

## *Liste des figures*

<i>N°</i>	<i>Figures</i>	<i>Page</i>
1	Illustration de l'effet piézoélectrique direct	7
2	Représentation de l'apparition de la piézoélectricité	8
3	Organigramme des classes cristallines	9
4	Numérotation des directions	11
5	Orientation idéale des dipôles	12
6	Cycle d'hystérésis d'un matériau ferroélectrique	13
7	Transition de phase de type displacif dans BaTiO <sub>3</sub> de structure pérovskite	16
8	Maille pérovskite cubique du PZT	20
9	Représentation du réseau tridimensionnel d'octaèdres	20
10	Déformations possibles de la structure de PZT	23
11	Diagramme de phase du PZT	24
12	Relation entre microstructure, propriétés et élaboration	31
13	Les principales étapes de préparation des céramiques piézoélectriques de type PZT	32
14	Evolution de l'activité de PbO en fonction de la température pour différents mélanges	34
15	Dispositif de frittage	35
16	Evolution de la densité en fonction de la température de frittage de la composition Pb [ Zr <sub>0,45</sub> Ti <sub>0,45</sub> ( Zn <sub>1/3</sub> , Sb <sub>2/3</sub> ) <sub>0,1</sub> ] O <sub>3</sub>	36
17	Schéma du dispositif de mesure de la constante diélectrique en fonction de la température	38
18	Montage représentant la méthode de mesure de la tension de claquage d'un isolan	40
19	Schéma représentant le processus de polarisation	41
20	Schéma représentant le principe de la méthode résonance – antirésonance	41
21	Schéma équivalent d'un matériau piézoélectrique	44
22	Schéma du MEB	46



23	Principe du diffractomètre à poudre	47
24	Spectres de diffraction typiques des phases : tétragonale (T), rhomboédrique (R) et la phase tétragonale-rhomboédrique (T+R)	54
25	Les différentes allures des pics caractéristiques de la coexistence de la phase (T+R)	54
26	Les diagrammes de DRX pour les trois échantillons frittés à 1180°C	56
27	Évolution de la densité en fonction du pourcentage de dopants	57
28	Les photographies prises par le microscope électronique à balayage pour les deux compositions : (a)- $\text{Pb}_{0.98}\text{Nd}_{0.02}[\text{Zr}_{0.45}\text{Ti}_{0.45}(\text{Zn}_{1/3}\text{Sb}_{2/3})_{0.1}]_{1-0.02/4}\text{O}_3$ (b)- $\text{Pb}[\text{Zr}_{0.45}\text{Ti}_{0.45}(\text{Zn}_{1/3}, \text{Sb}_{2/3})_{0.1}]\text{O}_3$	59
29	Evolution des paramètres de maille et du rapport de distorsion en fonction du taux de néodyme	60
30	La variation de la constante diélectrique en fonctions du pourcentage de dopants et de la température à : a- 1kHz b- 10kHz c- 100kHz d- 200kHz	63
31	Variation de la constante diélectrique en fonction du taux de dopages pour des échantillons polarisés et non polarisés à $T = 25^\circ\text{C}$	64
32	La variation de la constante diélectriques en fonction de la température et de la fréquence pour une composition dopée avec 0.01% de $\text{Nd}^{3+}$	65
33	La variation de l'angle des pertes en fonction de la température et de la fréquence pour une composition dopée avec 1% de $\text{Nd}^{3+}$	67
34	La variation de l'angle des pertes en fonction de la température et du pourcentage de dopants à 1kHz	68
35	La variation de la résistivité (a) et de la conductibilité (b) en fonction de la température et de la fréquence pour une composition dopée avec 1% de $\text{Nd}^{3+}$	70
36	La variation de la résistivité (a, b, c, d) et de la conductibilité (a', b', c', d') en fonction de la température et du pourcentage de dopants : (a, a') à - 1kHz (b, b') à - 10kHz (c, c') à - 100kHz (d, d') à - 200kHz	74
37	Évolution de $K_p$ en fonction du pourcentage de dopants	76

38	La variation du $K_p$ en fonction de la température	76
39	L'évolution du coefficient piézoélectrique de charge $d_{31}$ en fonction du pourcentage de dopants	77
40	L'évolution du coefficient piézoélectrique de charge $d_{31}$ en fonction de la température	78
41	L'évolution du coefficient piézoélectrique de tension $g_{31}$ en fonction du pourcentage de dopants	79
42	L'évolution de $g_{31}$ en fonction de la température pour une composition dopée avec 1% de $Nd^{+3}$	79
43	L'évolution de $Q_m$ en fonction du pourcentage de dopants	80
44	L'évolution de $Q_m$ en fonction de la température pour une composition dopée avec 1% de $Nd^{+3}$	81
45	L'évolution du module de Young en fonction de taux de dopage	82
46	L'évolution du module de Young en fonction de la température pour une composition dopée avec 1% de $Nd^{+3}$	83
47	Les diagrammes de DRX de l'ensemble d'échantillons frittés à 1180°C	89
48	Evolution de la densité en fonction de la composition	91
49	Évolution de la porosité en fonction de la composition	92
50	Évolution des paramètres de maille en fonction de la composition	93
51	La variation de la constante diélectrique en fonction de la composition	94
52	La variation de l'angle des pertes en fonction de la composition	95
53	La variation du facteur de couplage électromécanique planaire $K_p$ en fonction de la composition	96
54	La variation du facteur de couplage électromécanique planaire $K_p$ en fonction de la composition	96
55	Evolution du coefficient piézoélectrique de charge $d_{31}$ en fonction de la composition	98
56	Evolution du coefficient piézoélectrique de tension $g_{31}$ en fonction de la composition	99
57	Evolution du module de Young E en fonction de la composition	100
58	L'évolution du facteur de qualité mécanique en fonction de la composition	101

