

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université KASDI MERBAH -Ouargla-
Faculté des mathématiques et des sciences de la matière
Département de physique



Mémoire Master académique
Domaine : Sciences de la matière
Spécialité : Physique des matériaux

Préparé Par :
ABDELLI MERYEM
BEN HEDID SALIMA

Thème

Mesure des propriétés thermoélectriques
(Résistivité électrique et coefficient de
Seebeck de l'alliage $Fe_{76}B_{14}Si_7Cr_3$) en
fonction de température

Devant le jury composé de

MAHAMMEDI Lazhar	Maitre de conférences A	Univ. Ouargla	Président
BEN TOUILA Omar	Maitre de conférences A	Univ. Ouargla	Examineur
ACHOURI Abderrahim	Maitre de conférences A	Univ. Ouargla	Encadreur

Année Universitaire
2019/2020

Remerciements

Nous remercies le bon Dieu de m'avoir donné le courage, la patience et la bonté de pouvoir terminer cette thèse. Nous remercies mes parents et ma famille pour leur affection et leur soutien tout au long de mes années d'études. n'adresse mes sincères remerciements et toute ma reconnaissance à ma directeur de thèse Dr. ACHOURI ABDORRAHIM , Maître de conférences à l'université KASDI MARBAH, d'avoir accepté de diriger ce travail avec rigueur scientifique et beaucoup d'enthousiasme, pour l'intérêt qu'elle a porté à ce sujet, et pour son soutien de moral considérable. Mes meilleurs remerciements vont également à Dr. MOHAMMEDO LAZHAR, professeur à l'université de KASDI MARBAHET Et prédident de jurés ,, Merci également à Dr. OMAR BEN TOUJLA examinateur de ce thèse qui a écrit le programme LABVIEW ORIGINg. Permettant le pilotage des manipulations. De ma profonde reconnaissance, pour ses collaborations techniques et linguistiques.

Dédicace

*A mon père **MALIK** qui m'a appris l'esprit de la recherche et la rigueur scientifique. À ma tendre ma mère **AICHA** qui m'a toujours aidée par sa présence, ses conseils et ses prières.*

*À mes chers frères et ma sœurs, **CHAMS** et **SONDOUS** et **KHALED** et **TAKI** pour leur gentillesse et leur infinie disponibilité toutes les fois que j'ai eu besoin d'eux. A tous mes amis et mes collègues...*

Dédicace

*-À mon père et mon prof **AHMED** qui m'encouragé à étudier à ce Niveau d'éducation.*

*-À ma magnifique mère **ZOHRA** qui m'a toujours aidée par sa présence,
Ses conseils et ses prières.*

*-À mes chers frères et sœurs pour leur gentillesse et leur infinie
Disponibilité toutes les fois que j'ai eu besoin d'eux.*

- A mes copines de la résidence.

-Mes amis à la faculté.

Table des matières

Table des matières	I
Liste des tableaux	II
Introduction générale	01
Chapitre I : la composition constructive du solide	02
I.1 Introduction.....	03
I.2 Minéraux.....	03
I.2.1 Importance des minéraux.....	03
I.2.2 La propriétés chimiques.....	03
I.2.3 Les propriétés physiques.....	04
I.2.4 Les propriétés électrique.....	04
I.2.5 Les propriétés magnétiques.....	04
I.2.6 Classification des métaux	04
I.3 Alliages.....	04
I.3.1 Casting de métal.....	05
I.3.2 Propriétés des alliages	06
I.3.3 Types d'alliages.....	06
I.3.3.1 Alliage métallique industriels.....	06
I.3.3.2 Alliage non métallique.....	07
I.4 Propriétés de certains minéraux.....	07
Fer.....	08
Bore.....	08
Silicium.....	08
Chrome.....	09
I.4.1 Les différentes types des minéraux.....	09
I.4.1.1 Les matériaux cristallin.....	09
I.4.1.2 Les matériaux amorphes.....	10
I.01 Tableaux des propriétés chimiques (Fe,B,Si,Cr).....	11
Chapitre II : Les phénomènes thermoélectrique 13	
II.1 Introduction.....	13
II.2. Transfert thermique.....	13
II.2.1Méthode transfert.....	13
a) la conduction thermique	13

b) la convention thermique.....	13
c) le rayonnement.....	13
II.3. Conductivité thermique des métaux.....	14
II.3.1 Propriétés physiques de conductivité	14
II.3.1.1 La densité électronique.....	15
II.3.1.2 Conductivité électrique	15
II.3.1.3 Résistivité électrique	15
II.3.1.4 Conductivité thermique	15
II.3.1.5 Permittivité électrique	15
II.4 Force électromotrice	16
II.5 Les effets thermoélectriques	16
II.5.1 La thermoélectricité	16
II.5.1.1 L'effet Seebeck.....	17
II.5.1.2 L'effet Peltier.....	18
II.5.1.3 L'effet Thomson.....	19
II.6 Quelques applications	21
II.7 Thermocouple.....	22
Chapitre III : techniques expérimentales et discussion et résultats.....	26
III.1 Introduction	24
III.2 Expérimentale	24
III.2.1 Identifier l'échantillon.....	24
III.2.2 Méthode expérimentale.....	24
III.2.3 Les logiciels utilisés.....	25
III.2.4 Résultats expérimentaux	26
III.2.5 Interprétations des résultats.....	28
III.2.5.1 Interprétations de coefficient de Seebeck.....	28
III.2.5.2 Interprétations de résistivité électrique.....	28
III.2.5.3 Comparaison entre la courbe de la résistivité et la courbe de coefficient de Seebeck.....	29
Conclusion générale	34
Bibliographie.....	35
<u>Résumé</u>	III
<u>Les mots clés</u>.....	IV

Introduction générale

une grande partie de l'activité économique des pays industriels sont attachés aux matériaux. vu les exigences de l'industrie moderne, de nombreux programmes de recherche sont en route pour le développement d'autres matériaux plus performants et moins coûteux tels que les composites, les céramiques, les polymères etc...., mais les alliages métalliques occupent toujours une place importante, car les caractéristiques de ces derniers s'améliorent de jour en jour grâce aux recherches. Les propriétés d'emploi des métaux et alliages sont déterminées en grande partie par la morphologie et le degré de dispersion des phases qui les constituent, c'est-à-dire par la microstructure.

Aujourd'hui maîtriser les microstructures en vue d'optimiser telle ou telle propriété est réalisable par des traitements thermiques ou thermomécaniques appropriés, qui sont fondés sur les possibilités de transformations.

le développement de nouvelles sources d'énergie non polluantes est retenu en tant que Stratégie incontournable pour relever ces défis énergétiques et environnementaux, quels que soient les efforts que la communauté internationale pourra faire dans la maîtrise de la demande énergétique. La conversion thermoélectrique comme d'autres sources Alternatives (l'énergie éolienne, l'énergie solaire, l'énergie hydroélectrique, la biomasse, etc.) peut jouer un rôle important dans ce double combat. Elle permet en fait la Génération d'électricité à partir de la chaleur disponible, par le biais de dispositifs de conversion thermoélectrique (effet Seebeck) et apparaît donc comme un procédé attractif de production d'énergie propre.

Ce travail est constitué de trois chapitres ,qui sont structurés de la façon suivantes :

Le premier chapitre traite de la composition des solides et leurs propriétés physiques et chimiques .

Le deuxième chapitre est réservé d'une part à la présentation des phénomènes thermoélectriques (effet Seebeck, effet Peltier, effet Thomson) .

Le dernier chapitre nous présentons et discutons nos résultats expérimentaux Concernons les propriétés thermoélectriques de l'alliage $\text{Fe}_{76}\text{B}_{14}\text{Si}_7\text{Cr}_3$.

Enfin nous terminons ce manuscrit par une conclusion générale qui regroupe les principaux résultats obtenus dans ces chapitres.

Chapitre I :
la composition constructive
du solide

Chapitre I : la composition constructive du solide

I.1. Introduction :

La terre est un entrepôt de matériaux incroyables qui peuvent nous fournir presque tous nos besoins. Les éléments chimiques sont la construction de base de tous les matériaux fabriqués à l'intérieur de la terre. En prenant le Fer par exemple, c'est un métal incroyablement solide, mais il peut être très fragile et peut aussi rouiller facilement dans l'humidité, l'Aluminium est aussi un métal très léger, mais à l'état pur, il est très doux et faible pour être très utile, c'est pourquoi la plupart des minéraux que nous utilisons ne sont en fait pas du tout des minéraux mais ils le sont des Alliages

Ce sont des minéraux qui sont mélangés avec d'autres. L'un des objectifs de mélange des matériaux est de les rendre plus solide et plus rigide, plus léger ou autrement meilleur que leurs états purs ; les alliages sont tout autour de nous, de nos plombages dentaires et sur nos voitures aux satellites et plus encore.

I.2. Minéraux :

Le métal est un solide chimiquement pur. Il se caractérise par un bon lustre, une conductivité thermique et électrique élevée, un manque de transparence (Opacité) et une sensibilité à la fusion, et certains métaux ont la capacité de souder là où la dureté est requise.[1]

Le minéral possède différentes propriétés physiques et chimiques qui utilisent ces propriétés pour distinguer différents minéraux, qu'ils soient naturels ou de laboratoire.

I.2.1 Importance des minéraux :

L'importance des minéraux réside dans les exigences de la communauté scientifique et sa relation avec les domaines de la durée de vie que nous formons sur des points. [2]

- ✓ Les minéraux participent à la fabrication de pièces de monnaie et de fils conducteurs.
- ✓ Le métal est utilisé dans la fabrication d'outils agricoles et militaires et le transport.
- ✓ Les métaux sont un matériau essentiel dans les industries légères et lourdes, telles que la fabrication de machines, d'outils, d'appareils de communication modernes et de moteurs électriques et mécaniques.

I.2.2 Les propriétés chimiques :

Sans un appareillage d'analyse complexe il n'est pas possible d'obtenir une idée précise de la composition chimique d'un minéral. Il n'y a guère que la solubilité de certains minéraux dans les acides qui peut apporter quelques indications sur la classe chimique à laquelle ils appartiennent. [3]

Chapitre I : la composition constructive du solide

La solubilité n'est pas toujours facile à observer. Certains minéraux ne se dissolvent que très lentement ou seulement partiellement.

I.2.3 Les propriétés physiques :

Les minéraux ont également généralement une bonne élasticité et une ductilité élevée leur permettant de se déformer sans se casser, et une conductivité électrique, une conductivité thermique et une masse volumique élevées.[1]

I.2.4 Les propriétés électriques :

Les propriétés électriques dépendent du type de liaison qui unit les atomes. Les minéraux à liaisons métalliques sont conducteurs d'électricité. Les minéraux à liaisons ioniques ou covalentes sont isolants ou montrent des propriétés de semi-conducteurs .[4]

Les minéraux non conducteurs auxquels il manque le centre de symétrie peuvent être électrisés par chauffage (thermoélectrique) ou par compression.

I.2.5 Propriétés magnétiques :

Une charge électrique en mouvement (le spin et le mouvement orbital des électrons) engendre un champ magnétique autour d'elle-même et Les électrons peuvent former de petits dipôles magnétiques qui réagissent à un champ magnétique extérieur appliqué. Un aimant peut être considéré d'avoir deux pôles : pôle nord et pôle sud. [5]

I.2.6 Classification des métaux :

Les métaux sont divisés en deux types :

- ✓ **Ferreux**, où la composition minérale spéciale se compose du fer et du carbone.
Cette catégorie comporte tous les aciers, acier à outils, aciers inoxydables et fonte. On soude un grand nombre de ces matériaux, et de façon très courante les aciers faiblement alliés. Parmi les autres métaux que l'on soude, on trouve les aciers au carbone et riches en carbone, les aciers alliés, les aciers inoxydables et la fonte.
- ✓ **Non ferreux**, sont les métaux ou alliages ne comportant pas de fer ou en quantité négligeable. Parmi les nuances les plus fréquemment rencontrées par le soudeur, on trouve le cuivre, le titane, le zinc, et le plomb. La variété des procédés de soudage aujourd'hui disponibles permet de souder pratiquement tous les métaux non ferreux.
[6]

I.3.Alliages

Chapitre I : la composition constructive du solide

Un alliage est défini comme étant la combinaison d'un élément métallique avec un ou plusieurs éléments métalliques ou non métalliques . Les caractéristiques mécaniques des métaux purs sont la plupart du temps relativement faibles. Le fait d'ajouter d'autres éléments permet d'améliorer ses caractéristiques mécaniques, Physico-chimiques, thermiques et électriques.

Les alliages à deux composants sont dits **binaires (Figure1)**, ceux qui contiennent trois composants sont appelés alliages **ternaires**.

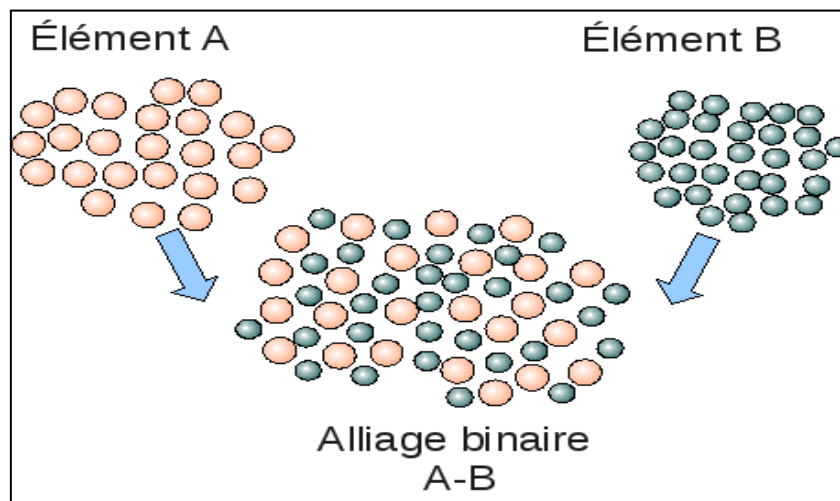


Figure I.1 : les alliages métalliques (binaire A-B) [7]

I.3.1 Casting de métal :

Historiquement, cette technique est connue depuis avant 4000ans et a été utilisée pour produire des têtes de lance en cuivre (appelées cuivre).

Il s'agit d'un processus technologique important qui comprend des formes requises dans certaines spécifications en remplissant des lacunes d'un moule avec du métal fondu et en lui permettant de congélation.



Figure I.2 : Métal liquide issu de la coulée métallurgie ferreuse

I.3.2 Propriétés des alliages

En général, les propriétés des alliages sont très différentes de celles de leurs éléments constitutifs. Par exemple, la résistance mécanique et la résistance à la corrosion d'un alliage peuvent être considérablement supérieures à celles de ses constituants pris séparément. C'est pourquoi on utilise plus fréquemment les métaux alliés que les métaux purs.

Cependant, les propriétés d'un alliage n'évoluent pas de façon linéaire avec celles des constituants qui le composent. Il est donc difficile de prévoir les caractéristiques d'un alliage à partir des propriétés de ses composants. Ainsi, on détermine expérimentalement les propriétés d'un alliage donné. En général, les alliages ont une température de fusion inférieure à celle de leurs constituants.

Industriellement, les métaux sont utilisés sous forme d'alliages en raison de meilleures propriétés technologiques spécifiques.

Exemples : acier, cuivre, bronze

I.3.3 Types d'alliages :

En général, il existe deux types d'alliages : Les alliages de substitution et les alliages d'insertion. Les alliages métalliques sont des combinaisons de deux ou de plusieurs métaux et éventuellement d'éléments non métalliques.

I.3.3.1 Alliages métalliques industriels :

Chapitre I : la composition constructive du solide

Ce sont principalement les aciers, métaux ductiles. L'acier le plus simple est un alliage de fer et de carbone contenant 2% en poids de carbone. Dans cet alliage, les atomes de carbone se placent dans les interstices du réseau cristallin du fer : les aciers sont des alliages **interstitiels**.

Plus les propriétés demandées à l'alliage sont importantes et particulières, plus sa formule est complexe. Dans l'acier simple, le fer et le carbone peuvent être alliés à d'autres métaux, dont la nature dépend des propriétés souhaitées. Ces métaux sont le **chrome, le manganèse, le molybdène, le nickel, le tungstène et le vanadium**. Ces alliages à base d'acier ont une résistance mécanique et une dureté supérieures à celles de l'acier pur.

Les laitons sont principalement constitués de cuivre (majoritaire) et de zinc (minoritaire). On les utilise dans les pièces d'horlogerie et dans la robinetterie.

Les bronzes, alliages à base de cuivre et contenant essentiellement de l'étain, sont utilisés dans la fabrication des cloches et des engrenages.

Une grande variété d'alliages spécifiques contenant des métaux, tels que le béryllium, le bore, le hafnium et le zirconium, ont des caractéristiques d'absorption nucléaire particulières. Les alliages de niobium-étain sont employés comme **supraconducteurs** à des températures extrêmement basses (**Supraconductivité**). Des alliages spéciaux de cuivre, de nickel et de titane, mis au point pour résister aux effets corrosifs de l'eau salée, sont utilisés dans les usines de dessalement. L'industrie aéronautique emploie l'alliage à base de titane contenant 6% d'aluminium en poids et 4% de vanadium en poids. C'est en effet un alliage très léger et de bonne résistance mécanique. Les amalgames, alliages du mercure avec un autre métal, sont utilisés en soins dentaires.

- ***Superalliages***

Ce sont des alliages qui ont une très bonne résistance à la corrosion lorsqu'ils sont soumis à des contraintes mécaniques intenses à température et à pression élevées. Il existe trois familles de superalliages : les superalliages à base de fer, qui contiennent de 15 à 20 % de chrome ; les superalliages à base de nickel-chrome et les alliages à base de cobalt. Les superalliages sont entre autres utilisés dans les réacteurs chimiques et pétrochimiques et dans les raffineries de pétrole.

1.3.3.2 Alliages non métalliques :

Chapitre I : la composition constructive du solide

On peut obtenir des alliages de céramiques et de métaux : les cermets qui combinent les avantages des céramiques : tel que la tenue aux températures élevées, la stabilité, la résistance à l'oxydation ; aux propriétés des métaux comme la ductilité et résistance aux chocs.

❖ Les alliages de substitution :

Une solution solide de substitution est formée lorsque des atomes de l'élément B viennent s'installer à la place des atomes de l'élément A. Donc certains des atomes du métal de base sont remplacés par d'autres atomes de même taille (taille peu différente) et même système.

Exemple : Ag (diamètre 288.3 pm) et Au (diamètre 287.8 pm) ont le même système CFC et ont des diamètres voisins.

❖ Les alliages d'insertion :

Une solution solide d'insertion est formée lorsque des atomes de soluté suffisamment petits arrivent à se placer entre les atomes de solvant. En pratique, le diamètre des atomes de soluté ne dépasse pas 60% du diamètre des atomes de solvant.

Si les atomes de l'élément d'alliage B ont un rayon atomique suffisamment faible, ils vont pouvoir s'introduire dans les interstices de la structure de A, donnant ainsi naissance à une solution solide d'insertion (ou solution solide interstitielle)

I.4. Propriétés de certains minéraux :(Fe, B, Si, Cr).

- **Fer :** Le fer est un métal qui se distingue par ses propriétés magnétiques, outre ses propriétés physiques et chimiques. A l'état pur, il s'agit d'un métal ductile, et pour être travaillé, il doit être transformé en fonte ou acier. Comme le montre la figure 2

l'élément chimique de numéro atomique 26, de symbole Fe.



Figure I.3 : Image l'élément de Fer

- **Bore :** Le bore est un solide noir dont la forme solide est cassante et très dure. La forme amorphe du bore, quant à elle, est une poudre marron-noir. Le bore se comporte comme un non-métal dans les composés. Cependant, quand il est pur, il conduit l'électricité. Figure 3

L'élément chimique de numéro atomique 5, de symbole B.



Figure I.4 : Photo du bore

Silicium : La couleur du silicium dépend de sa forme. Cristallisés sous forme cubique, les cristaux de silicium sont gris-noir avec des reflets métalliques bleutés. Le silicium amorphe se présente comme une poudre brun foncé.

Le silicium est un élément semi-conducteur : en conséquence, sa conductivité électrique est faible comparée à celle des métaux. Le silicium n'est pas soluble dans l'eau. Il est nettement moins ductile que les métaux.



Figure I.5 : Elément de silicium

Chrome : Le chrome se présente sous la forme d'un métal gris acier et dur. Sa principale particularité est de résister au ternissement et à la corrosion. Les états d'oxydation de +2 à +6 sont rencontrés. Le chrome hexa valent est particulièrement oxydant tandis que le chrome (II) est un réducteur.



Figure I.6 : Forme de chrome.

I.4.1 Les différents types de matériaux :

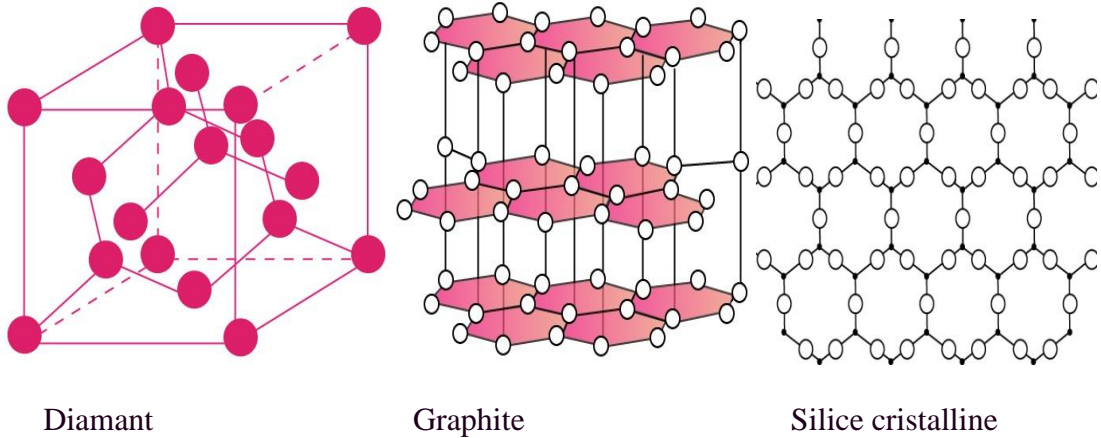
Les matériaux ont des propriétés différentes qui s'expliquent par leur structure microscopique.

I.4.1.1 Les matériaux cristallins :

Les solides cristallins (métaux, sels ioniques) et les céramiques sont des matériaux organisés.

A l'état microscopique, les atomes, les ions ou les molécules qui les constituent sont régulièrement disposés en réseaux dans l'espace.

Exemples de structures cristallines L'image I.7 :



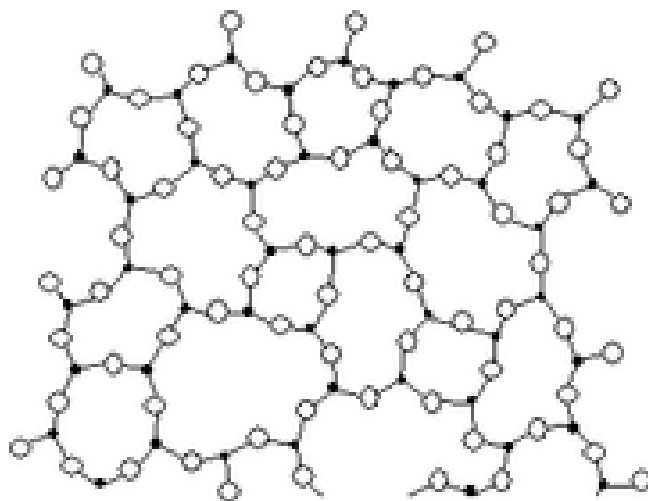
La structure organisée de ces matériaux permet d'expliquer leurs propriétés physiques :

- ✓ pour le diamant, la structure hexagonale explique la très grande dureté.
- ✓ pour le graphite, la structure en feuillets hexagonaux explique la faible dureté et le clivage (séparation en feuillets).

1.4.1.2 Les matériaux amorphes :

Ce sont les matériaux solides dans lesquels les atomes ne distribuent pas une distribution uniforme sur une longue plage et les atomes sont répartis de manière aléatoire, c'est-à-dire

Il n'appartient à aucun système cristallin ayant un système à courte ou à courte portée et une structure semi-stable telle que verre, et nous pouvons obtenir le solide cristallin du matériau cristallin en faisant plusieurs facteurs, y compris l'augmentation, En énergie thermique et refroidissement



Représentations schématique 2D de la silice vitreuse I.8

Chapitre I : la composition constructive du solide

Tableau I-01 : des Propriétés Chimiques Fe, B, Si, Cr

	Eléments			
	Bore – B	Chrome -Cr	Silicium - Se	Fer – Fe
Numéro atomique	5	24	14	26
Masse atomique	10,81 g.mol ⁻¹	51,996 g.mol ⁻¹	28.085 g.mol ⁻¹	55.84 g.mol ⁻¹
Masse volumique	2,3 g.cm ⁻³ à 20°C	7,19 g.cm ⁻³ à 20°C	2.33 g.cm ⁻³ à 20°C (gris)	7.78 g.mol ⁻¹ à 20°C
Température de Fusion	2300 °C	1875 °C	1414°C	1538°C
Température d'ébullition	2550 °C	2672 °C	3265°C	2862°C
Rayon atomique (Van der Waals)	0,098 nm	0,127 nm	0,132 nm	0.126 nm
Rayon ionique	0,027 nm	0,061 nm (+3) ; 0,044 nm (+6)	0,271 nm (-4) 0,041 nm (+4)	0.076nm (+2) ; 0.064 nm (+3)
Isotopes	0 naturel	5	3	
Configuration électronique	[He] 2s ² 2p ¹	[Ar] 3d ⁴ 4s ²	[Ne] 3s ² 4s ² 3p ²	[Ar] 3d ⁶ 4s ²
Energie de première ionisation	800,5 kJ.mol ⁻¹	651,1 kJ.mol ⁻¹	786.3 kJ.mol ⁻¹	761 kJ.mol ⁻¹
Energie de deuxième ionisation	2426,5 kJ.mol ⁻¹	/	1576.5 kJ.mol ⁻¹	1556.5 kJ.mol ⁻¹
Energie de troisième ionisation	3658,7 kJ.mol ⁻¹	/	4354.4 kJ.mol ⁻¹	2951Kj.mol ⁻¹
Potentiel standard	/	- 0,71 V (Cr ³⁺ / Cr)	- 0,77 V	- 0.44V(Fe ⁺² /Fe) ; 0.77V(Fe ⁺³ /Fe ⁺²)
Découverte	Le bore était déjà connu dans l'antiquité mais il fallut attendre le début du siècle pour obtenir des échantillons de pureté supérieure à 99 %	Découverte en 1797 par Vauquelin, qui l'isola l'année suivante	, le silicium ne fut isolé pour la première fois qu'en 1823 par Berzelius	Bien que connu depuis la préhistoire

Chapitre II :

Les phénomènes thermoélectriques

Chapitre II : les phénomènes thermoélectriques

II.1.Introduction :

Depuis l'avènement de l'ère industrielle au milieu du XIXe siècle, l'humanité n'a cessé d'augmenter sa consommation d'énergie sous de multiples formes (industrie, transports, chauffage, électricité, etc.).

La conversion de l'énergie thermique en énergie électrique est l'une des sources d'énergie les plus importantes de l'ère moderne, ce qui signifie que l'énergie thermique est convertie en énergie électrique ou l'inverse, ce qui le distingue des autres matériaux après la différence de température, de pression ou d'applications de potentiel électrique est la dernière chose qui nous permet de connaître les phénomènes thermiques.

Ainsi, comme nous l'avons vu à travers nos recherches, cette transformation se produit à travers trois phénomènes interdépendants : l'effet Seebeck, l'effet Peltier, l'effet Thomson.

II.2.Transfert thermique :

C'est une forme d'énergie qui est transférée d'un milieu à un autre dans lui-même, à cause de la présence de différences de température entre les deux milieux ou d'un point à un autre, de sorte que tout changement dans l'enthalpie de la substance, par exemple (un solide, un liquide, un gaz) ou sa viscosité, entraînera une modification des propriétés de cette substance; sa couleur, sa structure cristalline et d'autres propriétés. [1]

II.2.1 Méthodes transfert thermiques

En distingue trois modes de transfert thermiques :

a)La conduction thermique (ou diffusion thermiques) :

La conduction de la chaleur est le cas particulier où la non uniformité de la température entraîne un transfert d'énergie d'un point à un autre sans transport microscopique de matière. Le transfert est dû à l'agitation thermique des particules microscopiques .c'est un transfert thermique par contact direct (choc entre les particules rapide et particule lentes). Ce transfert thermique en volume par contact direct porte le nom de conduction thermique. [1]

b) La convection thermique :

Chapitre II : les phénomènes thermoélectriques

C'est le déplacement des particules du fluide (transport macroscopique de matière) qui provoque le transfert de chaleur. Ce processus est appelé convection de la chaleur. Pour un système solide, seul le transfert par conduction est possible. Il n'y a pas de convection non plus dans un liquide froid au fond et chaud en surface.

c) Le rayonnement :

Le rayonnement est totalement différent des deux autres types de transfert de chaleur puisque les substances qui échangent de la chaleur n'ont pas besoin d'être en contact. Ce rayonnement est l'émission d'ondes électromagnétiques par un corps chauffé. La terre reçoit sa chaleur du soleil par rayonnement.

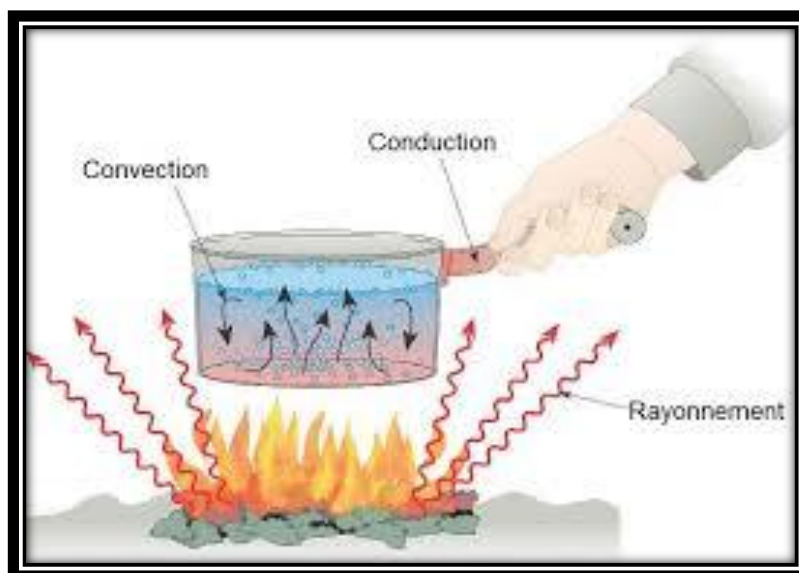


Figure II.1. Les trois modes du transfert thermique

II.3. Conductivité thermique des métaux :

Dans les solides, la conduction thermique est assurée essentiellement par les vibrations du réseau cristallin s'appelle phonon. Les électrons participent également à la conduction. Dans les milieux isolants, les phonons agissent seuls tandis que dans les métaux les électrons assurent la majorité du transfert de la chaleur.

Dans un matériau homogène et isotrope, la densité ϕ de flux de chaleur est liée au gradient de température **grade T** par l'intermédiaire de la conductivité thermique λ (loi de Fourier) :[1]

$$\phi = -\lambda \nabla T \dots\dots\dots \text{II.1.1.1}$$

Chapitre II : les phénomènes thermoélectriques

La conductivité s'exprime en watts par mètre et par kelvin ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$).

Pour un transfert de chaleur dans un mur d'épaisseur e dont les deux faces planes de surface S sont maintenues aux températures uniformes et constantes T_1 et T_2 ; ($T_2 > T_1$), le flux de chaleur Φ en régime permanent (quantité de chaleur traversant le mur) est :

$$\Phi = \lambda \frac{S}{e} (T_2 - T_1) \dots\dots\dots \text{II.1.1.2}$$

II.3.1 Propriété physique de conductivité : [8]

La conductibilité est la propriété que possèdent les corps de transmettre la chaleur, l'électricité ou certaines vibrations. Des métaux comme l'or, l'argent et le cuivre ont une conductibilité thermique importante (ils conduisent facilement la chaleur), alors que des matériaux comme le verre et l'amiante ont une conductibilité thermique beaucoup plus faible. Ces derniers sont des isolants.

II.3.1.1. La densité électronique :

Les matériaux de conductivité se distinguent par un grand nombre de milieu conducteur libre par rapport aux autres propriétés physiques, alors que le nombre dans les isolants est de l'ordre de $10^{10} m^{-3}$, et dans les semi-conducteurs entre $10^{15} m^{-3}$ et $10^{18} m^{-3}$, ils sont dans des convoyeurs de rang $10^{24} m^{-3}$ ou plus.

II.3.1.2. Conductivité électrique:

La conductivité électrique est une norme de la capacité du milieu à déplacer la charge électrique à travers elle, et elle représente le rapport de la densité de courant à l'intensité du champ électrique. La conductivité électrique est affectée par plusieurs facteurs, tels que la composition chimique des matériaux et l'état de contrainte de la structure cristalline. Par conséquent, la conductivité électrique peut être utilisée pour mesurer la pureté de l'eau, la classification des matériaux, ...Etc.

II.3.1.3. Résistivité électrique:

La résistance électrique est une conductivité inversée, qui est une expression de la résistance d'une substance au flux de courant électrique qui la traverse, provoquant la conversion de l'énergie électrique en chaleur, lumière ou toute autre forme d'énergie. La valeur de la résistance dépend du type de matériau.

Chapitre II : les phénomènes thermoélectriques

La valeur de la résistance dépend du type de matériau. Les matériaux à faible résistance sont des bons conducteurs d'électricité, tandis que les matériaux à haute résistance sont des bons isolants.

II.3.1.4. Conductivité thermique :

Dépendant essentiellement de la nature des matériaux considérés, on la trouve généralement en relation directe avec la conductivité électrique d'un matériau. Cette propriété, surprenante de prime abord, a été expliquée simplement par le fait que ce sont les électrons libres dans un matériau qui sont le plus souvent associés aux transferts de chaleur.

Il y a toutefois des exceptions, comme le diamant, ce qui démontre clairement qu'un autre processus possible de conduction de la chaleur est aussi en jeu. Cette fois ci, c'est la quantification des mouvements d'oscillations des atomes autour de leur position d'équilibre qui conduit à l'existence d'un nouveau type de quanta d'énergie, les phonons. Ce sont eux qui jouent alors un rôle analogue aux électrons pour la conduction de la chaleur.

II.3.1.5. Permittivité électrique :

La permittivité électrique est une propriété physique qui décrit la réponse d'un milieu donné à un champ électrique appliqué. La permittivité ϵ d'un matériau est le rapport D/E du déplacement électrique (aussi appelé induction électrique ou excitation électrique) D (en coulombs par mètre carré) et de l'intensité du champ électrique E (V/m).

II.3.2 Force électromotrice :

L'origine de la force motrice électrique dans le circuit **DC** est le résultat de certains mécanismes qui déplacent les convoyeurs à l'intérieur du générateur dans une direction opposée à la direction de la force électrique, qui affecte les porteurs de charge. La force motrice électrique est la différence de latence que le générateur donne. Volts unitaires et les exprimer brièvement. On s'y réfère dans les réseaux avec ϵ . [9]

$$\epsilon = \frac{dw}{dq} \dots\dots\dots \text{II.2.2.3}$$

W = Travail d'une force.

Q = Charge électrique.

II.4. Les effets thermoélectriques :

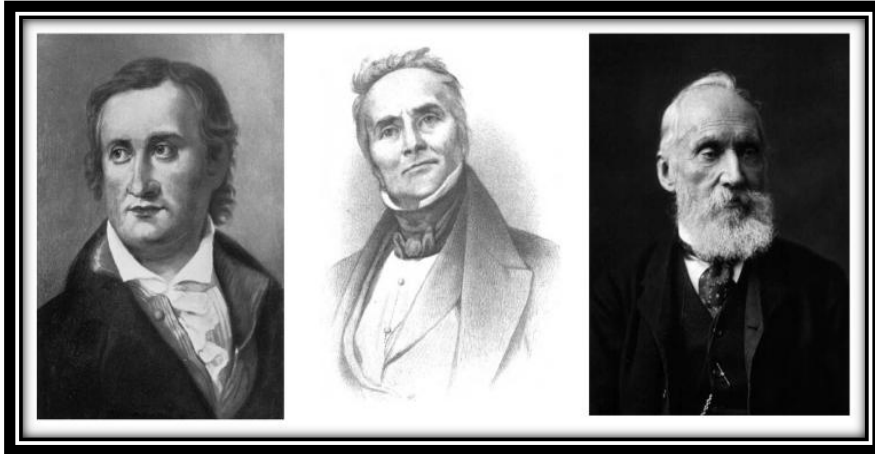


Figure II.2 : Thomas Johann Seebeck, Jean-Charles Peltier et William Thomson (Lord Kelvin), qui ont découvert les différents effets thermoélectriques (Images : Wikipedia)

II.4.1. La thermoélectricité :

La thermoélectricité est un phénomène physique intéressant, qui consiste en la conversion directe d'énergie thermique, autrement appelée chaleur, en électricité, et inversement. Outre l'effet Peltier, qui est le plus connu des effets thermoélectriques, ce phénomène se manifeste aussi à travers deux autres phénomènes : l'effet Seebeck, l'effet « inverse » de l'effet Peltier, et l'effet Thomson. On peut s'en douter, le phénomène de thermoélectricité n'apparaît pas dans tout type de matériaux et heureusement d'ailleurs il présente beaucoup d'applications.

II.4.1.1. L'effet Seebeck :

Il est aussi appelé pouvoir thermoélectrique. Il s'agit d'un phénomène qui se traduit par la création d'un champ électrique sous l'action d'un gradient thermique entre deux

Chapitre II : les phénomènes thermoélectriques

matériaux thermoélectriques reliés entre eux. Il a été observé pour la première fois en 1821 par le physicien allemand Thomas Johann Seebeck. Il en conclut qu'il s'agit d'un effet thermomagnétique mais en réalité le champ magnétique est créé par un courant provoqué par l'apparition d'une force électromotrice dans le circuit. Pour une différence de température ΔT faible, cette force électromotrice est proportionnelle à ΔT . Le coefficient de proportionnalité entre ces deux grandeurs est appelé coefficient Seebeck, en l'honneur de ce physicien qui a mis en évidence cet effet, et vaut : [10]

$$\alpha_{ab} = \alpha_b - \alpha_a = \frac{V_2 - V_1}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots II.3.1.4$$

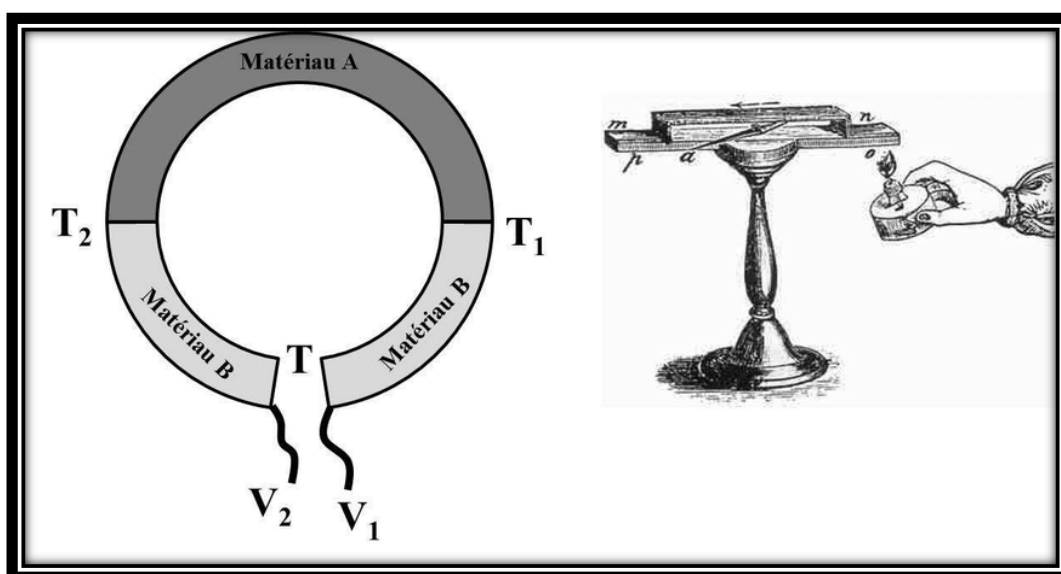


Figure II.3-Schéma de principe de l'effet Seebeck (à gauche) et illustration de l'expérience effectuée par Seebeck [10] à droite

Où V désigne les potentiels électriques et T les températures suivant la convention présentée sur la figure 2.2. Le coefficient α_{ab} est associé au couple formé par le matériau a et le matériau b ; il n'est pas possible en effet de mesurer le coefficient Seebeck d'un matériau unique car la mesure des potentiels électriques doit être effectuée à une même température, sans quoi le coefficient Seebeck du volt mètre serait alors à prendre en compte. Dans le cas où le matériau b possède un coefficient Seebeck α_b faible devant celui du matériau a , α_b , on peut faire l'approximation :

$$\alpha_a = \frac{V_2 - V_1}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots II.3.1.5$$

Chapitre II : les phénomènes thermoélectriques

Dans le pouvoir thermoélectrique sont présentes toutes les contributions relatives aux différents mécanismes de transport dans le matériau, qui de manière microscopique, peuvent être visualisées à travers la résistivité électrique [11].

Détermination expérimentale des coefficients :

Il est difficile de déterminer expérimentalement le coefficient **Seebeck** (ou, de même, le **coefficient Peltier** puisque qu'ils sont liés au travers de la seconde relation de **Kelvin**) pour un matériau unique puisque la mesure de ce coefficient fait nécessairement intervenir deux matériaux distincts. Il existe cependant deux méthodes pour accéder à la valeur intrinsèque de α pour un matériau. La première consiste à faire passer l'un des matériaux dans sa phase supraconductrice pour laquelle $\alpha = 0$: la tension mesurée n'est alors due qu'à la contribution du second matériau. La limite de cette technique est évidemment l'obligation d'imposer une température suffisamment faible, inférieure à la température critique du matériau, qui n'excède jamais la centaine de Kelvin, pour garantir l'existence de la phase supraconductrice. Pour déterminer à des températures supérieures, il est nécessaire d'utiliser la seconde méthode qui repose sur l'utilisation du coefficient Thomson qui est mesurable pour un matériau unique. On accède ainsi, d'après la première relation de Kelvin à la variation de α avec la température. Le coefficient Seebeck peut alors être déterminé par intégration à partir d'une température où sa valeur est connue :

$$\alpha(T) = \alpha(T_0) + \int_{T_0}^T \tau \frac{dT}{T} \quad [10] \dots\dots\dots II.3.1.6$$

La valeur de $\alpha(T_0)$ est déterminée en utilisant la première méthode ou en faisant passer la matériau lui-même dans une phase supraconductrice pour avoir $\alpha(T_0) = 0$. La mesure de τ est la principale difficulté de cette procédure : la contribution de l'effet Thomson à la production de chaleur dans l'échantillon est relativement faible devant la contribution de l'effet Joule, de l'ordre de 1%, ce qui rend sa mesure délicate.[10]

- **Intérêts de la mesure du coefficient Seebeck :**

La détermination du coefficient de Seebeck absolu (pouvoir thermoélectrique absolu) des matériaux conducteurs est un défi très important pour les chercheurs, d'une part pour améliorer la précision et la rapidité des mesures de températures ,et d'autre part pour développer des générateurs électriques et des modules Peltier de haute performance.[12]

Chapitre II : les phénomènes thermoélectriques

II.4.1.2.L'effet Peltier :

En 1834, **Peltier** a constaté que le passage d'un courant électrique **I**, imposé par un générateur extérieur, dans le circuit constitué de deux matériaux, similaire à celui utilisé par Seebeck, provoque une absorption de chaleur à l'une des jonctions et un dégagement de chaleur à l'autre jonction ¹⁰. Le flux de chaleur ainsi absorbé est proportionnel à la valeur du courant électrique **I** dans le circuit lorsque **I** reste faible. Le coefficient de proportionnalité est appelé le coefficient **Peltier** Π_{ab} , caractéristique du couple de matériaux. Ainsi, si on associe au matériau **a** le coefficient **Peltier** Π_a et au matériau **b** le coefficient Π_b , on a $\Pi_{ab} = \Pi_b - \Pi_a$.

a. Sur le schéma de la figure :

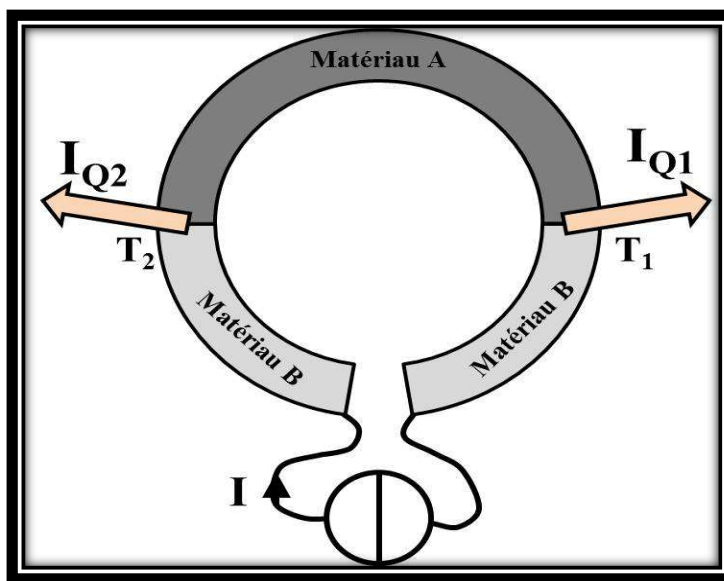


Figure II.3– Schéma de principe de l'effet Peltier.[10]

On a alors :

$$I_{Q1} = I_{Q2} = \Pi_{ab} I \dots\dots\dots II.3.1.7$$

Pour un courant **I** positif, Si $\Pi_b > \Pi_a$ alors **I_{Q1}** et **I_{Q2}** sont positifs. Ils sont négatifs

Si $\Pi_b < \Pi_a$.

Enfin, si on impose à un matériau un courant électrique et un gradient de température, alors ce matériau échange de l'énergie thermique avec l'extérieur : c'est l'**effet Thomson**.

II.4.1.3.L'effet Thomson :

Chapitre II : les phénomènes thermoélectriques

Cet effet fut découvert en 1851 par **William Thomson**, aussi connu sous le nom de **Lord Kelvin**. Celui-ci décrit la relation existante entre le flux de chaleur et le courant électrique au sein d'un matériau thermoélectrique. Il montra ainsi que les effets **Seebeck** et **Peltier** étaient tous deux liés : un matériau thermoélectrique soumis à un gradient thermique et parcouru par un courant électrique échange donc de la chaleur avec le milieu extérieur.

De la même manière, un courant électrique est généré par un matériau thermoélectrique soumis à un gradient de température et traversé par un flux de chaleur.

L'effet **Thomson** est donc mis en évidence lorsque coexistent un gradient de température (ΔT) et un courant électrique (\mathbf{I}). Il y a alors soit émission, soit absorption de chaleur dans chaque segment du matériau. Le gradient de flux thermique (ΔQ) dû à l'effet Thomson au sein du matériau est proportionnel au coefficient Thomson (τ).

Les coefficients Peltier Π et Seebeck S sont reliés au coefficient de Thomson τ par les équations de Kelvin : [14]

$$\text{Et } \left\{ \begin{array}{l} \blacktriangleright \quad \Pi = ST \\ \dots\dots\dots II.3.1.8 \\ \blacktriangleright \quad \tau = T \frac{dS}{dT} \end{array} \right.$$

Au vu de cette dernière relation, il est clair que l'effet Thomson ne sera présent que dans des matériaux pour lesquels le coefficient **Seebeck** dépend significativement de la température.

En effet si S est indépendant de la température, alors $\frac{dS}{dT} = 0$.

Ainsi par exemple, l'effet **Thomson** est négligeable dans le plomb, pour lequel le coefficient **Seebeck** est presque indépendant de la température.

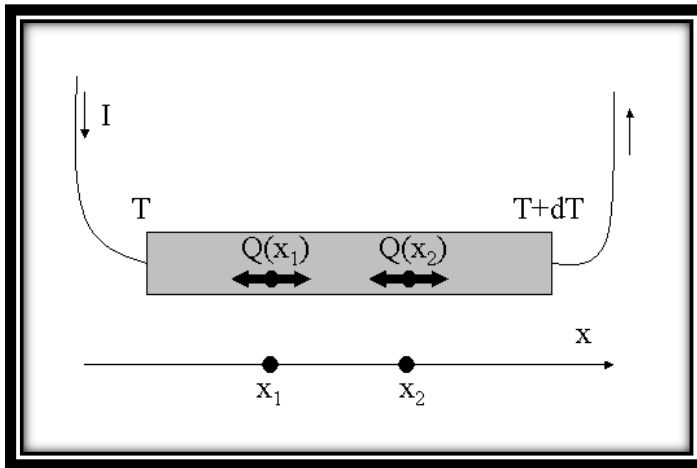


Figure II.4-Schéma de l'effet Thomson [1]

➤ *Coefficient de Thomson:*

Le coefficient Thomson peut être défini directement pour un seul matériau.

Lorsque sont présents simultanément un gradient de température et un courant électrique, il y a génération ou absorption de chaleur dans chaque segment de matériau pris individuellement. Le gradient de flux thermique au sein du matériau est alors donné par :

$$\frac{dQ}{dx} = I \tau \frac{dT}{dx}$$

Où x est la coordonnée spatiale et τ est le coefficient Thomson du matériau

II.4.2. Quelques applications :

Ces effets thermoélectriques présentent de nombreuses applications ; Par exemple, de nombreuses sondes spatiales, telles que Galileo, présentent des **générateurs thermoélectriques**, qui convertissent, grâce à l'effet Seebeck, de la chaleur en électricité.

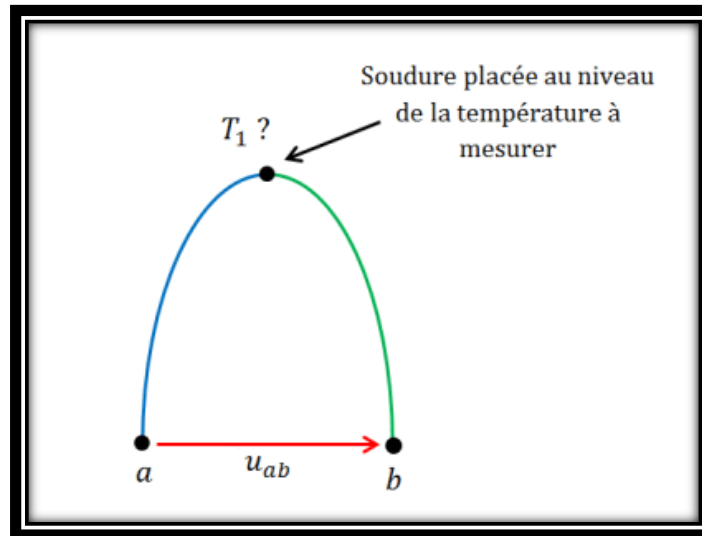


Figure II.5

Une autre application plus fréquente de l'effet Seebeck est les **thermocouples**, qui utilisent justement cet effet pour mesurer une température. Deux matériaux sont soudés, et on place cette soudure au niveau du milieu dont on souhaite déterminer la température T_1 , les deux autres extrémités **a** et **b** des matériaux sont de préférence à la même température (différente de la température recherchée). Du fait de la différence de température, une tension va apparaître entre les deux extrémités a et b, et en plaçant un voltmètre, on est capable de mesurer la température.

Mais l'application qui est certainement la plus répandue s'appuie sur l'effet Peltier : il s'agit du **refroidissement thermoélectrique**, via des **modules Peltier**. Ces modules sont alimentés en courant, et par effet Peltier, présentent une différence de température entre ses deux faces. Une de ses faces, dite face froide, permet de refroidir. L'avantage premier est l'absence d'organes mobiles et de fluide pour le transfert d'énergie, ce qui permet une certaine simplicité de mise en œuvre. Mais de tels dispositifs sont relativement coûteux, et peu performants.

Voilà, c'est tout pour ce billet sur les effets thermoélectriques aux multiples applications.

Chapitre II : les phénomènes thermoélectriques

II.5 Thermocouple :

Deux matériaux conducteurs de natures différentes M_1 et M_2 sont reliés d'un côté par une soudure et sont raccordés de l'autre côté à un microvoltmètre (voltmètre permettant de mesurer de très faibles tensions). Dans le cas de l'effet Seebeck, une différence de température $\Delta T = T_B - T_A$ est appliquée entre la soudure et l'appareil de mesure, ce qui entraîne l'apparition d'une différence de potentiel e . [15]

Chapitre III :
techniques expérimentales
et discussion et résultats

III.1 Introduction :

Ce chapitre est réservé dans notre étude sur l'alliage amorphe d'un élément Fe₇₆ B₁₄ Si₇ Cr₃ d'élaboration des alliages métalliques que nous avons adoptés au cours de ce travail.

On a fait l'étude en laboratoire pour mesurer la résistance électrique et le coefficient de Seebeck dans le laboratoire de l'université de MATZ en France, Le processus de mesure des propriétés thermoélectriques de l'alliage étudié en termes de températures différentes a été réalisé dans la même installation expérimentale automatique qui nous permet de déterminer les propriétés des changements de phase et les propriétés physiques de l'alliage en adoptant le programme Origine pro9, Cela nous permet de contrôler plus facilement dans des conditions changeantes en plus de mesurer avec une grande précision pour étudier les propriétés expérimentales des métaux et alliages métalliques à atteindre tout en s'assurant de sauvegarder les résultats obtenus dans l'ordinateur de programmation.

III.2 Expérimentale :

III.2.1. Identifier échantillon :

On prépare les échantillons (Fer, chrome, bore, silicium)



Figure III.1 : Ruban de l'alliage

III.2.2 Méthode expérimentale :

L'expérience a été réalisée dans un four d'une température maximale de 1000°C, dans lequel nous avons placé un alliage...(Figure III.1) Et augmenter la température de 25°C à 750 °C,

Chapitre III : techniques expérimentales et discussion et résultats

L'objectif de l'expérience est de créer une différence de température aux proximités de la plaque pour mesurer le coefficient de Seebeck, nous utilisons une résistance thermique pour augmenter la température d'un côté et prendre l'autre côté comme référence ce qui va créer une force électronique sous forme d'une différence de potentiel entre les deux proximités.

Nous utilisons des thermocouples pour mesurer la température de chaque côté de la plaque T1 et T2 respectivement et la différence sera $\Delta T = T1 - T2$.

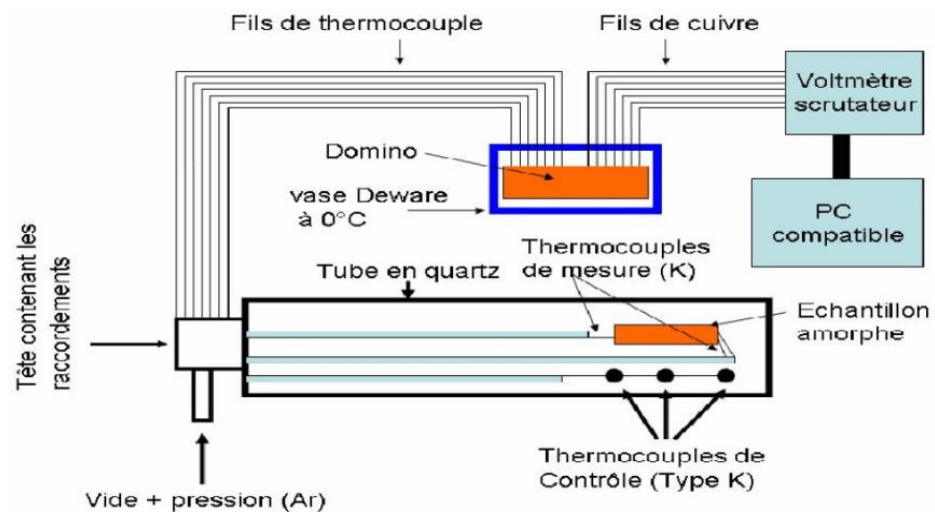


Figure III.2 : Dispositif expérimentale

III.2. 3 Les logiciels utilisés :

Origine est un logiciel de traitement et d'analyse de données scientifiques pour environnement Microsoft Windows a développé par Origin Lab.

Il permet notamment de tracer des graphes 2D et 3D et possède des fonctions d'analyse de pics. Il est aussi capable d'importer des fichiers de divers formats tels que Excel, ASCII, ou Sigma Plot (en), et d'exporter les graphes en format JPEG, GIF, TIFF etc.

LABVIEW :c'est un nouveau programme dont l'interface nous permet de collecter facilement de nombreuses propriétés expérimentales et de les expliquer facilement.

III.2.4 Résultats expérimentaux :

Grâce à des expériences, nous avons obtenu les résultats suivants :

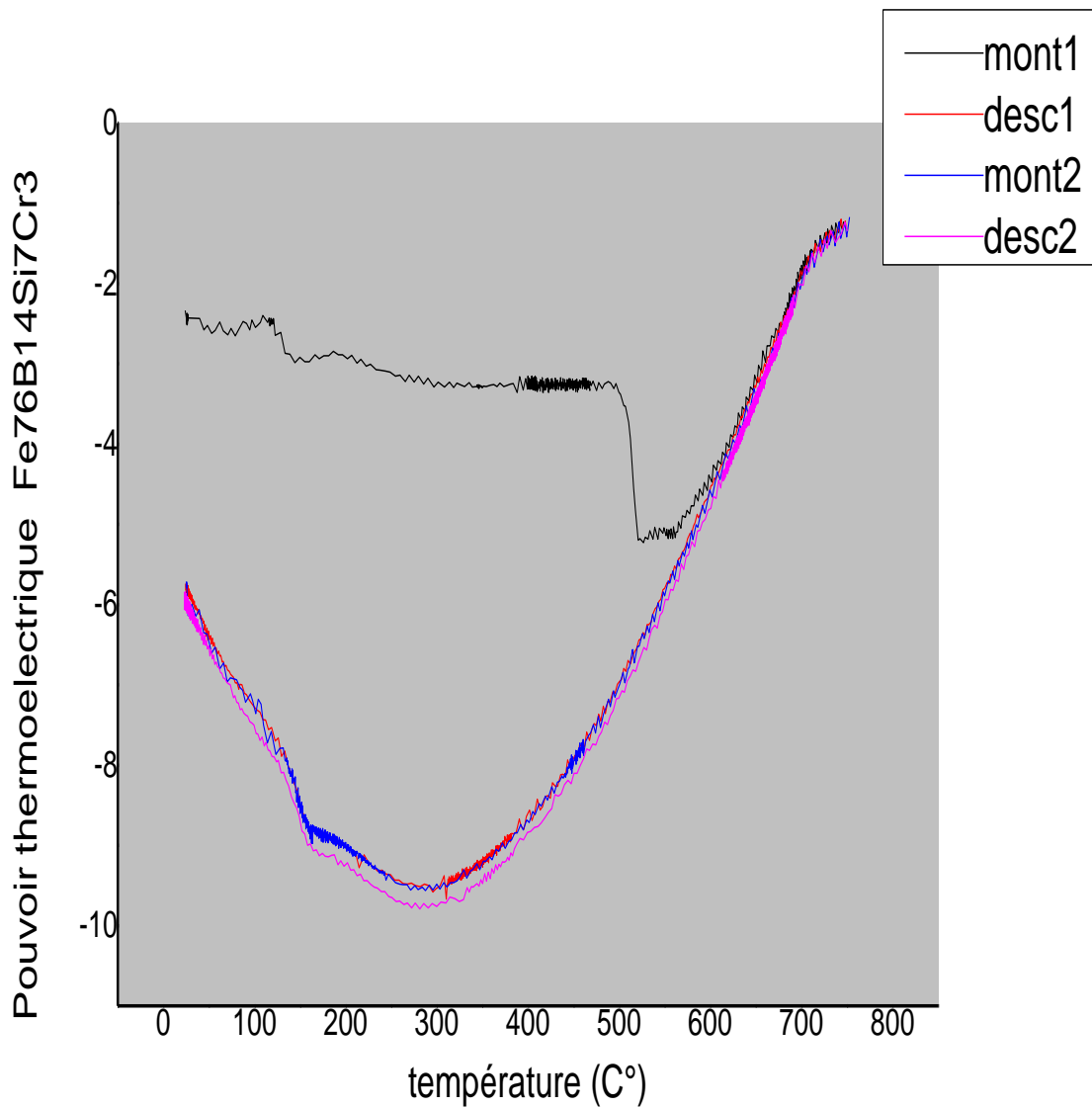


Figure III.3- : Pouvoir thermoélectrique (Fe₇₆B₁₄Si₇Cr₃) en fonction de température

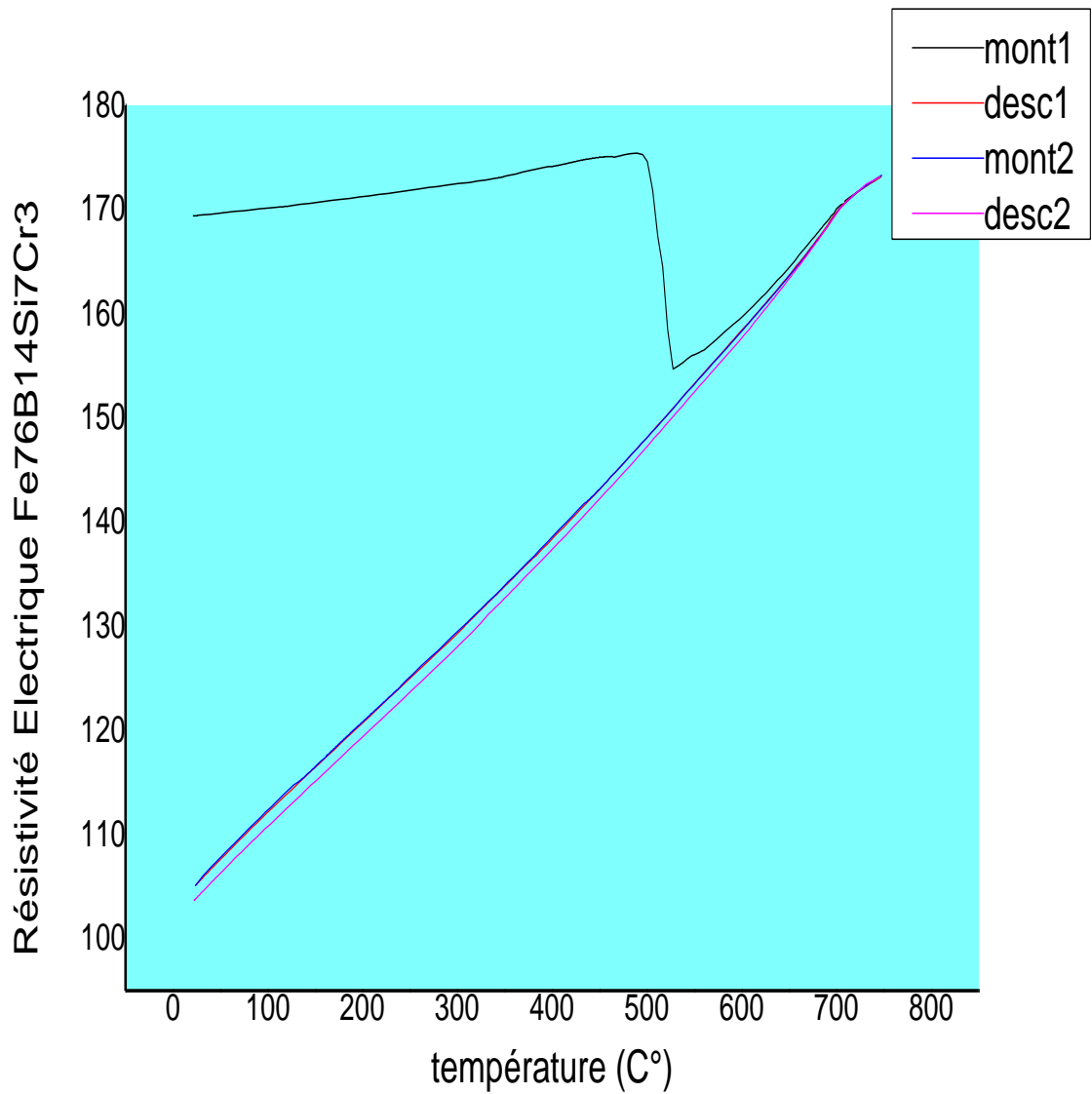


Figure III.4 Résistivité Electrique (Fe₇₆B₁₄Si₇Cr₃) en fonction de température

III.2.5 Interprétation des résultats :

III.2.5.1 Interprétation du coefficient de Seebeck :

À travers la courbe qui présente le pouvoir électrique en fonction de température (Figure III.3) -nous ne constatons que la première valeur que le paramètre de Seebeck. est $2.25 \mu\text{V/k}$ Négatif à 25°C dans la première courbe ascendante, puis il commence à baisser jusqu'à $3 \mu\text{V/k}$ à 145°C et cela peut s'expliquer par l'échec du programme à corriger l'erreur résultant du démarrage du chauffage du four pour l'échantillon. Ensuite le coefficient Seebeck est réduit à $3.2 \mu\text{V/k}$ jusqu'à ce que la température de 500°C qui est le début d'un changement dans la phase structurelle de l'échantillon, provoquant une diminution rapide à 5.2 à température 510°C , puis on enregistre une augmentation à $1.2 \mu\text{V/K}$ à une température de 750°C , ce qui s'explique par le deuxième changement de phase.

Après le refroidissement de l'échantillon, on remarque la première courbe descendante, sa valeur est passée de $1.2 \mu\text{V/K}$ (750°C) à $9.3 \mu\text{V/K}$ (300°C), puis on a commencé à monter relativement à 5.8 à température ambiante mais elle n'a pas atteint la valeur avec laquelle elle avait commencé, il en est de même pour la deuxième courbe ascendante, correspondant aux premières courbes descendante et deuxième descendante.

Par conséquent, cela signifie que l'échantillon est passé de l'état amorphe à l'état cristallin.

III.2.5.2 *Interprétation de résistivité électrique :*

A travers la courbe qui présente la résistivité électrique en fonction de température (Figure III.4) nous avons observé dans la première courbe ascendante à une température de 25°C , la valeur de la résistivité est de $170 \mu\Omega/\text{cm}$, puis elle commence à monter à une température de 500°C de valeur $175 \mu\Omega/\text{cm}$, où l'on enregistre une diminution de la résistance jusqu'à $140 \mu\Omega/\text{cm}$ à température 510°C , où remarquons nous le premier changement de phase de la structure étudiée, après cela, nous remarquons une augmentation progressive de la résistivité

Chapitre III : techniques expérimentales et discussion et résultats

jusqu'à atteindre une température de 750°C, où nous enregistrons la valeur de la résistivité comme 172 $\mu\Omega$ /cm.

Nous refroidissons l'échantillon étudié pour le protéger des dommages à la température de 750°C jusqu'à 25°C, on remarque que la première courbe descendante de la résistance de 172 $\mu\Omega$ /cm jusqu'à 105 $\mu\Omega$ /cm, autrement dit, il n'est pas revenue à son état primaire. et ici il y a un changement de phase pour l'échantillon.

Pour nous en assurer, nous élevons à nouveau la température, on observe que la deuxième courbe ascendante parallèle à la première courbe descendante, avec la progression de la résistance à 172 $\mu\Omega$ /cm de 750°C. donc nous refroidissons l'échantillon pour la deuxième fois, ce qui est indiqué par la deuxième courbe descendante, qui est parallèle à la première courbe descendante et à la deuxième courbe ascendante, avec la diminution de la résistance à 105 $\mu\Omega$ /cm de 25°C.

Et à partir de là, nous concluons que la courbe de la résistivité électrique ne revient pas sur la première courbe (Monté 1), et cela indique la transformation de l'échantillon de l'état amorphe à l'état cristallin.

III .2.5.3 Comparaison entre la courbe de la résistivité électrique et la courbe de coefficient de Seebeck :

Les expériences des deux courbes ont été testées en même temps et dans les mêmes conditions initiales.

En comparant les deux courbes dans les deux figures (III-3 et III-4), nous avons remarqué que ces deux courbes présentaient deux changements de phase aux mêmes écarts de température.

Chapitre III : technique expérimentales et discussion et résultats

Le premier changement était entre deux températures (500°C-510°C) et le deuxième changement à 750°C des deux courbes, mais ce dernier ne peut pas être considéré pour éviter d'endommager l'échantillon.

On remarque sur la courbe de la résistivité une décroissance rapide à une température de 500°C-510°C jusqu'à 140 $\mu\Omega$ /cm .et pour la courbe de coefficient de Seebeck, une baisse se produit entre les deux températures (500°C-510°C) de 3.2 μ V/K à 5.2 μ V/K .

A température de 750°C, la valeur de résistivité est aussi élevée environ 172 $\mu\Omega$ /cm, et le coefficient de Seebeck est également très élevé jusqu'à 1.2 μ V/K négative.

Après le refroidissement, nous avons observé une descente progressive de la courbe de la résistivité et la courbe de Seebeck, sans revenir à l'état initiale, ce qui signifie que l'échantillon a une structure cristalline.

Conclusion générale

A partir des expériences qu'on a mentionnées dans notre travail on a recherché sur quelques propriétés physiques qui sont les propriétés thermoélectriques et c'était à base du programme LABVIEW lié au composé expérimentale fabriqué dans le laboratoire de l'université de MATZ en France pour mesurer la résistance électrique et le coefficient de Seebeck. la courbe expérimentale de coefficient de Seebeck

Nous avons pu obtenir un changement de phase et de température, et le premier changement c'était dans 500°C le coefficient du Seebeck 3.2 négatif transition de phase, mais le dernier changement de phase à 700°C et de même pour la résistivité électrique, on observe la valeur initiale est de $170\mu\Omega/\text{cm}$ à température 25°C, et lorsque la température passe à 750°C nous remarquons que la résistivité a augmenté jusqu'à une valeur de $172\mu\Omega/\text{cm}$.

Et à la suite de cette étude ces expérience sont avérées être le début d'un événement d'alliage $\text{Fe}_{76}\text{B}_{14}\text{Si}_7\text{Cr}_3$ en température (25°C-750°C) en mesurant la résistivité électrique et le coefficient de Seebeck ,l'échantillon est passé de l'état amorphe à l'état cristallin.

Bibliographie

1)- «la résistivité électrique en fonction du temps a plusieurs températures $Fe_{73.6}Nb_{2.4}Cu_1Si_{15.8}B_{7.2}$ ». mémoire de master académie BERROUBA DALAL.

2)- «mesure du coefficient SEEBECK en fonction de température d'un alliage $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ »2017. Mémoire de master académie HAMDAT NESRIN et SAHRROUI MALIKA

3)-Principes théoriques et pratiques d'analyse minérale : cours de chimie analytique professé à l'École nationale supérieure des mines par G. Chéneau,...

4)-<http://purescience.uobabylon.edu.iq/lecture.aspx?depid=2&lcid=52578> collage of éducatons for pur science2016/11/12 (الخواص الكهربائية والمغناطيسية من أستاذ المادة فاتن فاضل محمود)

5)-Technologie des métaux, contrôles et essais des soudures. De Boeck Supérieur Amazon France.

6)-<https://conceptec.net/fr/techniques-de-base/materiaux/metaux/66-les-alliages-metalliques> LES ALLIAGES MÉTALLIQUES.

7) منكرة ماستر اكاديمي' راوية نوحه' ارتباط الناقلية الكهربائية بترددات الحقول الكهرومغناطيسية في النواقل جامعة ورقلة ' 4جويلية 2011

8)-mémoire de master académie RAOUIA NOHA (La conductivité électrique est liée aux fréquences des champs électromagnétiques dans les conducteurs) OUARGLA4/07/2001

9) محاضرات في الفيزياء الكهربية والمغناطيس د.شهرة ثرية لسنة 1 علوم وتقنيات وعلوم المادة

10)- « Réflexions sur l'optimisation thermodynamique des générateurs thermoélectriques ». par Yann APERTET

11)-Université Paris-Sud Ecole Doctorale spécialité de physique Thèse de doctorat Soutenue le 13 décembre 2013

12)- « Etude des propriétés électroniques, résistivité et pouvoir thermoélectrique d'alliages amorphes » par Mr. Billel SMILI

-Université BADJI MOKHTAR ANNABA- thèse Doctorat en chimie 2018.

13)-Electrical conduction in concentrated disordered transition metal alloys, Phys. Stat. Sol. A. 17 (1973) 521–530,

14)-Z. Altounian, C.L. Foiles, B. Muir, J.O. Strom-Olsen, *Thermoelectric power of Ni-Zr Metal glasses*, *Phys. Rev. B* 27 (4) (1983) 1955, <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevB.27.1955>. [25] J.A.N. Mooij,

15)-« *Structuration de générateurs thermoélectriques sur échangeur de type radiateur par électrodéposition* » par MATHIEU MAAS

Résumé :

Le but de cette mémoire est de réaliser une étude thermoélectrique en mesurant le coefficient de Seebeck et la résistivité électrique en fonction de la température d'un alliage $Fe_{76}B_{14}Si_7Cr_3$. Où on a trouvé des résultats pertinents sur la relation du coefficient de Seebeck et la température confirmés par plusieurs phases structurales (25°C-750°C).avec la conclusion de transformation de l'échantillon de l'état amorphe à l'état cristallin.

Les mots clés :

L'alliage $Fe_{76}B_{14}Si_7Cr_3$, la cristallisation, thermoélectrique, effet de Seebeck.

ABSTRACT :

The purpose of this memory is to carry out a thermoelectric study by measuring the Seebeck coefficient and the electrical resistivity as a function of the temperature of an alloy $Fe_{76}B_{14}Si_7Cr_3$. where we have found relevant results on the relation of the

See beck coefficient and the temperature confirmed by several structural phases (25°C-750°C) ,with the conclusion of the sample transfer from the amorphous state to the crystalline state.

Key words:

The alloy Fe76B14Si7Cr3, crystallization, thermoelectric, See beck effect .

المخلص :

الغرض من هذه الاطروحة هو اجراء دراسة كهر وحرارية عن طريق قياس المقاومة الكهربائية و معامل سبياك بدلالة درجة الحرارة للسبيكة Fe76.B14.Si14.Cr3 مع اعطاء نتائج مهمة حول المقاومة الكهربائية و معامل سبياك و وجود تغيرات في الاطوار عند درجات حرارة مختلفة (من 25 °C الى 750°C) . مع انتقال العينة من الحالة اللابلورية الى الحالة البلورية.

الكلمات المفتاحية :

السبيكة Fe76.B14.Si14.Cr3 , الكهروحرارية , البلورة , معامل سبياك