

# THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 602

Sciences de l'Ingenierie et des Systemes

Spécialité : Informatique embarquée

Par

**François ILLIEN**

**Minimisation de la consommation d'énergie dans  
les systèmes temps réel à criticité mixte**

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 29 mai 2020

Unité de recherche : Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (L3N)

## Rapporteurs avant soutenance :

Giuseppe LIPARI

Professeur des Universités, Université de Lille

Annie CHOQUET-GENIET

Professeur des Universités, Université de Poitiers

## Composition du Jury :

Président : Prénom Nom

Fonction et établissement d'exercice (à préciser après la soutenance)

Examineurs : Frank SINGHOFF

Professeur des Universités, Université Bretagne Occidentale

Camélia SLIMANI

Maître de Conférences, Toulouse INP

Yasmina ABDEDDAÏM

Professeur Associé, Université Gustave Eiffel

Guillaume FERTIN

Professeur des Universités, Nantes Université

Dir. de thèse : Audrey QUEUDET

Maitre de conférences, HDR, Nantes Université

Co-dir. de thèse : Houssam-Eddine ZAHAF

Maitre de conférences, Nantes Université

**Titre :** Minimisation de la consommation d'énergie dans les systèmes temps réel à criticité mixte.

**Mots clés :** Ordonnancement temps réel, réservation de ressources, consommation énergétique.

**Résumé :** Les systèmes embarqués temps réel reposent de plus en plus sur des systèmes d'exploitation généralistes exécutés sur des plateformes multicœurs. Ces systèmes doivent respecter des contraintes temporelles strictes tout en minimisant leur consommation énergétique, notamment pour les appareils fonctionnant sur batterie. Les mécanismes de réservation de ressources, tels que l'algorithme GRUB implémenté dans l'ordonnanceur SCHED\_DEADLINE de Linux, assurent l'isolation temporelle entre les tâches tout en permettant une gestion efficace de la bande passante. Cette thèse étudie les techniques de réduction de la consommation énergétique pour les systèmes temps réel utilisant la réservation de ressources sur plateformes multicœurs homogènes et hétérogènes. Nous proposons deux stratégies d'ordonnancement économes en énergie pour plateformes homogènes: Frequency First (FFA) et Core-State First (CSF).

Ces approches combinent la mise à l'échelle Dynamique de la tension et de la fréquence (DVFS) avec la gestion dynamique de l'alimentation (DPM) pour optimiser la consommation tout en préservant les garanties temporelles. FFA privilégie la réduction de fréquence pour minimiser la puissance dynamique, tandis que CSF réduit le nombre de cœurs actifs pour minimiser la puissance statique. Nous abordons également les plateformes hétérogènes telles que les architectures ARM big.LITTLE, en introduisant une méthode de partitionnement dynamique basée sur des seuils d'utilisation. En contraignant l'allocation des tâches sur les cœurs de faible capacité, nous obtenons une meilleure distribution de la charge et améliorons le taux d'acceptation des tâches. Les contributions sont validées par des simulations extensives.

**Title :** Minimizing power consumption in mixed criticality real-time systems.

**Keywords :** Real-time systems, resource reservation, power consumption.

**Abstract :** Real-time embedded systems increasingly rely on general-purpose operating systems running on multicore platforms. These systems must meet strict timing constraints while minimizing energy consumption, particularly in battery-operated devices. Resource reservation mechanisms, such as the GRUB algorithm implemented in Linux's SCHED\_DEADLINE scheduler, ensure temporal isolation between tasks while enabling efficient bandwidth management. This thesis investigates power consumption reduction techniques for real-time systems using resource reservation on both homogeneous and heterogeneous multicore platforms. We propose two energy-aware scheduling strategies for homogeneous platforms: Frequency First (FFA) and Core-State First (CSF).

These approaches combine Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS) with Dynamic Power Management (DPM) to optimize energy consumption while preserving timing guarantees. FFA prioritizes frequency reduction to minimize dynamic power, while CSF reduces the number of active cores to minimize static power. We also address heterogeneous platforms such as ARM big.LITTLE architectures, introducing a dynamic task partitioning method based on utilization thresholds. By constraining task allocation on low-capacity cores, we achieve better workload distribution and improve task acceptance rates. All contributions are validated through extensive simulations.