0.168±0.002 0.168±0.010 0.169±0.010 0.1682±0.006 0.143±0.011 0.1504±0.0054 0.1521±0.0057 0.1553±0.0052 0.1589±0.0057 0.1594±0.0054 0.1650±0.0066 0.1485±0.011	(Salem et al., 1972) (Ertuğrul et al., 2001b) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Han et al., 2007) Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Yilmaz, 2017)	0.1629±0.0014
Z=36, Kr	0.1715±0.0014	(Slivinssky and Ebert, 1972)	0.1715±0.0014
Z=37, Rb	0.1748±0.0065 0.1766±0.0018 0.171±0.015 0.170±0.009 0.175±0.011 0.1806±0.007 0.158±0.013 0.1588±0.012	(McCray et al., 1971) (Marques et al., 1980) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertugrul, 2002) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Han et al., 2007) (Yilmaz, 2017)	0.1758±0.0016
Z=38, Sr	0.1815±0.0010 0.1732±0.0035 0.1828±0.0018 0.181±0.016 0.162±0.006 0.186±0.010 0.1812±0.009 0.164±0.008 0.180±0.009 0.181±0.009	(Slivinssky and Ebert, 1969) (Hansen et al., 1970b) (Marques et al., 1980) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertugrul, 2002) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013)	0.1808±0.0008
Z=39, Y	0.1819±0.0010 0.1842±0.0015 0.190±0.002 0.183±0.007 0.174±0.009 0.188±0.010 0.1856±0.009 0.191±0.007 0.169±0.014 0.1822±0.008 0.1822±0.008 0.1753±0.011 0.1712±0.011 0.169±0.009 0.182±0.009 0.182±0.009 0.1565±0.0098 0.1675±0.0070 0.1686±0.0045 0.1691±0.0045 0.1693±0.0045 0.1705±0.0045 0.1707±0.0045 0.1705±0.0045	(Slivinssky and Ebert, 1969) (Slivinssky and Ebert, 1972) (Salem et al., 1972) (Rao et al., 1986) (Ertugrul, 2002) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Cevik et al., 2007) (Han et al., 2007) (porikli et al., 2011) (Porikli and Kurucu, 2011b) (Porikli and Kurucu, 2011b) (Porikli and Kurucu, 2011b) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Akman et al., 2016b) (Akman, 2016b) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016)	0.1808±0.0006

	0.1702±0.0045 0.1706±0.0045 0.1815±0.0063 0.1836±0.0066 0.1841±0.0059 0.1764±0.0058 0.1763±0.0053 0.1844±0.0062	(Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016)	
Z=40. Zr	0.1878±0.0073 0.192±0.002 0.190±0.006 0.191±0.016 0.185±0.006 0.176±0.018 0.193±0.014 0.1898±0.008 0.171±0.014 0.1877±0.009 0.1737±0.004 0.1737±0.004 0.195±0.023 0.177±0.009 0.193±0.010 0.192±0.010 0.17±0.01 0.1667±0.0100 0.1848±0.0071 0.1693±0.0045 0.1695±0.0045 0.1698±0.0045 0.1717±0.0045 0.1738±0.0045 0.1743±0.0045 0.1740±0.0045 0.1741±0.0045 0.1941±0.0085 0.1981±0.0072 0.1991±0.0075 0.1744±0.0082 0.1757±0.0069 0.1853±0.0068	(McCray et al., 1971) (Salem et al., 1972) (Rao et al., 1986) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertugrul, 2002) (Ertugrul et al., 2002) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Han et al., 2007) (porikli et al., 2011) (Turşucu et al., 2012) (Order et al., 2013) (Turşucu et al., 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Aksoy et al., 2015) (Akman et al., 2016b) (Akman, 2016b) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016)	0.1808±0.0010
Z=41, Nb	0.193±0.002 0.194±0.006 0.196±0.012 0.1993±0.008 0.178±0.014 0.1984±0.010 0.1772±0.004 0.1772±0.004 0.197±0.022 0.175±0.009 0.190±0.010 0.191±0.010 0.1698±0.0092 0.1783±0.0064 0.1758±0.0045 0.1758±0.0045 0.1761±0.0045	(Salem et al., 1972) (Rao et al., 1986) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Han et al., 2007) (porikli et al., 2011) (Turşucu et al., 2012) (Order et al., 2013) (Turşucu et al., 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Akman et al., 2016b) (Akman, 2016b) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016)	0.1846±0.0010

	0.1783±0.0045 0.1788±0.0045 0.1813±0.0045 0.1812±0.0045 0.1815±0.0045 0.1997±0.0073 0.2020±0.0084 0.2098±0.0069 0.1788±0.0074 0.1797±0.0059 0.1864±0.0059	(Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016) (Akkuş et al., 2016)	
Z=42, Mo	0.1969±0.0012 0.2016±0.0080 0.1974±0.0015 0.199±0.006 0.2048±0.0005 0.193±0.014 0.1898±0.015 0.182±0.009 0.202±0.010 0.2016±0.004 0.185±0.005 0.197±0.006 0.185±0.005 0.2007±0.010 0.1809±0.004 0.1809±0.004 0.184±0.007 0.201±0.022 0.193±0.010 0.203±0.010 0.203±0.010 0.1723±0.0094 0.1804±0.0063 0.1860±0.0045 0.1881±0.0045 0.1902±0.0045 0.1912±0.0045 0.1917±0.0045 0.1942±0.0045 0.1963±0.0045 0.1958±0.0045	(Slivinsky and Ebert, 1969) (McCray et al., 1971) (Casnati et al., 1985) (Rao et al., 1986) (Padhi and Dhal, 1995) (Ertuğrul et al., 2001b) (Söğüt et al., 2001) (Ertugrul et al., 2002) (Öz, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Bennal and Badiger, 2007) (Cevik et al., 2007) (Bennal et al., 2010) (porikli et al., 2011) (Turşucu et al., 2012) (Order et al., 2013) (Anand et al., 2013) (Turşucu et al., 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Akman et al., 2016b) (Akman, 2016b) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016) (Özdemir et al., 2016)	0.2013±0.0004
Z=43, Tc	0.1776±0.0008 0.1853±0.0008	(Yalçın, 2007) (Yalçın, 2007)	0.1815±0.0006
Z=44, Ru	0.2126±0.0005 0.198±0.016 0.1714±0.0013 0.2034±0.0010 0.1875±0.004 0.1875±0.004 0.204±0.018 0.2034±0.0097 0.1946±0.0058	(Padhi and Dhal, 1995) (Ertuğrul et al., 2001b) (Yalçın, 2007) (Yalçın, 2007) (Turşucu et al., 2012) (Order et al., 2013) (Turşucu et al., 2013) (Akman et al., 2016b) (Akman, 2016b)	0.2061±0.0004
Z=45, Rh	0.2120±0.0081 0.250±0.002 0.2033±0.0020 0.210±0.004 0.2078±0.0005	(McCray et al., 1971) (Salem et al., 1972) (Marques et al., 1980) (Rao et al., 1986) (Padhi and Dhal, 1995)	0.2094±0.0005

	0.212±0.017 0.1906±0.004 0.1905±0.004 0.207±0.018	(Ertuğrul et al., 2001b) (Turşucu et al., 2012) (Order et al., 2013) (Turşucu et al., 2013)	
Z=46, Pd	0.2101±0.0013 0.2061±0.0016 0.211±0.004 0.2124±0.0005 0.207±0.014 0.198±0.009 0.1993±0.004 0.1932±0.1932 0.211±0.019 0.1980±0.0093 0.2109±0.0062	(Slivinsky and Ebert, 1969) (Marques et al., 1980) (Rao et al., 1986) (Padhi and Dhal, 1995) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertugrul et al., 2002) (Turşucu et al., 2012) (Order et al., 2013) (Turşucu et al., 2013) (Akman et al., 2016b) (Akman, 2016b)	0.2114±0.0004
Z=47, Ag	0.2110±0.0042 0.2185±0.0088 0.2105±0.0021 0.210±0.004 0.203±0.0025 0.2009±0.0003 0.217±0.015 0.198±0.010 0.2096±0.004 0.198±0.003 0.2101±0.0139 0.198±0.003 0.1964±0.004 0.1963±0.004 0.192±0.005 0.214±0.022 0.186±0.009 0.172±0.009 0.172±0.009 0.212±0.003 0.1891±0.0090 0.2154±0.0065	(Hansen et al., 1970b) (McCray et al., 1971) (Marques et al., 1980) (Rao et al., 1986) (Coelhon et al., 1989) (Dhal and Pdhi, 1994) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertugrul et al., 2002) (Ertuğral et al., 2007) (Bennal and Badiger, 2007) (Kup Aylikci et al., 2009) (Bennal et al., 2010) (Turşucu et al., 2012) (Order et al., 2013) (Anand et al., 2013) (Turşucu et al., 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (George et al., 2014) (Akman et al., 2016b) (Akman, 2016b)	0.2012±0.0003
Z=48, Cd	0.2141±0.0012 0.214±0.004 0.210±0.0025 0.2141±0.0009 0.217±0.015 0.2127±0.013 0.206±0.011 0.210±0.021 0.2035±0.006 0.2068±0.0011 0.2106±0.0022 0.199±0.004 0.212±0.007 0.200±0.016 0.199±0.004 0.1995±0.004 0.2057±0.004 0.221±0.024 0.200±0.010 0.184±0.009 0.184±0.009	(Casnati et al., 1985) (Rao et al., 1986) (Coelhon et al., 1989) (Dhal and Pdhi, 1994) (Ertuğrul et al., 2001b) (Söğüt et al., 2001) (Dogan and Bacaksiz, 2005) (Bacaksiz et al., 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Yalçın, 2007) (Yalçın, 2007) (Bennal and Badiger, 2007) (Cevik et al., 2007) (Han et al., 2007) (Bennal et al., 2010) (Turşucu et al., 2012) (Order et al., 2013) (Turşucu et al., 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013)	0.2107±0.0005

	0.2017±0.0097 0.2133±0.0063	(Akman et al., 2016b) (Akman, 2016b)	
Z=49, In	0.2147±0.0021 0.219±0.004 0.219±0.006 0.217±0.0025 0.220±0.018 0.2098±0.009 0.205±0.003 0.219±0.008 0.203±0.016 0.205±0.003 0.204±0.010 0.188±0.010 0.189±0.010 0.2062±0.0098 0.2179±0.0067	(Marques et al., 1980) (Rao et al., 1986) (Rao et al., 1987) (Coelhon et al., 1989) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğral et al., 2007) (Bennal and Badiger, 2007) (Cevik et al., 2007) (Han et al., 2007) (Bennal et al., 2010) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Akman et al., 2016b) (Akman, 2016b)	0.212±0.0011
Z=50, Sn	0.2306±0.0095 0.2273±0.0077 0.222±0.005 0.215±0.0025 0.2183±0.0006 0.226±0.020 0.2086±0.011 0.208±0.003 0.221±0.009 0.206±0.017 0.208±0.003 0.2061±0.004 0.2029±0.004 0.235±0.033 0.205±0.010 0.225±0.011 0.224±0.011 0.2088±0.0102 0.2148±0.0067 0.1949±0.0099	(McCray et al., 1971) (Mohler and Cothorn, 1973) (Rao et al., 1986) (Coelhon et al., 1989) (Dhal and Pdhi, 1994) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğral et al., 2007) (Bennal and Badiger, 2007) (Cevik et al., 2007) (Han et al., 2007) (Bennal et al., 2010) (Turşucu et al., 2012) (Order et al., 2013) (Turşucu et al., 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Akman et al., 2016b) (Akman, 2016b) (Dogan et al., 2016)	0.2170±0.0005
Z=51, Sb	0.228±0.016 0.212±0.012 0.2248±0.005 0.212±0.011 0.196±0.010 0.196±0.010 0.2105±0.007 0.21±0.01 0.2051±0.0100 0.2134±0.0067	(Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğrul et al., 2002) (Ertuğral et al., 2007) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Sita Mahalakshmi et al., 2014) (Anand et al., 2015) (Akman et al., 2016b) (Akman, 2016b)	0.2132 ±0.0027
Z=52, Te	0.2283±0.0016 0.2300±0.0046 0.2280±0.0034 0.230±0.018 0.2194±0.008 0.226±0.009 0.229±0.012 0.211±0.011 0.211±0.011 0.254±0.006 0.2196±0.0108	(Slivinssky and Ebert, 1969) (Hansen et al., 1970b) (Martins et al., 1980) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğral et al., 2007) (Cevik et al., 2007) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (George et al., 2014) (Akman et al., 2016b)	0.2248 ±0.0012

	0.2175±0.0069 0.20±0.01 0.20±0.01 0.15±0.01 0.16±0.01 0.22±0.01 0.18±0.01 0.24±0.01	(Akman, 2016b) (Aksoy et al., 2017) (Aksoy et al., 2017) (Aksoy et al., 2017) (Aksoy et al., 2017) (Aksoy et al., 2017) (Aksoy et al., 2017) (Aksoy et al., 2017)	
Z=53, I	0.2343±0.0095 0.234±0.016 0.2211±0.008 0.2123±0.011	(McCray et al., 1971) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğrul et al., 2007) (Saydam et al., 2012)	0.2243 ±0.0051
Z=54, Xe	0.2345±0.0047 0.2103±0.0009 0.2365±0.0008	(Hansen et al., 1970b) (Yalçın, 2007) (Yalçın, 2007)	0.2251 ±0.0006
Z=55, Cs	0.2355±0.0035 0.238±0.006 0.2369±0.0047 0.234±0.018 0.2165±0.0007 0.2021±0.0010 0.2287±0.0012 0.2287±0.0012 0.2326±0.007 0.2328±0.0073	(Martins et al., 1980) (Rao et al., 1987) (Büyükkasap et al., 1994) (Ertuğrul et al., 2001b) (Yalçın, 2007) (Yalçın, 2007) (Yalçın, 2007) (Yalçın, 2007) (Sita Mahalakshmi et al., 2014) (Akman, 2016b)	0.2179 ±0.0005
Z=56, Ba	0.2370±0.0048 0.2446±0.0102 0.2372±0.0071 0.2376±0.0048 0.2385±0.0047 0.2386±0.0047 0.2387±0.0047 0.2369±0.0047 0.2357±0.0047 0.235±0.017 0.2472±0.005 0.2118±0.0013 0.2355±0.0008 0.238±0.010 0.227±0.018 0.251±0.021 0.227±0.012 0.245±0.012 0.245±0.012 0.251±0.004 0.2268±0.0097 0.2353±0.0079	(Hansen et al., 1970b) (McCray et al., 1971) (Martins et al., 1980) (Büyükkasap et al., 1994) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğrul et al., 2007) (Yalçın, 2007) (Yalçın, 2007) (Cevik et al., 2007) (Han et al., 2007) (Sreevidya et al., 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Sreevidya et al., 2014) (Akman et al., 2016a) (Akman, 2016b)	0.2311 ±0.0006
Z=57, La	0.2435±0.0049 0.2414±0.0036 0.2391±0.0048 0.2400±0.0048 0.2380±0.0048 0.2390±0.0048 0.2363±0.0047 0.242±0.002 0.243±0.021 0.2542±0.005 0.246±0.013	(Hansen et al., 1970b) (Marques et al., 1980) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Ertuğrul et al., 2001a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğrul et al., 2007) (Demir and Şahin, 2013)	0.2415 ±0.0012

	0.258±0.013 0.257±0.013 0.2326±0.007 0.2302±0.0075 0.243±0.014 0.2504±0.0090	(Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Sita Mahalakshmi et al., 2014) (Akman et al., 2016a) (Akman, 2016a) (Akman, 2016b)	
Z=58, Ce	0.2415±0.0018 0.2493±0.0102 0.245±0.002 0.244±0.018 0.241±0.013 0.2460±0.005 0.2460±0.005 0.2316±0.0052 0.143±0.013 0.260±0.013 0.260±0.013 0.2319±0.007 0.2311±0.016 0.2311±0.0076 0.235±0.010 0.2478±0.0080	(Slivinssky and Ebert, 1969) (McCray et al., 1971) (Ertuğrul et al., 2001a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertugrul et al., 2002) (Ertuğral et al., 2007) (Ertuğral, 2007) (Turşucu and Demir, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Sita Mahalakshmi et al., 2014) (Akman et al., 2015) (Akman et al., 2016a) (Akman, 2016a) (Akman, 2016b)	0.2418 ±0.0011
Z=59, Pr	0.2427±0.0018 0.255±0.002 0.247±0.019 0.2376±0.005 0.2376±0.005 0.2338±0.007 0.230±0.010	(Slivinssky and Ebert, 1969) (Ertuğrul et al., 2001a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğral et al., 2007) (Ertuğral, 2007) (Sita Mahalakshmi et al., 2014) (Akman, 2016a)	0.2462 ±0.0012
Z=60, Nd	0.235±0.020 0.247±0.002 0.248±0.018 0.247±0.014 0.2402±0.005 0.2402±0.005 0.242±0.006 0.249±0.015 0.249±0.015 0.2418±0.006 0.2495±0.015 0.2495±0.015 0.2384±0.007 0.228±0.013	(Durak and Özdemir, 1998) (Ertuğrul et al., 2001a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertugrul et al., 2002) (Ertuğral et al., 2007) (Ertuğral, 2007) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007b) (Demir and Şahin, 2007b) (Demir and Şahin, 2007b) (Sita Mahalakshmi et al., 2014) (Akman, 2016a)	0.2445 ±0.0015
Z=62, Sm	0.2584±0.0020 0.2538±0.0101 0.2632±0.0036 0.2491±0.0050 0.2492±0.0050 0.2495±0.0050 0.2469±0.0049 0.2472±0.0049 0.240±0.022 0.252±0.002 0.251±0.019 0.2451±0.008 0.2451±0.008 0.239±0.019 0.252±0.013	(Slivinssky and Ebert, 1969) (McCray et al., 1971) (Borowski et al., 1987) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Durak and Özdemir, 1998) (Ertuğrul et al., 2001a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğral et al., 2007) (Ertuğral, 2007) (Han et al., 2007) (Demir and Şahin, 2013)	0.2537 ±0.0011

	0.284±0.014 0.284±0.014 0.2429±0.007 0.233±0.012	(Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Sita Mahalakshmi et al., 2014) (Akman, 2016a)	
Z=63, Eu	0.2519±0.0019 0.2485±0.0050 0.252±0.007 0.242±0.018 0.254±0.003 0.254±0.020 0.2549±0.003 0.2549±0.003 0.239±0.015 0.240±0.003 0.240±0.003 0.2388±0.015 0.2402±0.003 0.2403±0.003 0.241±0.013	(Slivinssky and Ebert, 1969) (Hansen et al., 1970b) (Rao et al., 1987) (Durak and Özdemir, 1998) (Ertuğrul et al., 2001a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğral et al., 2007) (Ertuğral, 2007) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007b) (Demir and Şahin, 2007b) (Demir and Şahin, 2007b) (Akman, 2016a)	0.2478 ±0.0009
Z=64, Gd	0.2577±0.0020 0.2561±0.0102 0.2587±0.0052 0.2578±0.0052 0.2568±0.0051 0.2565±0.0051 0.2562±0.0051 0.244±0.021 0.257±0.003 0.255±0.020 0.2622±0.005 0.2622±0.005 0.244±0.020 0.247±0.005 0.248±0.006 0.248±0.006 0.2473±0.005 0.2487±0.006 0.2481±0.006 0.2496±0.007 0.2650±0.019 0.2650±0.0074 0.239±0.014	(Slivinssky and Ebert, 1969) (McCray et al., 1971) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Durak and Özdemir, 1998) (Ertuğrul et al., 2001a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğral et al., 2007) (Ertuğral, 2007) (Han et al., 2007) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007b) (Demir and Şahin, 2007b) (Demir and Şahin, 2007b) (Sita Mahalakshmi et al., 2014) (Akman et al., 2015) (Akman et al., 2016a) (Akman, 2016a)	0.2555 ±0.0011
Z=65, Tb	0.2485±0.0050 0.2644±0.0117 0.259±0.003 0.258±0.020 0.2515±0.007 0.263±0.013 0.290±0.015 0.291±0.015 0.2618±0.0089 0.247±0.014	(Hansen et al., 1970b) (Borowski et al., 1987) (Ertuğrul et al., 2001a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğral et al., 2007) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Demir and Şahin, 2013) (Akman et al., 2016a) (Akman, 2016a)	0.2578±0.0022
Z=66, Dy	0.2549±0.0051 0.2570±0.0051 0.2565±0.0051 0.2554±0.0051 0.2555±0.0051 0.247±0.021	(Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Büyükkasap., 1997) (Durak and Özdemir, 1998)	0.2684±0.0011

	0.263±0.003 0.259±0.020 0.2461±0.009 0.246±0.020 0.277±0.030 0.278±0.003 0.278±0.003 0.2774±0.030 0.2779±0.003 0.2780±0.003 0.2507±0.008 0.2534±0.0054 0.260±0.017	(Ertuğrul et al., 2001a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğral et al., 2007) (Han et al., 2007) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007b) (Demir and Şahin, 2007b) (Demir and Şahin, 2007b) (Demir and Şahin, 2007b) (Sita Mahalakshmi et al., 2014) (Akman et al., 2016a) (Akman, 2016a)	
Z=67, Ho	0.2609±0.0108 0.2609±0.0052 0.2594±0.0052 0.2598±0.0052 0.2566±0.0051 0.2586±0.0052 0.250±0.019 0.260±0.002 0.260±0.021 0.2609±0.008 0.247±0.020 0.259±0.013 0.262±0.004 0.261±0.004 0.2596±0.013 0.2616±0.004 0.2613±0.004 0.2525±0.008 0.2575±0.0037	(McCray et al., 1971) (Büyükkasap, 1997) (Büyükkasap, 1997) (Büyükkasap, 1997) (Büyükkasap, 1997) (Büyükkasap, 1997) (Durak and Özdemir, 1998) (Ertuğrul et al., 2001a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğral et al., 2007) (Han et al., 2007) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007a) (Demir and Şahin, 2007b) (Demir and Şahin, 2007b) (Demir and Şahin, 2007b) (Sita Mahalakshmi et al., 2014) (Akman et al., 2016a)	0.2598±0.0011
Z=68, Er	0.2564±0.0020 0.263±0.007 0.251±0.023 0.261±0.003 0.262±0.021 0.2549±0.007 0.247±0.020 0.2555±0.0053 0.272±0.017	(Slivinssky and Ebert, 1969) (Rao et al., 1987) (Durak and Özdemir, 1998) (Ertuğrul et al., 2001a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Ertuğral et al., 2007) (Han et al., 2007) (Akman et al., 2016a) (Akman, 2016a)	0.2578±0.0015
Z=69, Tm	0.266±0.003 0.264±0.020 0.256±0.010 0.2609±0.005	(Ertuğrul et al., 2001a) (Ertuğrul et al., 2001b) (Kaya et al., 2007) (Ertuğral et al., 2007)	0.2641±0.0025
Z=70, Yb	0.2681±0.0022 0.2550±0.0051 0.2651±0.0114 0.255±0.022 0.270±0.014 0.2589±0.005	(Slivinssky and Ebert, 1969) (Hansen et al., 1970b) (McCray et al., 1971) (Durak and Özdemir, 1998) (Kaya et al., 2007) (Ertuğral et al., 2007)	0.2651±0.0018
Z=71, Lu	0.2483±0.0049 0.260±0.013 0.2669±0.009	(Borowski et al., 1987) (Kaya et al., 2007) (Ertuğral et al., 2007)	0.2533±0.0041
Z=72, Hf	0.2688±0.0022 0.268±0.009 0.307±0.0138 0.2658±0.008	(Slivinssky and Ebert, 1969) (Kaya et al., 2007) (Aylici et al., 2007) (Ertuğral et al., 2007)	0.2633±0.0017

	0.250±0.003	(Bennal et al., 2010)	
Z=73, Ta	0.2615±0.0052 0.2648±0.0114 0.268±0.007 0.261±0.018 0.251±0.004 0.273±0.011 0.2704±0.005 0.271±0.012 0.251±0.004	(Hansen et al., 1970b) (McCray et al., 1971) (Rao et al., 1987) (Durak and Özdemir, 1998) (Bennal and Badiger, 2006) (Kaya et al., 2007) (Ertuğral et al., 2007) (Cevik et al., 2007) (Bennal et al., 2010)	0.2589±0.0020
Z=74, W	0.2710±0.0022 0.264±0.017 0.266±0.012 0.2710±0.005 0.274±0.012 0.265±0.006	(Slivinssky and Ebert, 1969) (Durak and Özdemir, 1998) (Kaya et al., 2007) (Ertuğral et al., 2007) (Cevik et al., 2007) (Cengiz et al., 2011)	0.2703±0.0019
Z=75, Re	0.274±0.015 0.2684±0.009 0.258±0.006	(Kaya et al., 2007) (Ertuğral et al., 2007) (Cengiz et al., 2011)	0.2625±0.0047
Z=76, Os	0.275±0.017 0.2710±0.008 0.272±0.006	(Kaya et al., 2007) (Ertuğral et al., 2007) (Cengiz et al., 2011)	0.2719±0.0046
Z=77, Ir	0.2738±0.0120 0.2724±0.005	(McCray et al., 1971) (Ertuğral et al., 2007)	0.2726±0.0046
Z=78, Pt	0.2705±0.0054 0.2682±0.005 0.259±0.006 0.260±0.006	(Hansen et al., 1970b) (Ertuğral et al., 2007) (Cengiz et al., 2011) (Anand et al., 2014)	0.2651±0.0028
Z=79, Au	0.2786±0.0023 0.2675±0.0306 0.2721±0.0122 0.262±0.003 0.2680±0.005 0.262±0.003 0.280±0.007 0.264±0.010	(Slivinssky and Ebert, 1969) (de Pinho, 1971) (McCray et al., 1971) (Bennal and Badiger, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Bennal et al., 2010) (Cengiz et al., 2010b) (Anand et al., 2014)	0.2698±0.0014
Z=80, Hg	0.2759±0.0312 0.272±0.025 0.2794±0.003 0.2553±0.0006 0.2772±0.0007	(de Pinho, 1971) (Durak and Özdemir, 1998) (Ertuğral et al., 2007) (Yalçın, 2007) (Yalçın, 2007)	0.2649±0.0005
Z=81, Tl	0.2795±0.0056 0.2759±0.0242 0.2695±0.005 0.287±0.009	(Hansen et al., 1970b) (de Pinho, 1971) (Ertuğral et al., 2007) (Sreevidya et al., 2014)	0.2759±0.0034
Z=82, Pb	0.2710±0.0022 0.2810±0.0056 0.2748±0.0295 0.2712±0.0121 0.279±0.007 0.275±0.021 0.268±0.003 0.2822±0.007 0.268±0.003 0.262±0.006	(Slivinssky and Ebert, 1969) (Hansen et al., 1970b) (de Pinho, 1971) (McCray et al., 1971) (Rao et al., 1987) (Durak and Özdemir, 1998) (Bennal and Badiger, 2006) (Ertuğral et al., 2007) (Bennal et al., 2010) (Anand et al., 2014)	0.2706±0.0014
Z=83, Bi	0.2793±0.0216 0.2744±0.0121 0.2896±0.009	(de Pinho, 1971) (McCray et al., 1971) (Ertuğral et al., 2007)	0.2859±0.0062

	0.295±0.014	(Cevik et al., 2007)	
Z=86, Rn	0.2785±0.0234 0.2606±0.0012 0.2847±0.0013	(de Pinho, 1971) (Yalçin, 2007) (Yalçin, 2007)	0.2717±0.0009
Z=88, Ra	0.2837±0.0236	(de Pinho, 1971)	0.2837±0.0236
Z=90. Th	0.2899±0.0025 0.2824±0.0233 0.2857±0.0126 0.3141±0.010	(Slivinsky and Ebert, 1969) (de Pinho, 1971) (McCray et al., 1971) (Ertuğral et al., 2007)	0.2910±0.0024
Z=92, U	0.2933±0.0026 0.2814±0.0200 0.2762±0.0124 0.3152±0.009	(Slivinsky and Ebert, 1969) (de Pinho, 1971) (McCray et al., 1971) (Ertuğral et al., 2007)	0.2941±0.0024
Z=94, Pu	0.2809±0.0126	(McCray et al., 1971)	0.2809±0.0126
Z=96, Cm	0.327±0.010	(Hansen et al., 1970a)	0.327±0.010

Références Bibliographiques:

Akkuş, T., Şahin, Y., Yılmaz, D., and Tuzluca, F. N., "The K-beta/K-alpha intensity ratios of some elements at different azimuthal scattering angles at 59.54 keV". *Can. J. Phys.* 94, 1-5 (2016).

Akman, F., Durak, R., Kaçal, M. R., Turhan, M. F., and Akdemir, F., "Determination of K-shell absorption jump factors and jump ratios for La_2O_3 , Ce and Gd using two different methods". *Radiation Physics and Chemistry* 107, 75-81 (2015).

Akman, F., Kaçal, M. R., and Durak, R., "The excitation probabilities of $K\alpha, \beta$ and $\text{La}_{1,2}$ for some elements in $56 \leq Z \leq 68$ at 59.54keV". *Radiation Physics and Chemistry* 119, 29-36 (2016a).

Akman, F., F., Akdemir, F., Durak, R., Kaçal, M.R., Aksakal, O., and Araz. A., "Determination of $K\alpha, \beta$ excitation factors in thin target for selected elements from Y to Te at 59.54 keV excitation energy". *Applied Radiation and Isotopes* 107, 366-371 (2016b).

Akman. F., "Experimental values of K to L_i sub-shell, K to L, and K to M shell vacancy transfer probabilities for some rare earth elements". *Applied Radiation and Isotopes* 115, 295-303 (2016a).

Akman, F., "K to L shell vacancy transfer probabilities and Auger electron emission ratios for elements in the atomic range $30 \leq Z \leq 58$ ". *Can. J. Phys.* 94, 679-686 (2016b).

Akman, F., Durak, R., Kaçal, M. R., Turhan, M. F., and Akdemir, F., "Determination of K-shell absorption jump factors and jump ratios for La_2O_3 , Ce and Gd using two different methods". *Radiation Physics and Chemistry* 107, 75-81 (2015).

Akman, F., Kaçal, M. R., and Durak, R., "The excitation probabilities of $K\alpha, \beta$ and $\text{La}_{1,2}$ for some elements in $56 \leq Z \leq 68$ at 59.54keV". *Radiation Physics and Chemistry* 119, 29-36 (2016).

Akman, F., "K to L shell vacancy transfer probabilities and Auger electron emission ratios for elements in the atomic range $30 \leq Z \leq 58$ ". *Can. J. Phys.* 94, 679-686 (2016).

Akman. F., "Experimental values of K to L_i sub-shell, K to L, and K to M shell vacancy transfer probabilities for some rare earth elements". *Applied Radiation and Isotopes* 115, 295-303 (2016).

Akman, F., F., Akdemir, F., Durak, R., Kaçal, M.R., Aksakal, O., and Araz. A., "Determination of $K\alpha, \beta$ excitation factors in thin target for selected elements from Y to Te at 59.54 keV excitation energy". *Applied Radiation and Isotopes* 107, 366-371 (2016).

Aksoy, C., Doğan, M., and Tıraşoğlu. E., "The fluorescence parameters of Zr and Sb compounds". *Radiation Physics and Chemistry* 107, 178-182 (2015).

Aksoy, C., Tiraşođlu, E., Speller, S., and Grovenor, C.R.M., "The Fluorescence Intensity Ratios of Superconducting $Fe_ySe_{1-x}Te_x$ Thin Films". *Cumhuriyet Sci. J.*, 38,845-850 (2017)

Alim, B., Han, İ., and Demir. L., "Effect of external magnetic field on valence-electron structures of Fe and Ni in Invar, Permalloy and the other Fe-Ni alloys by using $K\beta$ -to- $K\alpha$ X-ray intensity ratios". *Applied Radiation and Isotopes* 112, 5-12 (2016).

Anand, L. F. M., Gudennavar, S. B., Bubbly, S. G., and Kerur, B. R., " K _Shell X_Ray Intensity Ratios and Vacancy Transfer Probabilities of Pt, Au, and Pb by a Simple Method". *Journal of Experimental and Theoretical Physics* 119, 392-397 (2014).

Anand, L. F. M., Gudennavar, S. B., Bubbly, S. G., and Kerur. B. R., " $K\beta$ to $K\alpha$ X-Ray Intensity Ratios and K to L Shell Vacancy Transfer Probabilities of Co, Ni, Cu, and Zn". *Journal of Experimental and Theoretical Physics* 121, 961-965 (2015).

Anand, L. F. M., Gudennavar, S. B., Joseph, D., and Bubbly, S. G., " $K\beta$ to $K\alpha$ Intensity Ratio and Total Vacancy Transfer Probabilities of Molybdenum and Silver" *Universal Journal of Physics and Application* 1, 83-87 (2013).

Anand, L. F. M., Gudennavar, S. B., Bubbly, S. G., and Kerur, B. R., "K-Shell X-Ray Fluorescence Parameters of a Few Low Z Elements" *Journal of Experimental and Theoretical Physics*, 126, 1-7 (2018).

Aylikci, V., Kahoul, A., Kup Aylikci, N., Tiraşođlu, E., and Karahan, I. H., "Empirical, semi-empirical and experimental determination of K x-ray fluorescence parameters of some elements in the atomic range $21 \leq Z \leq 30$ ". *Spectroscopy Letters*, 48, 331-342 (2015).

Aylikci, V., Tiraşođlu, E., Apaydin, G., Kaya, G., and Cengiz. E., " Chemical effect on the K and L shell intensity ratios of Hf compounds". *Phys. Scr.* 76, 31-36 (2007).

Bacaksız, E., Bolat, S., Cevik, U., Dogan, O., and Abay. B., "Structural, electrical and optical properties of $Cd_{1-x}Zn_xO$ thin films and alloying effects on $K\beta/K\alpha$ intensity ratios". *X-Ray Spectrom.* 35, 165-168 (2006).

Baydaş, E., Şahin, Y., and Büyükkasap, E., "Measurement of $K\alpha$ and $K\beta$ X-ray fluorescence cross-sections and the $K\beta/K\alpha$ intensity ratios for elements in the range $22 \leq Z \leq 29$ by 10 keV photons". *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer* 77, 87-93 (2003).

Bennal, A. S., and Badiger, A. S. N. M.A. S., "Measurment of K-L radiative vacancy transfer probabilities for Ta, Au and Pb in 2π geometrical configuration". *Nucl. Instrum. Methods B* 247,161-165(2006).

Bennal, A. S., and Badiger, N. M., "Measurement of K shell absorption and fluorescence parameters for the elements Mo, Ag, Cd, In and Sn using a weak gamma source ". *J. Phys.* B 40, 2189-2199 (2007).

Bennal, A. S., Niranjana, K. M., and Badiger, N. M., "Determination of K to L shell total vacancy transfer probabilities using a weak gamma source: An alternative method". *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.* 111, 1363-1371 (2010).

Bé, M. M., Lépy, M. C., Plagnard, J., and Duchemin, B., "Measurement of relative x-ray intensity ratios for elements in the $22 \leq Z \leq 29$ region". *Appl. Radiat. Isot.* 49, 1367-1372 (1998)

Bhuinya, C. R., and Padhi, H. C., "Alloying effect on the $K\beta/K\alpha$ intensity ratios of Ti, Cr and Ni". *J. Phys. B* 25, 5283-5287 (1992).

Bhuinya, C. R., and Padhi, H. C., "Alloying effect on the $K\beta$ -to- $K\alpha$ intensity ratios in Ti_xNi_{1-x} and Cr_xNi_{1-x} alloys studied by γ -ray fluorescence and fast proton ionization". *Phys. Rev. A* 47, 4885-4890 (1993).

Borowski, K. J., Tham, F. S., and Preiss, I. L., " $K\beta/K\alpha$ Intensity Ratios for Rare Earth Compounds Using Radioisotope Induced X-ray Fluorescence". *Journal of analytical atomic spectrometry.* 2, 73-76 (1987).

Büyükkasap, E., Küçükönder, A., Şahin, Y., and Erdoğan, H., " $K\beta/K\alpha$ intensity ratios following radioactive decay and Photoionization". *J. Radioanal. Nucl. Chem. Lett.* 186, 471-475 (1994).

Büyükkasap, E., "Thickness Effect on $K\beta/K\alpha$ Intensity Ratios in Barium, Lanthanum, Samarium, Gadolinium, Dysprosium, and Holmium". *Applied spectroscopy reviews*, 32(1&2), 151-158 (1997).

Campbell, J. L., Perujo, A., Teesdale, W. J., and Millman, B. M., " $K\alpha$, $K\beta$, and radiative Auger photon intensities in K x-ray spectra from atoms in the $20 \leq Z \leq 40$ region". *Phys. Rev. A* 33, 2410-2417 (1986).

Cao, W., Kavčič, M., Dousse, J.-Cl., Berset, M., Bučar, K., Budnar, M., Fennane, K., Hoszowska, J., Maillard, Y.-P., Szlachetko, J., Szlachetko, M., and Žitnik, M., "High-resolution *KMM* radiative Auger x-ray emission spectra of calcium induced by synchrotron radiation". *Phys. Rev. A* 83,) 042513-9 (2011).

Cengiz, E., Bıyıklıoğlu, Z., Aylıkci, N. K., Aylıkci, V., Apaydin, G., Tıraşoğlu, E., and Kantekin, H., "Chemical Effect on K Shell X-ray Fluorescence Parameters and Radiative Auger Ratios of Co, Ni, Cu, and Zn Complexes". *Chinese journal of chemical physics* 23,138-144 (2010a).

Cengiz, E., Tıraşoğlu, E., Aylıkci, V., and Apaydin, G., "The investigations on K and L X-ray fluorescence parameters of gold compounds". *Radiation Physics and Chemistry* 79, 809-815 (2010b).

Cengiz, E., Dogan, M., Biyiklioglu, Z., Cakir, D., Tirasoglu, E., and Apaydin, G. k., "K X-ray fluorescence parameters of peripherally and non-peripherally tetra-substituted zinc (II) phthalocyanines". *Can. J. Phys.* 95, 125-129 (2016).

Cengiz, E., Ozkendir, O. M., Kaya, M., Tirasoglu, E., Karahan, I. H., Kimura, S., and Hajiri, T., "Alloying effect on K-shell fluorescence parameters of porous NiTi shape memory alloys". *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena* 192, 55-60 (2014).

Cengiz, E., Tiraşoğlu, E., Apaydin, G., Aylıkçı, V., Aylıkçı, N. K., and Aksoy, C., "K-shell X-ray fluorescence parameters of some heavy elements and compounds". *Radiation Physics and Chemistry* 80, 328-334 (2011).

Casnati, E., Tartari, A., Baraldi, C., and Napoli, G., "Measurement of the $K\beta/K\alpha$ yields ratios of Cu, Mo and Cd stimulated by 59.54 keV photons". *J. Phys. B* 18, 2843-2849 (1985).

Çevik, U., Değirmencioğlu, İ., Ertuğral, B., Apaydin, G., and Baltas, H., "Chemical effects on the $K\beta/K\alpha$ x-ray intensity ratios of Mn, Ni and Cu complexes". *Eur. Phys. J. D* 36, 29-32 (2005).

Cevik, U., Kaya, S., Ertugral, B., Baltas, H., and Karabidak, S.M., "K-shell X-ray fluorescence cross-section and intensity ratios for some pure metals at 59.5 and 123.6 keV". *Nucl. Instrum. Methods B* 262, 165-170 (2007).

Chang, C. N., Chen, C. T., Yen, C. C., and Chiou, Y. H. Wu. C. W. Su. S. K., "The vanadium $K\beta/K\alpha$ intensity ratios of some vanadium compounds". *J. Phys. B* 27, 5251-5256 (1994).

Coelho, L. F. S., Gaspar, M. B., and Eichler, J., " $K\beta$ -to- $K\alpha$ x-ray intensity ratios after ionization by γ rays". *Phys. Rev. A* 40, 4093-4096 (1989).

Demi, D., and Şahin, Y., "Measurement of K x-ray fluorescence parameters in elements with $24 \leq Z \leq 65$ in an external magnetic field". *Radiation Physics and Chemistry* 85, 64-69 (2013).

Demir, D., and Şahin, Y., "Measurements of K-shell x-ray production cross sections and K to L and M-shell radiative vacancy transfer probabilities for Nd, Eu, Gd, Dy and Ho at excitation with 59.5 keV photons in an external magnetic field". *X-Ray Spectrom.* 36, 178-184 (2007a).

Demir, and Şahin, Y., "Measurement of the K shell X-ray production cross-sections and fluorescence yields for Nd, Eu, Gd, Dy and Ho using radioisotope X-ray fluorescence in the external magnetic field". *Eur. Phys. J. D* 42, 211-216 (2007b).

Dhal, B. B., and Padhi, H. C., "Relative K x-ray intensities in some selected elements between Mn and Sb following ionization by 59.54-keV γ rays". *Phys. Rev. A* 50, 1096-1100 (1994).

de Pinho, A. G., "Experimental Determination of Relative Radiative Decay Rates of Vacancies in the E Shell". *Phys. Rev. A* 3, 905-906 (1971).

Doğan, M., Cengiz, E., Dilber, G., Nas, A., Tıraşoğlu, E., and Kantekin, H., K shell X-ray fluorescence parameters of Co, Ni, Cu and Zn in phthalocyanine complexes. *Radiation Physics and Chemistry* 101, 30-35 (2014a).

Dogan, M., Aylikci, V., Tıraşoglu, E., and Karahan, I. H., "Influence of pH and glycine on the K X-ray fluorescence parameters of Zn and Cr in Zn-Cr alloys". *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 30, 1-8 (2014b).

Dogan, M., Olgar, M.A., Cengiz, and Tıraşoglu, E., "Alloying effect on K shell X-ray fluorescence cross-sections and intensity ratios of Cu and Sn in Cu_1Sn_{1-x} alloys using the 59.5 keV gamma rays". *Radiation Physics and Chemistry* 126, 111-115 (2016).

Dogan, M., Tirasoglu, E., Karahan, I. H., Aylikci, N. K., Aylikci, V., Kahoul, A., Cetinkara, H. A., and Serifoglu, O., "Alloying effect on K X-ray intensity ratio and production cross section values of Zn and Cr in Zn-Cr alloys". *Radiation Physics and Chemistry* 87, 6-15 (2013).

Dogan, O., and Bacaksız, E., "Alloying effects on $K\beta/K\alpha$ intensity ratios and electrical properties in $Cd_{1-x}Zn_xS$ semi-conductor alloys". *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer* 95, 133-139 (2005).

Durak, R., and Özdemir, Y., "K- to L- and M-shell radiative vacancy transfer probability measurements in some elements from Nd to Pb". *J. Phys. B* 31, 3575-3581 (1998).

Ertuğral, B., Apaydin, G., Çevik, U., Ertuğral, M., and Kobya, A.İ., " $K\beta/K\alpha$ x-ray intensity ratios for elements in the range $16 \leq Z \leq 92$ excited by 5.9, 59.5 and 123.6 keV photons". *Radiat. Phys. Chem.* 76, 15-22(2007).

Ertuğral, B., "Experimental measurements of K X-ray production cross-sections and yields for the elements with $58 \leq Z \leq 64$ at 123.6 keV photon energy". *Eur. Phys. J. D* 44, 313-317(2007).

Ertugrul, M., "Measurement of K shell radiative transition probabilities and K, L_2 and L_3 shell/subshell fluorescence yields of some elements in the atomic number range $30 \leq Z \leq 40$ ". *Anal. Chim. Acta* 454, 327-334(2002).

Ertugrul, M., Sögüt, Ö., Şimşek, Ö., and Büyükkasap, E., "Measurement of $K\alpha/K\beta$ intensity ratios for elements in the range $22 \leq Z \leq 69$ at 59.5 keV". *J. Phys. B* 34, 909-914 (2001b).

Ertugrul, M., Şimşek, Ö., Dogan, O.Öz. A., Sögüt, Ö., and Turgut, Ü., "Measurement of the $K\alpha$ and $K\beta$ x-rays polarization degree and polarization effect on the $K\beta/K\alpha$ intensity ratio". *Nucl. Instrum. Methods B* 179, 465-468(2001a)

- George, L., Gudennavar, S. B., Joseph, D., and Bubbly, S. G., "K shell X-ray intensity ratios and vacancy transfer probabilities of Fe, Ag, and Te following electron capture decay". *Can. J. Phys.* 92, 1301-1304 (2014).
- Han, I., and Demir, L., "Relative K x-ray intensity studies on valence-electron structure of Ti and Co in Ti_xCo_{1-x} alloys. *Phys. Rev. A* 82, 042514-6 (2010a).
- Han, I., and Demir, L., "Effect of annealing treatment on $K\beta$ -to- $K\alpha$ x-ray intensity ratios of 3d transition-metal alloys. *Phys. Rev. A* 81, 062514-5 (2010b).
- Han, I., and Demir, L., "Charge transfer and delocalization studies from $K\beta$ -to- $K\alpha$ x-ray intensity ratios in Co_xCu_{1-x} alloys". *Ann. Nucl. Energy* 37, 822-826(2010c).
- Han, I., and Demir, L., "Valence-electron configuration of Fe, Cr, and Ni in binary and ternary alloys from $K\beta$ -to- $K\alpha$ x-ray intensity ratios". *Phys. Rev. A* 80, 052503-6 (2009).
- Han, I., Şahin, M., Demir, L., and Şahin, Y., 2007. "Measurement of K X-ray fluorescence cross-sections, fluorescence yields and intensity ratios for some elements in the atomic range $22 \leq Z \leq 68$ ". *Appl. Radiat. Isot.* 65, 669-675(2007).
- Hansen, J. S., Freund, H. U., and Fink, R. W., "Relative x-ray transition probabilities to the k-shell". *Nuclear Physics A*142, 604-608 (1970b).
- Hansen, J. S., Freund, H. U., and Fink, R. W., "Relative K x-ray transition probabilities at $z = 96$ from ^{249}Cf decay". *Nuclear Physics A*153, 465-468 (1970a).
- James, H., and Scofield. "Relativistic hartree-slater values for K and L x-ray emission rates". *Atomic data and nuclear data tables* 14, 121-137 (1974).
- James, H., and Scofield. "Exchange corrections of K x-ray emission rates". *Phys. Rev.* 3, 1041-1049 (1974).
- Jonnard, P., Giorgi, G., and Bonnelle, C., "Experimental and theoretical K x-ray spectra of manganese". *Phys. Rev. A* 65, 032507-6 (2002).
- Kaçal, M. R., Han, I., and Akman, F., "Determination of K shell absorption jump factors and jump ratios of 3d transition metals by measuring K shell fluorescence parameters". *Applied Radiation and Isotopes* 95, 193-199 (2015).
- Kalayci, Y., Aydinuraz, A., Tugluoglu, B., and Mutlu, R.H., 2007. "Valence electronic structure of Ni in Ni-Si alloys from relative K x-ray intensity studies". *Nucl. Instrum. Methods B* 255, 438-440(2007).
- Kaya, N., Tiraşöglu, E., Aylikci, V., and Cengiz. E., "K β /K α X-Ray Transition-Probability Ratios for 8 Elements in the range $69 < Z < 76$ "Sixth International Conference of the Balkan Physical Union, edited by S. A. Cetin and I. Hikmet, 2017 AIP.

Khan, Md. R., and Karimi, M., " $K\beta/K\alpha$ Ratios in Energy-dispersive X-Ray emission analysis". X-ray spectrum. 9, 32-35 (1980).

Köksal, O. K., Apaydın, G., Cengiz, E., and Karabulut, K., "Calculation of K Shell Intensity Ratios and Line Widths of Ti and some of its compounds by means of 5,96 keV energy". J. Phys.: Conference Series 707, 012004-6 (2016).

Küçükönder, A., Şahin, Y., and Büyükkasap, E., "Dependence of the $K\beta/K\alpha$ intensity ratio on the oxidation state ". Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 170, 125-132 (1993a).

Küçükönder, A., Şahin, Y., Büyükkasap, E., and Kopya, A., "Chemical effects on $K\beta/K\alpha$ x-ray in coordination compounds of some 3d elements". J. Phys. B 26, 101-105 (1993b).

Küçükönder, A., Söğüt, Ö., Büyükkasap, E., Küçükönder, E., and Çam, H., " $K\beta/K\alpha$ x-ray intensity ratios for bromine and iodine compounds". X-Ray Spectrom. 32, 60-63 (2003).

Kup Aylikci, N., Tıraşoğlu, E., Apaydın, G., Cengiz, E., Aylikci, V., and Bakkaloğlu, Ö.F., "Influence of alloying effect on x-ray fluorescence parameters of Co and Cu in CoCuAg alloy films". Chem. Phys. Letters 475, 135-140(2009).

Kup Aylikci, N., Tıraşoğlu, E., Karahan, I. H., Aylikci, V., Cengiz, E., and Apaydin, G., "Alloying effect on K shell x-ray fluorescence parameters and radiative Auger ratios of Co and Zn in Zn_xCo_{1-x} alloys". Chem. Phys. Letters 484, 368-373 (2010a).

Kup Aylikci, N., Tıraşoğlu, E., Karahan, I. H., Aylikci, V., Eskil, M., and Cengiz, E., "Alloying effect on K X-ray intensity ratios, K X-ray production cross-sections and radiative Auger ratios in superalloys constitute from Al, Ni and Mo elements". Chemical Physics 377, 100-108 (2010b).

Kup Aylikci, N., Aylikci, V., Kahoul, A., Tıraşoğlu, E., Karahan, I. H., and Cengiz, E., "Effect of pH treatment on K-shell x-ray intensity ratios and K-shell x-ray-production cross sections in ZnCo alloys". Phys. Rev. A, 84 (4), 042509-10 (2011).

Köksal, O. K., Apaydın, G., Bıyıklıoğlu, Z., Bekircan, O., Cengiz, E., and Karabulut, K., "Determination K shell fluorescence parameters for titanium, its compounds and complexes by means of 5.96 keV photons". AIP Conf. Proc. 1935, 140001-5 (2018).

LaBrecque, J. J., and Rosales, P. A., "Cobalt $K\beta/K\alpha$ intensity ratios of the calcination products of cobalt carbonate at different temperatures". Journal of Analytical Atomic Spectrometry 5, 269-271 (1990).

Marchetti, V., and Franck C., "Fluorescence spectrum and search for infrared divergence in scattered x-ray spectra". Phys. Rev A 2, 647-657 (1989).

Marques, M. I., Martins, M. C., and Ferreira, J. G., "The experimental relative intensity $K\beta/K\alpha$ in elements with $33 \leq Z \leq 57$ ", J. Phys. B 13, 41-45 (1980).

Marques, M.I., Martins, M.C., and Ferreira, J.G., "The experimental relative intensity $K\beta/K\alpha$ in elements with $33 \leq Z \leq 57$ ". *J. Phys. B* 13, 41-45(1980).

Martins, M. C., Marques, M. I., and Ferreira, J. G., "The experimental relative intensity $K\beta/K\alpha$ in elements with $Z = 52, 55, 56$ ". International Conference on X-Ray Processes and Inner-Shell Ionization, Stirling, Central Region, Scotland. Inner-Shell and X-Ray Physics of Atoms and Solids, 213-216 (1980) 213-216.

McCrary, J. H., Singman, L. V., Ziegler, L. H., Looney, L. D., Edmonds, C. M., Carolyn, and Harris, E., "K-fluorescent-x-ray relative-intensity measurements". *Phys. Rev. A* 5, 1745-1750 (1971).

Ménesguen, Y., Lépy, M. C., Hönicke, P., Müller, M., Unterumsberger, R., Beckhoff, B., Hoszowska, J., Dousse, J.-Cl., Błachucki, W., Ito, Y., Yamashita, M., and Fukushima S., "Experimental determination of X-ray atomic fundamental parameters of nickel" *Metrologia* 55, 56-66 (2018).

Mistry, V. D., and Quarles, C. A., "The $K\alpha/K\beta$ X-ray intensity ratios for $57 \leq Z \leq 70$ from electron bombardment". *Physics Letters* 3, 221-222 (1971).

Mistry, V. D., and Quarles, C. A., "The $K\alpha/K\beta$ x-ray intensity ratios from electron bombardment". *Nuclear Physics A* 164, 219-224 (1971).

Mohler, R. E., and Cothorn, C. R., "Thickness effect on the $K\alpha/K\beta$ ratio of tin". *Nuclear Instruments and Methods* 13, 599-600 (1973).

Möser, B., "Dependence of the $K\beta/K\alpha$ intensity ratio on the oxidation state". *Cryst. Res. Technol.* 20, 1503-1508 (1985).

Onder, P., Tursucu, A., Demir, D., "K Shell X-Ray Fluorescence Parameters of Some Elements in the Atomic Range $40 \leq Z \leq 50$ " *Science and Technology of Nuclear Installations*, 2013, 285190-6 (2013)

Özdemir, Y., Kavaz, E., Ahmadi, N., Ertuğrul, M., and Ekinçi, N., "Investigation of K X-ray intensity ratios of some 4d transition metals depending on the temperature". *Applied Radiation and Isotopes* 115, 147-154 (2016).

Öz, E., "Determination of ratios of emission probabilities of Auger electrons and K-L-shell radiative vacancy transfer probabilities for 17 elements from Mn to Mo at 59.5 keV". *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.* 97, 41-50(2006).

Padhi, H.C., and Dhal, B.B., " $K\beta/K\alpha$ X-ray intensity ratios of Fe, Co, Ni, Cu, Mo, Ru, Rh and Pd in equiatomic aluminides". *Solid State Comm.* 96, 171-173(1995).

Paić, G., and Pečar, V., "Study of anomalies in $K\beta/K\alpha$ ratios observed following K-electron capture". *Phys. Rev. A* 6, 2190-2192 (1976).

Pawłowski, F., Polasik, M., Raj, S., Padhi, H.C., and Basa, D.K., "valence electronic structures of Ti, Cr, Fe and Co in some alloys from $K\beta$ -to- $K\alpha$ x-ray intensity ratio studies". Nucl. Instrum. Methods B 195, 367-373(2002).

Perişanoğlu, U., Alım, B., Uğurlu, M., and Demir, L., "Effect of external magnetic field on the $K\beta/K\alpha$ X-ray intensity ratios of Ti_xNi_{1-x} alloys excited by 59.54 and 22.69 keV photons". Applied Radiation and Isotopes 115, 183-189 (2016).

Perişanoğlu, U., and Demir, L., "A study of K shell X-ray intensity ratios of Ni_xCr_{1-x} alloys in external magnetic field and determination of effective atomic numbers of these alloys". Radiation Physics and Chemistry. 110, 119-125 (2015).

Perujo, A., Maxwell, J. A., Teesdale, W. J., and Campbell, J. L., "Deviation of the $K\beta/K\alpha$ intensity ratio from theory observed in proton-induced x-ray spectra in the $22 \leq z \leq 32$ region". J. Phys. B: At. Mol. Phys. 20, 4973-4982 (1987).

Porikli, S., and Kurucu, Y., "Effects of the external magnetic field and chemical combination on $K\beta/K\alpha$ x-ray intensity ratios of some nickel and cobalt compounds". Appl. Radiat. Isot. 66, 1381-1386(2008).

Porikli, S., Demir, D., and Kurucu Y., "Variation of $K\beta/K\alpha$ X-ray intensity ratio and lineshape with the effects of external magnetic field and chemical combination". Eur. Phys. J. D 47, 315-32 (2008a).

Porikli, S., and Kurucu, Y., "Effect of an external magnetic field on the $K\alpha$ and $K\beta$ x-Ray emission lines of the 3d transition metals". Instrumentation Science and Technology 36, 341-354 (2008b).

Porikli, S., and Kurucu, Y., "Comparisons of an external magnetic field effect and chemical effect on x-ray $K\beta/K\alpha$ intensity ratio and line-shape of some chromium compounds". J. Radioanal. Nucl. Chem. 289, 739-750 (2011a).

Porikli, S., and Kurucu, Y., "Determination of Chemical State and External Magnetic Field Effect on the Energy Shifts and X-Ray Intensity Ratios of Yttrium and Its Compounds". In "Radioisotopes-Applications in Physical Sciences" book. Nirmal Singh, Chapter 5 , 89-114 (2011b).

Porikli, S., Han, i., Yalçın, P., and Kurucu, P., "Determination of chemical effect on the $K\beta_1/K\alpha$, $K\beta_2/K\alpha$, $K\beta_2/K\beta_1$ and $K\beta/K\alpha$ x-ray intensity ratios of 4d transition metals". Spectroscopy Letters 44 , 38-46 (2011).

Raj, S., Padhi, H.C., and Dhal, B.B., "Influence of solid-state effects on the $K\beta$ -to- $K\alpha$ x-ray intensity ratios of Ni and Cu in various silicide compounds". Phys. Rev. B 58, 9025-9029 (1998a).

Raj, S., Padhi, H. C., and Polasik, M., "Influence of chemical effect on the $K\beta$ to $K\alpha$ x-ray intensity ratios of Ti, V, Cr and Fe in TiC, VC, CrB, CrB₂ and FeB". Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 145, 485-491 (1998b).

Raj, S., Padhi, H.C., Basa, D.K., Polasik, M., and Pawłowski, F., "K β -to-K α x-ray intensity ratio studies on the changes of valence electronic structures of Ti, V, Cr and Co in their disilicide compounds". Nucl. Instrum. Methods B 152, 417-424(1999a).

Raj, S., Padhi, H.C., Polasik, M., and Basa, D.K., "Charge transfer studies in V₃Si, Cr₃Si and FeSi". Solid State Comm. 110, 275-279 (1999b).

Raj, S., Padhi, H.C., and Polasik, M., "Influence of chemical effect on the K β -to-K α x-ray intensity ratios of Cr, Mn and Co in CrSe, MnSe, MnS and CoS". Nucl. Instrum. Methods B 160, 443-448(2000a).

Raj, S., Padhi, H.C., Polasik, M., Pawłowski, F., and Basa, D.K., "Valence electronic structure of Fe and Ni in Fe_xNi_{1-x} alloys from relative K X-ray intensity studies". Solid State Comm. 116, 563-567(2000b).

Raj, S., and Padhi, H. C., " K β to K α x-ray intensity ratio studies of the valence electronic structure of Fe and Ni in Fe_xNi_{1-x} alloys ". Phys. Rev.B 63, 073109-4 (2001).

Raj, S., Padhi, H.C., Palit, P., Basa, D.K., Polasik, M., and Pawłowski, F., "Relative K x-ray intensity studies of the valence electronic structure of 3d transition metals". Phys. Rev. B 65, 193105-193108(2002).

Rao, N. V., Reddy, S. B., and Sastry, D. L., " K β /K α x-ray intensity ratio following K-electron capture and radioisotope excitation". IL Nuovo Cimento A, 97, 1-8 (1987).

Rebohle, L., Lehnert, U., and Zschornack, G., "K β /K α intensity ratios and chemical effects of some 3d elements". X-Ray Spectrom. 25, 295-300 (1996).

Reed, S.J.B., and Ware, N.G., "K β /K α intensity ratios for elements of atomic number 20 to 30". X-Ray Spectrometry 3, 149-150 (1974).

Şahin, M., Demir, L., and Budak, G., "Measurement of K X-ray fluorescence cross-sections and yields for 5.96 keV photons". Appl. Radiat. Isot. 63, 141-145(2005).

Salem, S. I., and Falconer, T. H., "K β /K α radiative-transition-probability ratios for elements of low atomic numbers in amorphous and crystal forms". Phys. Rev. A 6, 2147-2150 (1972).

Salem, S. I., Panossian, S. L., and Krause, R. A., "Experimental K and L relative x-ray emission rates". At. Data Nucl. Data Tables 14, 91-109 (1974).

Saydam, M., Aksoy, C., Cengiz, E., Alaşalvar, C., Tıraşoğlu, E., and Apaydın, G., "Determination of K shell fluorescence cross-section and K β /K α intensity ratios for Fe, Se, Te, FeSe, FeTe and TeSe". Radiation Physics and Chemistry 81 (2012) 1837-1841.

- Scofield, J.H., "Relativistic Hartree-Slater values for K and L X-ray emission rates ". *Atom. Data Nucl. Data Tables* 14, 121-137(1974).
- Sita Mahalakshmi, N. V., Premachand, K., and Ratna Raju M., "Measurement of $K\beta/K\alpha$ intensity ratios for elements in the range $51 \leq Z \leq 67$ at 59.54 keV" *J Radioanal Nucl Chem.* 300, 153-156 (2014).
- Slivinsky, V. W., and Ebert, P. J., " $K\beta/K\alpha$ x-ray intensity ratios for elements from $Z = 29$ to $Z = 92$ ". *Phys. Lett.* 463-464 (1969).
- Slivinsky, V. W., and Ebert, P. J., " $K\beta/K\alpha$ x-ray transition-probability ratios for elements $18 \leq Z \leq 39$ ". *Phys. Rev A* 4, 1581-1586 (1972).
- Söğüt, Ö., Bütün, H., Karahan, I. H., Tıraşoğlu, E., and Apaydın, G., "Investigation by XRF and XRD of Zn and Fe in Fe_xZn_{1-x} thin films". *Phys. Scr.* 78, 065701-7 (2008).
- Söğüt, Ö., Büyükkasap, E., Küçükönder, A., Ertuğrul, M., and Şimşek, Ö., " Alloying Effect on $K\beta/K\alpha$ Intensity Ratios in Cr_xNi_{1-x} and Cr_xAl_{1-x} Alloys". *Applied Spectroscopy Reviews* 30, 175-180 (1995).
- Sogut, O., Büyükkasap, E., and Erdoğan, H., " Chemical-effect variation of $K\beta/K\alpha$ x-ray intensity ratios in 3d elements". *Radiat. Phys. Chem.* 64, 343-348(2002).
- Söğüt, Ö., Seven, O., Baydaş, E., Büyükkasap, E., and Küçükönder, A., " Chemical effects on $K\beta/K\alpha$ x-ray intensity ratios of Mo, Ag, Cd, Ba, La, Ce, compounds and total mass attenuation coefficients of Fe and Cu ". *Spectrochim. Acta B* 56, 1367-1374(2001).
- Sree Krishna Murty, G., Chandrasekhar Rao, M. V. S., Raghavaiah, C. V., Bhuloka Reddy, S., Satyanarayana, G., and Sastry, D. L., "Measurement of the $L\beta$ to $L\alpha$ intensity ratio through a selective excitation of L_{III} subshell in elements of $Z \geq 70$ ". *Phys. Rev. A* 3, 1541-1544 (1989).
- Sreevidya, P. V., Gudennavar, S. B., Joseph, D., Bubbly, S. G., "Effect of internal conversion process on K-shell X-ray intensity ratios of Barium and Thallium" *Proceedings of the DAE Symp. Nucl. Phys.* 58, 524-525 (2013).
- Tham, F. S., and Preiss, I. L., "Anomalies in $K\beta/K\alpha$ X-ray Intensity Ratios of d-Transition Elements ". *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 3, 1127-1131 (1988).
- Turşucu, A., and Demir, D., "Chemical effect on the K shell x-rayfluorescence parameters of some Ce compounds". *Applied Radiation and Isotopes* 77, 23-26 (2013).
- Turşucu, A., Önder, P., Eroğlu, M., and Demir, D., "Determination of K-L total vacancy transfer probabilities using a weak gamma source in 2π geometrical configuration". *Applied Radiation and Isotopes* 70, 1509-1511 (2012).

Uğurlu, M., Alım, B., Han, I., and Demir, I., "Delocalization and charge transfer studies of PERMENDUR49, KOVAR and $Ti_{50}Co_{50}$ alloys from relative K X-ray intensity ratios".

Journal of Alloys and Compounds xxx, 1-9 (2016).

Venkateswara Rao, N., Bhuloka Reddy, S., Satyanarayana, G., and Sastry, D. L., " $K\beta/K\alpha$ x-ray intensity ratios in elements with $20 \leq Z \leq 50$ ". Physica 138C (1986) 215-218.

Yalçın, P., "Measurement of relative K x-ray intensity ratio following radioactive decay and photoionization". Nucl. Instrum. Methods B 254, 182-186 (2007).

Yılmaz, R., " $K\beta/K\alpha$ X-ray intensity ratios for some elements in the atomic number range $28 \leq Z \leq 39$ at 16.896 keV". Journal of Radiation Research and Applied Sciences xxx, 1-6 (2017).

Zararsiz, A., " $K\beta/K\alpha$ x-ray intensity ratio in the region of $15 \leq Z \leq 22$ ". Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 185, 193-197 (1994).

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons présenté une nouvelle base de données des rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ fondées sur les données expérimentales compilées et éditées pendant la période de 1969 à 2018. Dans un tableau on a résumé notre base de données de ces rapports d'intensité pour des éléments ^{11}Na à ^{96}Cm en fonction du numéro atomique Z .

Dans cette table, nous présentons la base de données des rapports d'intensité $\frac{K\beta}{K\alpha}$ expérimentaux ainsi que l'incertitude de mesure de cette valeur pour les éléments atomiques de $Z=11-96$, la référence ou on a tiré la valeur est aussi présenté dans le même tableau, la valeur moyenne pondéré $\overline{\frac{K\beta}{K\alpha}}$ est aussi représentée.

On a tiré deux grandes remarques à partir de ce tableau :

- La majorité des éléments entre $11 \leq Z \leq 96$ sont couvertes, Les données pour tout les éléments de nombre atomique (^{84}Po , ^{85}At , ^{87}Fr , ^{89}Ac , ^{91}Pa , ^{93}Np , ^{95}Am) ne sont pas encore disponibles dus au fait qu'ils sont difficiles à manipuler et ne sont pas facilement disponibles.
- Les cibles métalliques sont bien exploitée et comporte les plus grands nombres de données comme le ^{22}Ti , ^{62}Sm , ^{24}Cr , ^{27}Co , ^{28}Ni , ^{29}Cu , ^{30}Zn , ^{39}Y et ^{40}Zr .

Abstract

In this work, the measured $K\beta/K\alpha$ intensity ratio values published in the literature from 1969 to 2018 have been reported. In a table form, we presented a summary of the compiled database of $K\beta/K\alpha$ for elements from $_{11}\text{Na}$ to $_{96}\text{Cm}$. These reported values were taken in a three to fourth-digit format with their associated errors. The weighted average and their uncertainty values are also added in the same table. Consequently, it has been investigated and regrouped a large number of database composed of 1102 experimental values taken from 123 original papers.

Résumé

Dans ce travail, les valeurs expérimentales du rapport d'intensité $K\beta/K\alpha$ publiées dans la littérature durant la période 1969 à 2018 ont été rapportées. Sous forme de tableau, nous présentons un résumé de la base de données des $K\beta/K\alpha$ pour les éléments de $_{11}\text{Na}$ à $_{96}\text{Cm}$. Ces valeurs ont été prises dans un format de trois à quatre chiffres avec leurs erreurs associées. La moyenne pondérée et leurs valeurs d'incertitude sont également ajoutées dans le même tableau. En conséquence, il a été étudié et regrouper un grand nombre de bases de données composées de 1102 valeurs expérimentales tirés de 123 articles originaux.

ملخص

في هذا العمل القيم التجريبية للنسبة $K\beta/K\alpha$ المنشورة خلال المدة 1969 الى 2018 كانت مصحوبة على شكل جدول . نقدم ملخص قاعدة معلومات $K\beta/K\alpha$ من اجل العناصر الذي لها العدد الذري محصور بين 11 الى 96 وهذه القيم مأخوذة على شكل 3 او 4 ارقام مع اخطائها المرفوقة .

L