

THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE

Ecole Doctorale n° 602

Sciences de l'Informatique et des Systèmes

Spécialité : Energétique Théorique Combustion

Par

Julien BEURRIER

Modélisation et prédiction de températures des CPU et GPU au sein d'un petit centre de données

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 3 novembre 2025

Unité de recherche : IRISA, Laboratoire de Théorie et Énergie de Nantes, CNRS UMR 6077, 2 rue de la Houssinière, 44300 Nantes, France

Rapporteurs avant soutenance :

Jean-Marc Menaud	Professeur des universités, LS2N
Thibaut Colinart	Professeur des universités, IRDL

Composition du Jury :

Président :	Prénom Nom	Fonction et établissement d'exercice (8)
Examineurs :	Anne-Cécile Orgerie	Directrice de recherche, IRISA
	Ons Aouedi	Associé de recherche, SIGCOM
	David NÖRTERSCHÄUSER	Ingénieur de recherche, Orange Innovation
Dir. de thèse :	Yann Favennec	Maître de Conférence, LTEN
Co-dir. de thèse :	Benoît Parrein	Professeur des universités, IRISA
Co-enc. De thèse :	Christophe Josset	Maître de Conférences, LTEN

Invité(s)

Karen DENIEL Ingénieur, Grolleau

Titre : **Modélisation et prédiction de températures des CPU et GPU au sein d'un petit centre de données**

Mots clés : Centre de données, PUE, Deep learning, model thermique, GPU

Résumé : La consommation électrique des centres de données (DC) constitue un enjeu majeur pour l'industrie du numérique, nécessaire tant au fonctionnement du matériel informatique qu'à son refroidissement. En premier lieu, cette thèse vise ainsi à étudier leur efficacité énergétique en proposant une méthodologie applicable avec un volume limité de données techniques. Cette approche permet d'estimer précisément le *Power Usage Effectiveness* (PUE) et le *Water Usage Effectiveness* (WUE) des DCs. Les outils développés ont été utilisés pour évaluer des pistes d'amélioration des systèmes de refroidissement via des simulations, ainsi que pour quantifier l'impact du réchauffement climatique sur l'efficacité énergétique des bâtiments.

Dans un second temps de cette thèse, un DC expérimental a été conçu. Ce dernier a été conçu pour effectuer des mesures expérimentales. Pour cela, différents logiciels y ont été déployés (ChatBot) ou créés (RedGrape) afin de mener des campagnes de mesures de consommation et d'évolution de température. Enfin, un modèle de *Deep Learning* (DL) a été développé pour caractériser le comportement thermique des processeurs (GPUs et CPUs) au sein des DC. Le premier modèle identifié est de type *Convolutional Neural Network* (CNN), sur la base de données créées depuis une équation différentielle ordinaire (ODE). Puis des jeux de données ont été construits depuis le DC expérimental afin de proposer un modèle de prédiction de température des processeurs.

Title : Modeling and prediction of CPU and GPU temperatures in a small data center

Keywords : Data Center, PUE, Deep Learning, thermal model, GPU

Abstract : Electricity consumption in data centers (DC) is a major issue for the digital industry, as power is required for both the operation of IT equipment and its cooling. Consequently, this thesis aims to examine data center energy efficiency by proposing a methodology applicable with a limited volume of technical data. This approach enables the precise estimation of Power Usage Effectiveness (PUE) and Water Usage Effectiveness (WUE). The tools developed were used to evaluate potential improvements to cooling systems through simulations and to quantify the impact of global warming on building energy efficiency.

In the second phase of this thesis, an experimental DC was designed to conduct experimental measurements. To this end, various software tools were either deployed (ChatBot) or created (RedGrape) to carry out measurement campaigns regarding power consumption and temperature fluctuations. Finally, deep learning (DL) model was developed to characterize the thermal behavior of processors (GPUs and CPUs) within DC. The initial model identified was a Convolutional Neural Network (CNN), based on data generated from an ordinary differential equation (ODE). Subsequently, datasets were compiled from the experimental data center to propose a model for predicting processor temperatures.