

Tremplin Recherche 2025-2026

Energy-Aware Scheduling of Mixed-Criticality Tasks for Autonomous Drones with AI Applications

Laboratoires d'accueil :

SATIE (UMR 8029 CNRS), groupe EPIC

LIGM (UMR 8049 CNRS), équipe LRT

Encadrants :

Brian OSPINA AGUDELO brian.ospinaagudelo@esiee.fr

Mourad DRIDI mourad.dridi@esiee.fr

Filières concernées : Systèmes Embarqués (SE), Artificial Intelligence and Cybersecurity (AIC), Informatique (INF), Data science et Intelligence Artificielle (DSIA).

Année d'étude : E4 ou E5

Mots clés : UAV, BMS, energy-aware task scheduling.

Contexte et Problématique :

Les drones autonomes (UAVs) exécutent des tâches de niveau de criticité différentes (pilotage, perception CNN, planification de trajectoire), dont la bonne exécution dépend directement de l'autonomie énergétique. Or, l'état de la batterie et la consommation des tâches sont largement ignorés dans l'ordonnancement temps réel actuel. Le projet propose (i) d'estimer le coût énergétique de chaque tâche, (ii) d'enrichir les modèles de tâches existants avec des paramètres de consommation, (iii) de proposer un algorithme d'ordonnancement pour un système à criticité mixte qui prendra en compte la consommation énergétique et qui adapte les priorités et les modes d'exécution en fonction de l'état de la charge de la batterie, et (iv) de valider l'approche sur des cartes NXP MCX-N équipées de NPU pour la détection embarquée. L'objectif est d'améliorer significativement la sûreté et l'autonomie des UAVs en intégrant la gestion énergétique au cœur des modèles et algorithmes d'ordonnancement temps réel.

Objectifs :

Les principales étapes du projet sont:

1. Analyse et État de l'art

- Étudier les approches existantes : modélisation de la consommation énergétique, ordonnancement temps réel énergie-conscient, techniques de gestion des batteries (BMS) pour UAVs.
- Définir les exigences système (types de tâches, criticité, profils d'énergie, contraintes UAV).

2. Mesure et modélisation énergétique des tâches

- Profiler la consommation de tâches représentatives (pilotage, CNN, planification, communication).
- Construire un modèle de coût énergétique par tâche et par mode (CPU/NPU, QoS CNN).
- Construire un modèle BMS + batterie.

3. Extension des modèles de tâches temps réel

- Enrichir les modèles de tâches existantes avec des paramètres énergétiques (énergie consommée, puissance, état de charge et de santé (SoC/SoH) de la batterie).
- Intégrer les considérations énergétiques dans les formalisations de « worst case execution time » (WCET) et d'ordonnançabilité.

4. Proposition d'algorithmes d'ordonnancement énergie-conscients

- Développer des politiques qui adaptent priorités/modes selon l'état de charge de la batterie.
- Proposer des stratégies de dégradation contrôlée (skip, baisse QoS CNN, migration CPU↔NPU).
- Analyse théorique et bornes de temps de réponse avec contraintes d'énergie.

5. Intégration sur cartes NXP MCX-N avec NPU

- Implémenter sous FreeRTOS/eIQ/TFLM l'ordonnanceur proposé.
- Connecter le BMS et les capteurs d'énergie au RTOS pour la prise des décisions en temps réel.
- Déployer un pipeline UAV : détection objets (CNN), planification, contrôle de vol.

Pour les élèves E4 :

Le tremplin recherche offre une opportunité de découvrir et de se former à la recherche

pendant la période académique. Il permet également de bénéficier d'un contrat d'études personnalisé, adapté aux intérêts et au profil de chaque élève.

Pour les élèves E5 :

Le sujet inclut une période initiale (novembre-février) en parallèle avec les enseignements, suivie d'une période à temps plein (stage de fin d'études de 4-6 mois). Le tremplin recherche constitue une opportunité pour anticiper et amorcer le stage de fin d'études au sein du laboratoire d'Informatique Gaspard Monge LIGM / SATIE (UMR 8029 CNRS), groupe EPIC (4-6 mois à partir de février).

Références :

1. **Baruah, S., Li, H., & Stougie, L. (2009).** Mixed-criticality scheduling of sporadic task systems. *Proceedings of the 2009 20th International Conference on Real-Time Systems Symposium (RTSS)*, IEEE, pp. 47–56.
2. **Zhang, L., & Li, K. (2009).** Energy-aware mixed tasks scheduling in real-time systems. *Future Generation Computer Systems*, 25(6), 584–594.
3. **Li, Z., Guo, X., & Li, Q. (2022).** A survey of energy-aware scheduling in mixed-criticality systems. *Journal of Systems Architecture*, 129, 102603.
4. **Wang, Y., Tian, J., Sun, Z., & Wang, L. (2020).** A comprehensive review of battery modeling and state estimation approaches for advanced battery management systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 131, 110015.
5. **Zhou, L., Lai, X., Li, B., Yao, Y., Yuan, M., Weng, J., & Zheng, Y. (2023).** State Estimation Models of Lithium-Ion Batteries for Battery Management System: Status, Challenges, and Future Trends. *Batteries*, 9(2), 131.

Energy-Aware Scheduling of Mixed-Criticality Tasks for Autonomous Drones with AI Applications

Context and Problem:

Unmanned aerial vehicles (UAVs) perform tasks of varying criticality (piloting, CNN perception, trajectory planning), the proper execution of which directly depends on energy autonomy. However, the battery state and tasks consumption are largely ignored in the current real-time scheduling methodologies.

The project proposes: (i) to estimate the energy cost of each task, (ii) to enrich the existing task models with energy consumption parameters, (iii) to develop a mixed criticality/consumption scheduler that adapts priorities and execution modes based on the battery's state of charge (SoC), and (iv) to validate the approach on NXP MCX-N cards equipped with NPUs for onboard detection. The objective is to significantly improve the safety and autonomy of UAVs by integrating energy management into real-time scheduling models and algorithms.

Objectives:

1. Analysis and State of the art: modeling of energy consumption, real-time energy-aware scheduling, battery management techniques (BMS) for UAVs.
2. Measurement and modeling of task energy consumption.
3. Extension of real-time task models with energy parameters.
4. Design of energy-aware scheduling algorithms.
5. Integration of the proposed algorithms on NXP MCX-N cards with NPU