

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**



N° d'ordre : MAG /.../2008

**MEMOIRE**

**PRESENTE A**

**L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE KOUBA -ALGER**  
**DEPARTEMENT DE PHYSIQUE**

**POUR OBTENIR LE DIPLOME DE**

**MAGISTER**

**SPECIALITE : PHYSIQUE**

**OPTION : PHYSIQUE DE LA MATIERE CONDENSEE**

**PAR :**

**Melle BOUDHAR KARIMA**

**Etude de paramètres physiques susceptibles d'être affectés  
par les transitions dans  $K_{1-x}Rb_xAlF_4$ .**

**Soutenu le : 29 juin 2008**

**Devant la commission d'examen composée de :**

<b>Mr D. BRADAI</b>	<b>Professeur (USTHB)</b>	<b>Président</b>
<b>Mr M. DEBIECHE</b>	<b>Maître de Conférences (ENS)</b>	<b>Promoteur</b>
<b>Mr A. ZEGHDAOUI</b>	<b>Professeur (ENS)</b>	<b>Examineur</b>
<b>Melle B. ALILI</b>	<b>Maître de Conférences (USTHB)</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr M. OLDACHE</b>	<b>Chargé de Cours (ENS)</b>	<b>Examineur</b>

## SOMMAIRE

### INTRODUCTION

### CHAPITRE I : Structures et transitions de phase des tétrafluoroaluminates



I.1 Structure idéale des tétrafluoroaluminates $AAlF_4 (A=Ti, Rb, K)$ .....	3
I.2 Structures et transitions de phase des tétrafluoroaluminates.....	4
I.2.1. Transitions dans $RbAlF_4$ .....	4
I.2.2. Transitions dans $KAlF_4$ .....	4
I.2.3. Transitions dans les composés mixtes $K_{1-x}Rb_xAlF_4$ .....	6
I.2.3.1. Structures de phase II des composés mixtes $K_{1-x}Rb_xAlF_4$ .....	9
I.2.3.2. Structures de phase III des composés mixtes $K_{1-x}Rb_xAlF_4$ .....	9
I.2.3.3. Structures de phase IV des composés mixtes $K_{1-x}Rb_xAlF_4$ .....	10
I.3. Propriétés dynamiques des tétrafluoroaluminates .....	13
I.3.1. Spectre de phonon et modes mous de $RbAlF_4$ .....	13
I.3.2. Spectre de phonon et modes mous de $KAlF_4$ .....	13

### CHAPITRE II : DYNAMIQUE DU RESEAU ET PROPRIETES ELASTIQUE

II.1. Dynamique du réseau .....	16
II.1.1. Introduction .....	16
II.1.2. Equation du mouvement.....	16
II.2. Propriétés élastiques .....	21
II.2.1 Propagation d'ondes ultrasonores et constantes élastiques .....	21
II.2.1.1 Théorie de l'élasticité : Loi de Hooke.....	21
II.2.1.2 Relation fondamentale de la dynamique et équation de mouvement.....	22
II.2.2. Détermination des modes propres.....	23
II.3. Recherche des vitesses de propagations et des polarisations de la matrice de CHRISTOFFEL $\Gamma_{ij}$ .....	24

**CHAPITRE III : ETUDE DANS LA CADRE DE LA THEORIE DE LANDAU DES  
TRANSITIONS DE PHASES DU COMPORTEMENT DES  
CONSTANTES ELASTIQUES EN FONCTION DE LA  
TEMPERATURE DU COMPOSE MIXTE  $K_{1-x}Rb_xAlF_4$**

<b>III.1. Généralités sur la théorie de LANDAU.....</b>	<b>29</b>
<b>III.1.1. Définition .....</b>	<b>29</b>
<b>III.1.1.1. Transitions de premier ordre .....</b>	<b>29</b>
<b>III.1.1.2. Transitions de second ordre .....</b>	<b>29</b>
<b>III.1.2. Paramètre d'ordre.....</b>	<b>29</b>
<b>III.1.3. Développement de l'énergie libre.....</b>	<b>30</b>
<b>III.1.4. Transitions de second ordre.....</b>	<b>30</b>
<b>III.1.4.a. La chaleur latente.....</b>	<b>32</b>
<b>III.1.4.b. La chaleur spécifique.....</b>	<b>33</b>
<b>III.1.4.c. La susceptibilité de haute fréquence <math>\chi_T</math> (susceptibilité isotherme).....</b>	<b>33</b>
<b>III.1.5. Transitions de premier ordre .....</b>	<b>34</b>
<b>III.1.6. Couplage élastique.....</b>	<b>38</b>
<b>III.2. Recherche de l'énergie libre par des considérations de symétrie.....</b>	<b>39</b>
<b>III.2.1. Introduction.....</b>	<b>39</b>
<b>III.2.2. Energie libre du composé mixte <math>Rb_xK_{1-x}AlF_4</math> de symétrie <math>P_{4/mbm}</math>.....</b>	<b>41</b>
<b>III.2.3. Diagramme de phase.....</b>	<b>48</b>
<b>III.2.4. Estimation des paramètres dans le cas de <math>Rb_xK_{1-x}AlF_4</math>.....</b>	<b>54</b>
<b>III.2.5. Energie élastique.....</b>	<b>57</b>
<b>III.2.5.1 Recherche des vecteurs propres et des valeurs propres .....</b>	<b>57</b>
<b>III.2.5.2 Opérateur de projection et vecteurs propres.....</b>	<b>60</b>
<b>III.2.6. Energie de couplage.....</b>	<b>63</b>
<b>III.3 Comportement élastique au cours de la transition phase (II <math>\rightarrow</math> III).....</b>	<b>64</b>
<b>III.4. Evolution des constantes d'élasticité en fonction de la température.....</b>	<b>69</b>
<b>III.5. Comparaison entre et les résultats obtenus dans le cadre du modèle proposé et les résultats expérimentaux.....</b>	<b>74</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>83</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>84</b>

## INTRODUCTION

Ce travail s'inscrit dans le cadre de plusieurs études effectuées sur les tétrafluoroaluminates  $AAlF_4$  ( $A = Tl, Rb, K, K_{1-x}Rb_x$ ), ces matériaux sont quasi-bidimensionnels de type pérovskite en couches.

L'intérêt de telles études réside dans le fait que ces matériaux ayant à haute température une symétrie élevée, subissent en fonction de la température une grande variété de changements de phases structuraux displacif, ordre - désordre et martensitique.

Les composés  $RbAlF_4$  et  $KAlF_4$  isostructuraux à température ambiante, présentent à basse température des comportements tout à fait différents.  $RbAlF_4$  subit une transition de phase displacive mettant en jeu des rotations d'octaèdre  $AlF_6$  alors que la transition dans  $KAlF_4$  provient d'un glissement des couches d'octaèdres, cette transition est destructive de type martensitique.

Les premières études sur les composés mixtes  $Rb_xK_{1-x}AlF_4$  dont l'objectif est de chercher à mieux comprendre l'origine de la transition martensitique du composé pur, ont été effectuées par Mockrin puis reprises par C. Launay, qui a mis en évidence pour  $x$  supérieur à 0,02 l'existence d'une nouvelle phase (transition quasi-réversible) précédant la transition de phase destructive.

Toutes ces transitions sont ferroélastiques, de tel sorte qu'elles doivent affecter les propriétés élastiques. Une première investigation des constantes élastiques des composés purs et mixtes a été effectuée par M. Debieche.

Notre travail a consisté à poursuivre ces études dans le composé mixte  $K_{1-x}Rb_xAlF_4$  tel que  $x = 0,06$ , interpréter les résultats expérimentaux obtenus et prévoir théoriquement quelles constantes élastiques sont susceptibles d'être affectées par les transitions dans le cadre de la théorie de Landau des transitions de phases.

Le chapitre (I) de ce mémoire est consacré aux propriétés structurales et vibrationnelles des tétrafluoroaluminates  $AAlF_4$  ( $A = Tl, Rb, K, K_{1-x}Rb_x$ ), le chapitre (II) concerne des rappels théoriques de dynamique du réseau et propriétés élastiques, et dans le chapitre (III) une étude théorique dans le cadre du modèle de Landau du comportement des constantes élastiques en fonction de la température au cours des transitions du composé mixte  $Rb_xK_{1-x}AlF_4$ .