

Algorithmes pour l'équilibre de charges de simulations parallélisées de modèles à structures dynamiques DEVS

- Profil : Master 2^e année informatique.
- Mots clés : DEVS, DSDEVS, Simulation, Parallélisation, *Time-Warp*.
- Localisation : [Unité BIA Toulouse](#) – [INRA Toulouse](#) – [Équipe MAD](#).
- Encadrement : [Gauthier Quesnel](#) et [Éric Ramat](#).
- Durée : 5 mois.
- Gratification : 417,09 euros.

Contexte scientifique

Le formalisme DEVS [1] (*Discrete Event System Specification*) fournit une méthodologie pour la construction de modèles de simulation modulaires, hiérarchiques et réutilisables dans le but de simuler des systèmes dynamiques complexes. Ce formalisme de modélisation et de simulation, issu des mathématiques discrètes, permet de modéliser des systèmes compliqués dans une très large variété de domaine. Il est basé sur les événements discrets pour la modélisation de systèmes discrets et continus. Le modèle est vu comme un réseau d'interconnexions entre des modèles atomiques et couplés formant une hiérarchie de modèles. Les modèles sont en interaction via l'échange d'événements estampillés. À partir de ce formalisme, B. P. Zeigler a proposé une représentation informatique de ce formalisme qu'il appelle les simulateurs abstraits (cf. figure 1). Ainsi, depuis l'année 2003, nous¹ développons un environnement de modélisation et de simulation libre dont le cœur de simulation se base sur le formalisme DEVS : VLE² [2]. Cet environnement est aujourd'hui utilisé dans des domaines très différents allant des travaux scientifiques sur le formalisme DEVS ou en intelligence artificielle mais aussi dans les domaines d'applications comme les systèmes industriels, la biologie, l'épidémiologie ou l'agronomie³.

Cependant, aujourd'hui nous sommes confrontés à un problème de temps de simulation. En effet, la croissance de la taille et de la complexité des modèles en terme de formalismes ou de couplage de formalismes que nous concevons ou que nous étudions avec la simulation, l'estimation de paramètres, l'exploration de modèles ou l'optimisation par simulations nous

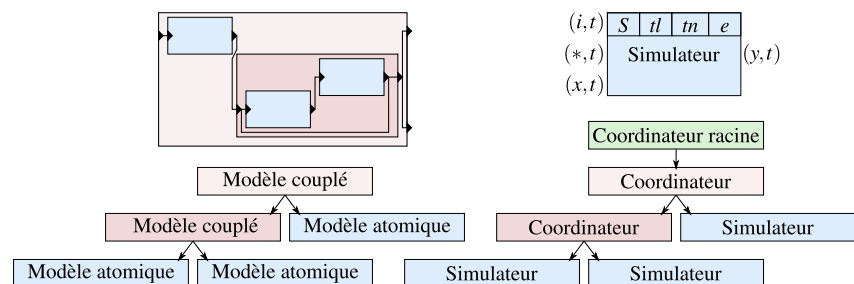


FIGURE 1 – Liens entre modélisation à gauche et simulation à droite avec le formalisme DEVS et les simulateurs abstraits de B. P. Zeigler.

imposent des temps de calculs de plus en plus importants. Le principal moyen que nous avons pour diminuer les temps de calculs sont soit d'attendre de nouveaux processeurs plus puissants soit d'exploiter les architectures à plusieurs processeurs repartis sur une même machine, sur un réseau local ou depuis internet. De plus, récemment, l'industrie des microprocesseurs a pris la voie du développement d'architectures à plusieurs unités de calculs par processeur. En effet, pendant très longtemps cette industrie a travaillé à l'augmentation des fréquences pour augmenter la rapidité d'exécution des instructions sur ses microprocesseurs. Aujourd'hui, avec les problèmes de

1. Le laboratoire LISIC à Calais de l'ULCO et plus récemment le laboratoire BIA de l'INRA à Toulouse.
2. Environnement VLE : <http://www.vle-project.org>
3. Projet RECORD : <http://www.inra.fr/record>

températures engendrés par des fréquences très élevées, ces industries se sont orientées vers de nouvelles architectures des microprocesseurs dites multi-cœurs dans lesquelles plusieurs processeurs, appelés cœurs, communiquent directement via un système de cache au sein d'un même processeur. Cet état de fait nous pousse d'avantage encore vers le développement et vers la transition de nos algorithmes et méthodes vers la parallélisation. Ainsi, pour répondre à notre problème de temps de simulation, nous avons commencé des travaux de réécriture du noyau de simulation de VLE. Ces travaux se basent sur des travaux réalisés par la communauté DEVS [3, 4] avec des approches optimistes et pessimistes de la parallélisation de simulations.

F. J. Barros [5, 6] a publié à la fin des années 90, une extension à DEVS sous les noms DSDEVS puis DSDE pour *Dynamic Structure Discrete Event System*. Ce formalisme, associé lui aussi à des simulateurs abstraits, prend en charge la manipulation de la structure du modèle en cours de simulation ce que le formalisme DEVS ne permet pas. Les changements possibles sont l'ajout ou la suppression de modèles atomiques, couplés, de ports ou de connexions. La prise en compte de ces changements est primordiale dans les domaines d'études que nous étudions avec VLE, par exemple en agronomie. Nous pouvons citer les exemples de modélisation de la croissance d'une plante organe par organe (avec des approches structure/fonction) ou la modification d'un parcellaire par un agriculteur. La parallélisation de ce type de modèle impose la gestion de l'équilibrage de charge pendant la simulation afin de limiter l'engorgement de modèles de simulations sur un même nœud. À notre connaissance, très peu de travaux dans la communauté DEVS prennent en charge la parallélisation de tels systèmes. Les travaux que nous proposons de mener ici se situent dans la parallélisation massive de ces modèles de simulations sur les systèmes de *clusters* multiprocesseurs et multi-cœurs.

Objectifs du stage

Ce stage a pour objectif de développer, implémenter et tester de nouveaux algorithmes pour le développement de l'équilibrage de charge lors de la parallélisation de modèles de simulation dans le cadre de DEVS à structures dynamiques. Ces travaux nécessiteront la réalisation d'un état de l'art des algorithmes et méthodes existantes dans les simulateurs plus généralistes. Dans une seconde partie, en s'appuyant sur sa bibliographie, le stagiaire devra implémenter une ou plusieurs politiques d'équilibrage de charge en début de simulation afin d'exploiter au mieux les *clusters* et autres calculateurs mise à sa disposition. Il réalisera des expériences sur plusieurs modèles de plusieurs domaines pour montrer l'efficacité de ses algorithmes. En dernière partie de stage, le stagiaire développera ou adaptera ses méthodes pour les exécuter en cours de simulation.

Références

- [1] B. P. Zeigler, D. Kim, and H. Praehofer, *Theory of modeling and simulation : Integrating Discrete Event and Continuous Complex Dynamic Systems*. Academic Press, 2000.
- [2] G. Quesnel, R. Duboz, and E. Ramat, "The Virtual Laboratory Environment – An operational framework for multi-modelling, simulation and analysis of complex dynamical systems," *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 17, pp. 641–653, April 2009.
- [3] Q. Liu, *Algorithms for Parallel Simulation of Large-Scale DEVS and Cell-DEVS Models*. PhD thesis, Ottawa-Carleton Institute for Electrical and Computer Engineering, Department of Systems and Computer Engineering Carleton University Ottawa, Ontario, Canada, 2010.
- [4] E. Posse, *Modelling and simulation of dynamic structure discrete-event systems*. PhD thesis, School of Computer Science, McGill University, 2008.
- [5] F. J. Barros, "Dynamic Structure Discret Event System Specification : Formalism, Abstract Simulators and Applications," vol. 13, no. 1, pp. 35–46, 1996.
- [6] F. J. Barros, "Modeling Formalisms for Dynamic Structure Systems," *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation (TOMACS)*, vol. 7, pp. 501 – 515, october 1997.