

# Table des matières

<b>Remerciements</b> . . . . .	9
<b>Introduction</b> . . . . .	11
<b>Chapitre 1. De la pile Volta aux batteries au lithium, un stockage d'électricité de type électrochimique en constante évolution</b> . . . .	17
1.1. De Galvani à Volta, l'établissement d'un nouveau paradigme . . . . .	17
1.2. Les modèles de Daniell et de Leclanché, vers la résolution du phénomène de polarisation . . . . .	21
1.3. La naissance d'un nouveau système : la batterie plomb-acide . . . . .	24
1.4. De l'essor de la batterie alcaline au nickel... . . . . .	27
1.5. ... vers l'utilisation de nouveaux composés intermétalliques pour l'amélioration du système . . . . .	29
1.6. La batterie au lithium, une technologie adaptée aux marchés actuels... . . . .	30
1.7. ... mais qui va devoir faire face à des problèmes d'approvisionnement en matières premières . . . . .	35
<b>Chapitre 2. De la Gas Voltaic Battery aux piles à combustible (PAC) d'aujourd'hui : un système attrayant aux multiples contraintes</b> . . . . .	39
2.1. L'invention de la pile à combustible et les premières améliorations . . . . .	39
2.2. Une succession d'innovations au cours du XX <sup>e</sup> siècle . . . . .	42
2.2.1. La pile à combustible à oxyde solide (appelée SOFC, <i>Solid Oxide Fuel Cell</i> ), l'émergence de conditions d'utilisation innovantes . . . . .	43

2.2.2. La pile à combustible alcaline, une ouverture vers de nouvelles perspectives . . . . .	44
2.2.3. La pile à combustible à acide phosphorique . . . . .	46
2.2.4. La pile à combustible à membrane polymère (appelée PEMFC, <i>Proton Exchange Membrane Fuel Cell</i> ), une technologie adaptée à une utilisation pour véhicules électriques . . . . .	46
2.2.5. La pile à combustible au méthanol, l'avantage d'un combustible liquide à température ambiante . . . . .	47
2.3. Une intensification des recherches depuis le début des années 1990 . . . . .	48
2.3.1. L'optimisation des conditions d'utilisation des piles SOFC pour une ouverture vers le domaine des transports . . . . .	48
2.3.2. L'amélioration des performances et la réduction du coût de production des dispositifs PEMFC : vers la commercialisation progressive d'une nouvelle génération de véhicules électriques . . . . .	49
2.3.2.1. Augmentation de la durée de vie et de la température de fonctionnement . . . . .	49
2.3.2.2. Diminution de la quantité de platine . . . . .	50
2.3.2.3. Véhicules alimentés par PEMFC : quelques exemples . . . . .	51
2.4. Le « problème » de l'hydrogène . . . . .	52

### **Chapitre 3. De la bouteille de Leyde aux supercondensateurs : un autre type de stockage d'électricité pour un usage différent de celui des batteries . . . . .**

3.1. L'expérience de la bouteille de Leyde, un phénomène surprenant en quête d'explications scientifiques . . . . .	55
3.2. Début du XX <sup>e</sup> siècle : l'utilisation de condensateurs s'impose dans la vie quotidienne . . . . .	60
3.3. Le condensateur électrolytique, une technologie novatrice pour des performances accrues . . . . .	62
3.4. Le modèle de la double couche électrique, l'établissement d'une base théorique nécessaire à la création d'un nouveau dispositif, le supercondensateur . . . . .	64
3.5. Les supercondensateurs dans l'histoire, une succession d'évolutions techniques qui ouvre la voie à de nouvelles applications . . . . .	67
3.5.1. De 1957 aux années 1990 : de quelques farads à plusieurs milliers . . . . .	67
3.5.2. Le supercondensateur hybride, l'émergence d'une variante intéressante dans les années 1990 . . . . .	69

3.5.3. Années 2000 : des applications concrètes dans le domaine des transports . . . . .	70
3.6. Vers une association batteries/supercondensateurs ? . . . . .	72

## **Chapitre 4. Les générateurs thermoélectriques à radio-isotopes, d'abord une source d'électricité pour les programmes spatiaux. . . . .**

4.1. La radioactivité, un phénomène physique qui renferme un fort potentiel . . . . .	73
4.2. La pile atomique : de nouvelles perspectives pour la radioactivité . . . . .	76
4.3. L'émergence d'un nouveau système qui se démarque de la pile atomique . . . . .	77
4.4. L'utilisation de RTG pour les programmes spatiaux, une application adaptée . . . . .	80
4.5. Le RTG de Curiosity, un dispositif multi-usage : l'énergie d'origine nucléaire pour la traction électrique . . . . .	83
4.6. Une technologie néanmoins controversée. . . . .	86
4.7. Vers une traction électrique terrestre d'origine nucléaire ? . . . . .	87

## **Chapitre 5. De la roue de Barlow aux moteurs synchrones et asynchrones : des moteurs électriques à haut rendement . . . . .**

5.1. De la naissance de l'électromagnétisme aux premières machines électromagnétiques . . . . .	91
5.2. Du laboratoire vers l'industrie . . . . .	97
5.3. La genèse de la dynamo, pour une véritable industrialisation des machines électromagnétiques . . . . .	100
5.4. Les moteurs à champ tournant . . . . .	102
5.4.1. Le moteur synchrone . . . . .	103
5.4.2. Le moteur asynchrone. . . . .	104
5.5. Etat des lieux au XX <sup>e</sup> siècle, différents systèmes pour différentes applications . . . . .	105
5.6. L'irruption de l'électronique de puissance à semi-conducteurs, pour l'amélioration des performances des conditions d'utilisation des moteurs. . . . .	106
5.7. Une évolution constante des moteurs électriques et des perspectives encore importantes à l'heure actuelle . . . . .	107
5.8. Des moteurs électriques pour les véhicules automobiles : un atout majeur . . . . .	108

<b>Chapitre 6. La voiture électrique, l'histoire d'un perpétuel objet d'avenir</b> . . . . .	<b>111</b>
6.1. L'émergence inéluctable du secteur automobile... . . . . .	111
6.2. ... et l'évidente éclosion de sa filière électrique . . . . .	112
6.3. Un engouement croissant à la fin du XIX <sup>e</sup> siècle : la promesse d'une future hégémonie de l'électromobile dans la sphère urbaine. . . . .	114
6.4. Vers un déclin inévitable . . . . .	118
6.4.1. Des limites techniques du système au façonnement d'une structure culturelle et organisationnelle incompatible . . . . .	118
6.4.2. « Le délaissement d'une voie qui risquait de se révéler dispendieuse ou de fermer dangereusement le jeu » . . . . .	119
6.4.3. Une trentaine d'années de disette . . . . .	120
6.5. Un regain d'intérêt dans les années 1960 et 1970 . . . . .	121
6.6. Les années 1990 : des espérances finalement inassouvies, portées par une nécessité environnementale. . . . .	123
6.6.1. La naissance d'un nouveau souffle d'espoir... . . . . .	123
6.6.2. ... mais rapidement annihilé : une déroutante impression de déjà vu. . . . .	124
6.7. Sur la voie d'une démocratisation de masse depuis la fin des années 2000 ? . . . . .	125
6.7.1. L'intensification du signal d'alarme environnemental . . . . .	125
6.7.2. Les facteurs économique et énergétique comme principaux éléments déclencheurs . . . . .	126
6.7.3. Un mouvement qui semble enfin amorcé... . . . . .	126
6.7.4. ... mais le chemin est encore long. . . . .	130
6.8. Vers un avenir prometteur ? . . . . .	133
 <b>Conclusion</b> . . . . .	 <b>137</b>
 <b>Bibliographie</b> . . . . .	 <b>141</b>
 <b>Index</b> . . . . .	 <b>149</b>