

# Table des matières

<b>Introduction</b> . . . . .	1
<b>Chapitre 1. Anatomie d'une batterie tout solide</b> . . . . .	21
1.1. Constituants d'une batterie tout solide . . . . .	23
1.1.1. Nature de l'électrolyte solide : qualités requises . . . . .	23
1.1.1.1. Stabilité chimique et thermique . . . . .	23
1.1.1.2. Nombre de transports d'ions . . . . .	24
1.1.1.3. Résistance mécanique . . . . .	24
1.1.2. Matériaux pour électrode positive . . . . .	24
1.1.3. Matériaux pour électrode négative . . . . .	25
1.1.4. Additif conducteur . . . . .	27
1.1.5. Formulation des électrodes . . . . .	27
1.2. Méthodes de mise en forme des batteries tout solide . . . . .	28
1.2.1. Assemblage par pressage à froid . . . . .	28
1.2.2. Conception par frittage haute température . . . . .	30
<b>Chapitre 2. Les conducteurs ioniques solides</b> . . . . .	33
2.1. Introduction . . . . .	33
2.2. Les conducteurs solides lithium-ion . . . . .	35
2.2.1. Les grenats . . . . .	35
2.2.2. La structure NASICON $A_xMM'(XO_4)_3$ . . . . .	37
2.2.3. Les composés LISICON et Thio-LISICON . . . . .	38
2.2.3.1. Les LISICON . . . . .	38
2.2.3.2. Les Thio-LISICON . . . . .	40
2.2.3.3. $Li_{10}GeP_2S_{12}$ , structure LGPS quadratique . . . . .	41

2.2.4. Les verres et vitrocéramiques conducteurs ioniques . . . . .	44
2.2.4.1. Les premiers électrolytes vitreux . . . . .	44
2.2.4.2. Une nouvelle voie de synthèse . . . . .	45
2.2.4.3. Des verres aux vitrocéramiques . . . . .	46
2.2.5. Les Argyrodites . . . . .	49
2.2.6. Les hydrures complexes . . . . .	55
2.2.7. L'oxynitride de phosphore et de lithium ou LiPON . . . . .	56
2.2.8. Les électrolytes solides de type anti-pérovskites riches en lithium . . . . .	57
2.2.9. Les électrolytes solides polymères . . . . .	59
2.3. Les conducteurs solides sodium-ion . . . . .	61
2.3.1. Les NASICON . . . . .	62
2.3.2. $\text{Na}_3\text{PS}_4$ . . . . .	63

### **Chapitre 3. La technologie batterie tout solide utilisant des sulfures électrolytes solides . . . . . 67**

3.1. Les batteries tout solide monolithiques Li-ion . . . . .	67
3.1.1. Les premières batteries tout solide . . . . .	67
3.1.2. La deuxième génération de batteries tout solide . . . . .	68
3.1.3. Vers des batteries de hautes performances . . . . .	73
3.1.4. Batteries utilisant des électrolytes Argyrodites lithium . . . . .	78
3.1.4.1. $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ , premier matériau d'électrode utilisé . . . . .	78
3.1.4.2. Batterie complète $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ //Argyrodite// $\text{LiCoO}_2$ . . . . .	81
3.1.5. Phase $\text{Li}_{10}\text{XP}_2\text{S}_{12}$ (X = Ge, Si, Sn) de structure LGPS . . . . .	86
3.1.6. Compréhension de la stabilité aux interfaces entre l'électrolyte et les matériaux d'électrode . . . . .	100
3.1.7. Bilan. . . . .	103
3.2. Les batteries tout solide monolithiques au sodium . . . . .	103
3.3. Les batteries Li-S tout solide . . . . .	108

### **Chapitre 4. Les batteries tout solide monolithiques utilisant des oxydes électrolytes solides. . . . . 115**

4.1. La technologie batterie tout solide argent . . . . .	115
4.2. La technologie batterie tout solide Li-ion . . . . .	118
4.3. La technologie batterie tout solide sodium . . . . .	125
4.3.1. La technologie batterie tout solide sodium-ion. . . . .	125
4.3.2. La technologie batterie tout solide sodium-soufre. . . . .	133

---

<b>Chapitre 5. La technologie batterie tout solide : électrolyte <math>\text{LiBH}_4</math> et polymères</b> . . . . .	135
5.1. La technologie batterie tout solide : électrolyte $\text{LiBH}_4$ . . . . .	135
5.2. La technologie batterie tout solide : polymères . . . . .	136
<b>Chapitre 6. Marchés</b> . . . . .	139
6.1. Électrolytes solides . . . . .	139
6.1.1. Ohara . . . . .	139
6.1.2. NEI . . . . .	143
6.2. Batteries tout solide . . . . .	143
6.3. Conclusion . . . . .	153
<b>Conclusion</b> . . . . .	155
<b>Bibliographie</b> . . . . .	161
<b>Index</b> . . . . .	183