الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria

Ministry of Higher Education and Scientific Research

Ferhat Abbas University Sétif-1

Faculty of Sciences

Department of Physics

Domain: Material Sciences

Division: Fundamental Physics

Option: Materials Physics

A Master's thesis for the Degree of Academic Master in Materials Physics

Title:

INVESTIGATION OF THE DISORDER– ORDER PHASE TRANSITION SERIES DURING THE COOLING PROCESS OF THE 12-CARAT Au Cu ALLOY BY IN-SITU TEMPERATURE XRD AND MECHANICAL SPECTROSCOPY.

BY:

SMAANI AYA

Members of the Jury:

Dr.Imene.LAMIRI.	Ferhat Abbas University Sétif-1	Supervisor
Pr.Laid Kerkeche	Ferhat Abbas University Setif-1	President
Dr.Zaiou Soumia	Ferhat Abbas University Setif-1	Examiner

Academic Year: 2025–2026

TABLE OF CONTENTS

Title	Page
General Introduction	01-02
Chapter I: Generalities about the Au-Cu system	03
Introduction	04
I.1 Definitions	04
I.1.1 Gold	04
I.1.2 Copper	04
I.1.3 Alloy	04
I.1.4 Gold alloys	04
I.2 The Solid solutions	05
I.2.1 Types of the solid solution	05
Interstitial Solid solution	05
substitutional Solid solution	06
I.3 The Au–Cu System	06
I.3.1 Crystal structure of Au and Cu (FCC structure)	06-07
I.3.2 Au–Cu phase Diagram	07-08
I.3.3 12-carat composition (50% Au – 50% Cu)	08
I.3.4 Ordered L12 phase	08
I.3.5 Super lattice structure	09
I.3.6 Twin crystal (Twinning in Au–Cu alloys)	09
I.4 Order–Disorder Phase Transition	10
I.4.1 Definition of order disorder transition	10
I.4.2 Critical temperature	10
I.4.3 Order parameter(η)	10
Short range order (SRO)	10

Long range order (LRO)	11
I.4.4 Atomic ordering mechanism	11
I.5 Mechanical behaviour of gold alloys	11
I.5.1 Some previous mechanical results for Au Cu systems	11-12
I.5.2 Zener Relaxation near Order-Disorder Transitions	12-13
Conclusion	13
Chapter II: Experimental Procedures and Techniques	17
Introduction	18
II.1. Materials and methods	18
II.1.1 Preparation of the alloys	18
II.2 The used characterization techniques	18
II.2.1 Electron Probe Microanalysis (EPMA)	18-20
II.2.2 X- ray diffraction	20-21
II.2.3 Forced torsion pendulum	21-22
Conclusion	22
Chapter III: Results and Discussions	23
Introduction	24
III.1 Results	24-31
III.2 Discussion	31-32
Conclusion	32
General Conclusion	33-35

Abstract:

This work investigates the disorder order phase transition occurring during the cooling of a 12-carat Au–Cu alloy. The alloy was characterized using in-situ temperature X-ray diffraction (XRD) and mechanical spectroscopy. The results showed that the alloy transforms from a disordered A1 phase at high temperature to an ordered $AuCu_3$ phase during cooling. The onset of the transformation was detected around 633 K, while the ordered phase became predominant around 525 K. The appearance of superlattice reflections and the observation of a Zener relaxation peak confirmed the atomic ordering process. These findings provide a better understanding of the relationship between phase transformations, atomic ordering,and mechanical behavior in Au–Cu alloys.

Résumé :

Ce travail porte sur l'étude de la transition de phase désordre ordre au cours du refroidissement d'un alliage Au–Cu de 12 carats. L'évolution structurale de l'alliage a été suivie par diffraction des rayons X in situ (DRX), tandis que son comportement mécanique a été analysé par spectroscopie mécanique. Les résultats montrent qu'à haute température l'alliage est dans une phase désordonnée A1, puis se transforme progressivement en phase ordonnée Au Cu_3 lors du refroidissement. Le début de la transformation a été observé vers 633 K et la phase ordonnée devient majoritaire aux environs de 525 K. L'apparition des réflexions de surstructure ainsi que l'observation du pic de relaxation de Zener confirment le processus d'ordonnancement atomique. Cette étude permet ainsi de mieux comprendre la relation entre les transformations de phase, l'ordre atomique et le comportement mécanique des alliages Au–Cu.

الملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة انتقال الطور من الحالة غير المرتبة إلى الحالة المرتبة أثناء تبريد سبيكة الذهب–النحاس (Au–Cu) بعيار 12 قيراطًا. وقد تمت متابعة تطور البنية البلورية للسبيكة باستخدام تقنية حيود الأشعة السينية في الموقع (XRD)، في حين جرى تحليل سلوكها الميكانيكي بواسطة المطيافية الميكانيكية، ثم تخضع لتحول تدريجي A1 أظهرت النتائج أن السبيكة توجد عند درجات الحرارة المرتفعة في الطور غير المرتب أثناء التبريد. وقد لوحظت بداية هذا التحول عند درجة حرارة تقارب 633 كلفن، بينما يصبح $AuCu_3$ نحو الطور المرتب (Superstructure) الطور المرتب هو الطور الغالب عند حوالي 525 كلفن. كما أن ظهور انعكاسات البنية الفوقية (Reflections)، يؤكد حدوث عملية الترتيب الذري داخل السبيكة(Zener) ، إلى جانب رصد قمة استرخاء زينر وتسهم هذه الدراسة في تعميق فهم العلاقة بين تحولات الأطوار، والترتيب الذري، والخواص الميكانيكية لسبائك الذهب–النحاس، بما يوفر أساسًا علميًا لتحسين خصائصها وتطوير تطبيقاتها