

**Titre :** Méthodologie de conception de packs batterie : approche systémique et aide à la décision

**Mots clés :** Batterie Li-ion, Méthodologie, Conception, CSP, CMOP, Aide à la décision

**Résumé :** Face à l'électrification massive des transports, la conception des systèmes de batteries lithium-ion devient un processus particulièrement complexe. En effet, à la nécessité de répondre à des exigences contradictoires de performances, de sécurité, de coût et d'impact environnemental s'ajoute un vaste espace de conception caractérisé par de multiples solutions techniques et un fort couplage physique. Dans ce contexte, cette thèse s'intéresse au développement d'une méthodologie de conception globale intégrant l'ensemble des exigences et des variables clés du système. Après une phase d'analyse du système et de ses exigences, les travaux se concentrent sur la phase de conception préliminaire. Cette phase de synthèse architecturale vise à tester la faisabilité du problème et à générer des principes de solutions

viables. Pour ce faire, il est proposé de générer des domaines de faisabilité via la résolution par l'arithmétique des intervalles d'un problème de satisfaction de contraintes. Afin de valider et d'optimiser ces solutions préliminaires, la méthodologie assure ensuite la transition vers la phase de conception détaillée. Le problème est alors formulé à l'aide d'un problème d'optimisation multi-objectifs sous contraintes et résolu par des métaheuristiques. Au sortir de ces deux étapes de conception, il apparaît que plusieurs solutions techniques peuvent être optimales afin de répondre au cahier des charges. Dans le but d'arbitrer la sélection de ces solutions, des outils graphiques d'aide à la décision sont développés pour explorer au mieux les espaces de solutions et intégrer le concepteur au centre du processus de conception.

**Title:** Battery pack design methodology: systemic approach and decision support

**Keywords:** Li-ion battery, Methodology, Design, CSP, CMOP, Decision-making

**Abstract:** Faced with the massive electrification of transportation, the design of lithium ion battery systems is becoming a particularly complex process. Indeed, the need to meet conflicting requirements regarding performance, safety, cost, and environmental impact is compounded by a vast design space characterized by multiple technical solutions and strong physical coupling. In this context, this thesis focuses on the development of a comprehensive design methodology integrating all the key requirements and variables of the system. Following an analysis phase of the system and its requirements, the work focuses on the preliminary design phase. This architectural synthesis phase aims to test the feasibility of the problem and generate viable solution principles.

To achieve this, it is proposed to generate feasibility domains by solving a constraint satisfaction problem using interval arithmetic. In order to validate and optimize these preliminary solutions, the methodology then ensures the transition to the detailed design phase. The problem is then formulated as a constrained multi-objective optimization problem and solved using metaheuristics. At the conclusion of these two design stages, it appears that several technical solutions can be optimal in meeting the specifications. In order to arbitrate the selection of these solutions, graphical decision support tools are developed to optimally explore the solution spaces and integrate the designer at the center of the design process.

