

# Sujet de thèse : Stratégie d'optimisation pour l'exploration d'architecture de calcul haute performance

**Encadrants au CEA-LIST:** Lilia Zaourar, Marc Duranton

**Encadrant universitaire :** Alix Munier Kordon

## 1 Description du sujet

La conception de nouvelles générations de processeurs dotés de multiples cœurs et d'interfaces rapides pour le calcul haute-performance est un challenge. Dans ce contexte, le développement d'outils d'aide à la décision pour la conception de ces processeurs est indispensable et présente de nombreux défis, ce qui en fait un champ de recherche très actif [1, 2].

Le point départ de cette étude est un ensemble important de simulations de l'exécution d'une ou plusieurs applications sur une architecture matérielle définie par un ensemble de paramètres : nombre et type de cœurs, hiérarchie mémoire, dimensionnement des caches, réseaux d'interconnexion etc... [3]. Ces simulations fournissent un ensemble de mesures de performance comme le temps d'exécution de l'application sur l'architecture choisie, la surface de l'architecture, la consommation etc..

Le premier travail va consister à étudier les résultats fournis par ces simulations pour formuler un ou plusieurs problèmes d'optimisation multi-objectifs. Le nombre très élevé des données issues des simulations doit permettre d'exprimer les objectifs en fonction des paramètres du modèle. Différentes techniques de régression (linéaires, logistiques [4]) ou des techniques de machine learning [5] seront développées pour déterminer et tester expérimentalement les méthodes retenues. Le but ici est de réduire les paramètres significatifs de l'architecture matérielle et de prédire les résultats des simulations non effectuées.

Dans un second temps, le problème sera d'étudier la résolution du problème multi-objectif obtenu [6]. Il s'agit de développer et comparer plusieurs méthodes pour résoudre concrètement et efficacement le problème d'optimisation posé. Le nombre important de données permet d'envisager le développement de méthodes d'apprentissage pour accélérer les algorithmes d'optimisation développés.

Le candidat pourra s'appuyer sur des travaux existant dans l'équipe pour l'intégration de ces algorithmes dans le framework A-DECA (Automated Design space Exploration for Computing Architectures) développé au Laboratoire Environnement de Conception et Architecture (LECA) du CEA-LIST. Une première solution basée sur un algorithme génétique existe déjà. Elle permet d'obtenir un ensemble non dominé de configurations pour des exemples d'architectures multi-cœurs homogènes.

## 2 Contexte de l'étude

La thèse sera préparée au sein du Laboratoire Environnement de Conception et Architecture (LECA) qui est impliqué dans plusieurs projets de conception ou d'aide à la conception de circuits électroniques complexes. Le LECA est ainsi fortement impliqué dans le projet de processeur européen EPI (European Processor Initiative) [7]. L'étudiant sera hébergé au CEA LIST, au département DSCIN situé à : Paris-Saclay Campus - Nano-INNOV, Bât. 862-PC172 F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex.

L'inscription universitaire s'effectuera à Sorbonne université; le co-encadrement scientifique sera réalisé

en lien avec l'équipe ALSOC du LIP6, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05. Une présence est donc nécessaire pour participer à la vie de l'école doctorale et de l'équipe de recherche (séminaires, formations, etc.) ainsi que les échanges scientifiques avec la directrice de thèse.

**Contacts:** Lilia.Zaourar@cea.fr, Alix.Munier@lip6.fr

### 3 Profil souhaité

Le candidat recherché possède un Master 2 recherche ou un diplôme d'ingénieur (bac+5). Des connaissances solides en optimisation combinatoire, algorithmique, recherche opérationnelle, machine learning, langages C/C++ et Python sont requises. Des connaissances en architecture de calcul, processeurs multi-coeurs seront appréciées.

Exigeant et investi, vous avez à cœur de proposer des solutions innovantes et de travailler dans un milieu à la pointe de la technologie qui vous permettra de répondre aux enjeux de demain. Le candidat devra être doté d'un bon relationnel et posséder la capacité de travailler en équipe et en autonomie.

**Documents:** CV détaillé, lettre de motivation, notes et rang sur les 2 dernières années, le nom d'un référent qui peut vous recommander.

### Références

- [1] M. Duranton, J. Hoogerbrugge, G. Al-kadi, S. Guntur, and A. Terechko, "Rapid technology-aware design space exploration for embedded heterogeneous multiprocessors," in *Processor and System-on-Chip Simulation*, pp. 259–275, Springer, 2010.
- [2] M. Duranton, K. D. Bosschere, B. Coppens, C. Gamrat, T. Hoberg, H. Munk, C. Roderick, T. Vardanega, and O. Zendra, "The hipeac vision for advanced computing in horizon 2020," 2021.
- [3] L. Zaourar, M. Benazouz, A. Mouhagir, F. Jebali, T. Sassolas, J.-C. Weill, C. Falquez, D. P. N. Ho, A. Portero, E. Suarez, P. Petrakis, V. Papaefstathiou, M. Marazakis, M. Radulovic, F. Martinez, A. Armejach, M. Casas, and R. D. A. Nocua, "Multilevel simulation-based co-design of next generation hpc microprocessors," in *International Workshop on Performance Modeling, Benchmarking and Simulation of High Performance Computer Systems (PMBS)*, 2021.
- [4] K. Train, *Discrete Choice Methods with Simulation*. Cambridge University Press, 2009.
- [5] G. Iomazzo, C. D'Ambrosio, A. Frangioni, and L. Liberti, "A learning-based mathematical programming formulation for the automatic configuration of optimization solvers," in *Machine Learning, Optimization, and Data Science - 6th International Conference, LOD 2020, Siena, Italy, July 19-23, 2020, Revised Selected Papers, Part I*, pp. 700–712, 2020.
- [6] S. R. Hunter, E. A. Applegate, V. Arora, B. Chong, K. Cooper, O. Rincón-Guevara, and C. Vivas-Valencia, "An introduction to multiobjective simulation optimization," *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation (TOMACS)*, vol. 29, no. 1, pp. 1–36, 2019.
- [7] <https://www.european-processor-initiative.eu/>.