

Co-simulation ensembliste

Projet de Fin d'Etude, 2015–2016

Thème : Analyse intervalle, algorithme parallèle, analyse numérique.

Laboratoire : U2IS, ENSTA ParisTech

Adresse : 828 boulevard des maréchaux 91762 Palaiseau Cedex

Encadrants : Alexandre Chapoutot et Julien Alexandre dit Sandretto

alexandre.chapoutot@ensta-paristech.fr

julien.alexandre-dit-sandretto@ensta-paristech.fr

Durée : 5-6 mois

Rémunération : suivant la législation en vigueur.

Contexte. La conception et la mise en place de manière opérationnelle d'essaims et/ou de flottes de drones sont de plus en plus étudiées. D'un point de vue scientifique, ces genres de systèmes amènent des problématiques de recherche intéressante dans le cadre du contrôle distribué ou de la sûreté de fonctionnement. Un outil important pour l'étude de ces systèmes est la simulation numérique qui permet a priori d'étudier les comportements complexes de chaque drone en interaction avec les autres éléments de l'essaim ou de la flotte.

D'une part, les outils de simulation numérique ont pour objectif de résoudre des modèles mathématiques, généralement des équations différentielles, décrivant les comportements dynamiques des drones. Dans le cas d'un nombre important de drones, le modèle mathématique devient de grande taille et peut poser des difficultés pour les algorithmes de résolution. Les outils liés à la co-simulation ou simulation parallèle essaient de pallier cette difficulté en gardant séparer les différents modèles de dynamique des drones. Ces différents modèles sont associés à des modèles de couplage permettant de modéliser les interactions. Cependant, bien que les modèles mathématiques soient simples la difficulté réside dorénavant dans les algorithmes de résolution qui doivent prendre en compte de manière fine ces interactions.

D'autre part, les outils de simulation ensembliste ont pour objectif de résoudre des modèles mathématiques en présence d'incertitudes bornées. En effet, la modélisation mathématiques des comportements dynamiques n'est jamais exacte car il y a toujours des phénomènes difficilement modélisables. La gestion des incertitudes est importante pour assurer la robustesse des modèles et ainsi garantir la définition de lois de contrôle les plus pertinentes possibles. Comme dans le cas de la simulation numérique l'augmentation de la dimension des systèmes étudiés est un frein à sa mise en œuvre sur des cas complexes.

Travail à réaliser. L'objectif de ce stage est d'étudier et de mettre en œuvre des algorithmes de co-simulation pour des méthodes de simulation ensembliste. La principale difficulté réside dans les échanges de données nécessaire à la modélisation des interactions, en particulier pour les méthodes numériques dont le pas de discrétisation varie au cours de la simulation.

Après un travail sur l'état de l'art, sur les sujets concernant :

— l'analyse intervalle [7] et la simulation ensembliste [5, 1] ;

— la co-simulation numérique [6, 3, 2]

la personne en stage devra proposer un ou des algorithmes de co-simulation ensembliste. Le point de départ pourra être l'adaptation des algorithmes classiques de co-simulation [3] aux méthodes ensemblistes afin d'évaluer les possibles points de blocage. Une autre piste à évaluer est la mise en place de simulation distribuée dans le cadre des méthodes suivant la norme HLA¹ [8, 4].

En fonction des résultats et de la motivation de la personne candidate, une poursuite en thèse peut être envisagée.

1. https://fr.wikipedia.org/wiki/High_Level_Architecture

Profil et candidature. La personne candidate devra montrer un fort intérêt dans la mise en œuvre effective de solution ainsi qu'un intérêt dans la modélisation mathématique et la simulation. Ce sujet s'adresse à des étudiants en informatique ou en mathématiques appliquées aimant programmer (en C++ de préférence).

Le candidat devra soumettre par courrier électronique les documents suivants :

- une lettre de motivation ;
- une curriculum vitæ ;
- une copies des diplômes et des relevés de notes de licence et master.

Contacts.

- Alexandre Chapoutot `alexandre.chapoutot@ensta-paristech.fr`
- Julien Alexandre dit Sandretto `julien.alexandre-dit-sandretto@ensta-paristech.fr`

Références

- [1] J. Alexandre dit Sandretto and A. Chapoutot. Validated Solution of Initial Value Problem for Ordinary Differential Equations based on Explicit and Implicit Runge-Kutta Schemes. Research report, ENSTA ParisTech, 2015.
- [2] C. Andersson. A software framework for implementation and evaluation of co-simulation algorithms. Technical report, Lund University (Centre for Mathematical Sciences), 2013.
- [3] M. Arnold, C. Clauß, and T. Schierz. Error analysis and error estimates for co-simulation in FMI for model exchange and co-simulation v2.0. In *Progress in Differential-Algebraic Equations*, pages 107–125. Springer Berlin Heidelberg, 2014.
- [4] M. Awais, W. Mueller, A. Elsheikh, P. Palensky, and E. Widl. Using the HLA for distributed continuous simulations. In *Congress on Modelling and Simulation*, pages 544–549, 2013.
- [5] O. Bouissou, A. Chapoutot, and A. Djoudi. Enclosing temporal evolution of dynamical systems using numerical methods. In *NASA Formal Methods*, number 7871 in LNCS, pages 108–123. Springer, 2013.
- [6] D. Broman, C. Brooks, L. Greenberg, E. A. Lee, M. Masin, S. Tripakis, and M. Wetter. Determinate composition of fmus for co-simulation. In *Proceedings of the Eleventh ACM International Conference on Embedded Software*, EMSOFT '13, pages 1–12. IEEE Press, 2013.
- [7] L. Jaulin, M. Kieffer, O. Didrit, and E. Walter. *Applied Interval Analysis*. Springer, 2001.
- [8] C. Sung and T. G. Kim. Framework for simulation of hybrid systems : Interoperation of discrete event and continuous simulators using HLA/RTI. In *IEEE Workshop on Principles of Advanced and Distributed Simulation*, pages 1–8. IEEE Computer Society, 2011.