HAL open science

Agents et Simulation

Vincent Chevrier, Jean-Baptiste Wiart, Thomas Paris

▶ **To cite this version:**

Vincent Chevrier, Jean-Baptiste Wiart, Thomas Paris. Agents et Simulation. JFMS 2020 - Journée Française de la Modélisation et Simulation, Nov 2020, Cargèse, France. hal-02972201

HAL Id: hal-02972201

https://hal.science/hal-02972201v1

Submitted on 20 Oct 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Agents and Simulation

Agents et Simulation

Vincent CHEVRIER[1] Jean-Baptiste WIART[1,2] Thomas PARIS[1]
[1] Université de Lorraine, CNRS, LORIA, F-54000 Nancy, France
[2] Université de Lorraine, GREEN, F-54000 Nancy, France

prénom.nom@loria.fr

Résumé :
Cet article présente deux acceptions du terme agent et leur relation à l'activité de modélisation et simulation, à savoir les agents pour la simulation de phénomènes collectifs (agent-individu) et les agents pour l'intégration logicielle de simulateurs (agent-modèle). Nous illustrons cela au travers d'un exemple tiré de l'intergiciel MECSYCO.

Mots-clés :
Agent-modèle, agent-individu, multi-agent, co-simulation

Abstract:
This article shows two different meanings of the concept of agent and their relationships with modeling and simulation, i.e. agents for collective phenomenon modeling (individual-agent) and agent for software integration (model-agent). This is illustrated with an example of the MECSYCO middleware .

Keywords:
Model-agent, individual-agent, multi-agent, simulation

1 Introduction

La Modélisation et Simulation (M&S) de systèmes complexes est l'un des enjeux actuels majeurs de recherche. Un système complexe se définit comme "composé d'un grand nombre d'entités hétérogènes en interaction, créant de par leurs interactions locales plusieurs niveaux de structures et d'organisations" [7].

La compréhension de cette définition peut se faire de deux manières et nous tenterons dans cet article de montrer que l'on peut les combiner. Une première façon est de considérer un phénomène collectif dans lequel l'entité est un élément agissant du système (on parlera d'agent, d'individu). La seconde considère le système comme une combinaison de perspectives complémentaires, chacune associée à un modèle. Dans le premier cas, l'approche multi-agent est particulièrement adaptée à la représentation de systèmes composés d'un grand nombre d'entités hétérogènes en interaction (i.e. la définition des systèmes complexes [22]). Elle permet aussi de représenter à la fois les niveaux individuel et collectif [16], c'est donc une approche de choix pour modéliser et simuler les systèmes complexes.

Combiner plusieurs perspectives d'un même système [24] au sein d'une représentation cohérente (multi-modélisation) implique la gestion de phénomènes à différents niveaux (micro et macro), à différentes échelles (temporelles comme spatiales), et selon différentes perspectives. La gestion de ces hétérogénéités entre les différents modèles rend nécessaire le développement de nouvelles approches et outils. L'une des approches prometteuses pour faire face à ces défis est la co-simulation [11]. La perspective "agent" dans ce contexte est une manière d'articuler conceptuellement ces différentes perspectives et d'intégrer les hétérogénéités.

Cet article précise ces deux visions du terme "agent" dans le cadre de la M&S et illustre leur mise en œuvre dans le cas de la plateforme MECSYCO. Les deux parties suivantes précisent notre discours dans le cadre de la M&S et des SMA (Systèmes Multi-Agents) et présentent les deux sens du terme agent que nous retenons

dans le cadre de la M&S. La partie 4 montre comment ces concepts s'instancient dans l'outil MECSYCO en détaillant l'un des exemples distribués avec la plateforme.

2 Modélisation et Simulation

2.1 Généralités

La modélisation et simulation (M&S) est une activité permettant d'étudier un système (appelé système cible) par l'intermédiaire d'objets appelés modèles dans le but de comprendre, analyser leur fonctionnement interne ou de prévoir leur évolution [22]. Un modèle est une représentation simplifiée du système cible servant de médiateur entre le réel et la théorie [28].

Pour comprendre l'articulation des deux termes "agents" vis-à-vis de la M&S, nous reprenons la démarche de M&S telle que proposée par [9] (voir figure 1).

Dans de très nombreux cas maintenant, il est possible de se passer des rôles de modélisateur, informaticien et codeur dans la mesure où des outils dédiés existent et proposent la possibilité d'exprimer, sous une forme spécialisée et formelle, le modèle non formel. Citons par exemple le langage Modelica [8] pour exprimer des systèmes sous formes équationnelles, Matlab sous la forme d'opérations de matrices, etc. La démarche se résume alors à un thématicien (ayant quelques compétences dans un formalisme particulier) s'appuyant sur un outil dédié.

2.2 M&S de systèmes complexes et multi-perspectives

Comme évoqué en introduction, le défi de la M&S dans le cas de perspectives multiples est alors d'intégrer ces perspectives de manière cohérente.

Prise isolément, chacune de ces perspectives est potentiellement formulable selon une approche disciplinaire qui lui est propre. Par exemple dans le cas d'un système énergétique cyber-physique (smart-grid), il faut combiner le point de vue du réseau électrique, du réseau de télécommunication et du système d'information et de décision [26], chacun pouvant faire l'objet d'un formalisme particulier, d'un modèle particulier et d'un outil particulier.

Il s'agit donc de pouvoir coupler les différents modèles (formalisme, logiciel, ...) correspondant à chacune de ces perspectives pour pourvoir représenter (et simuler) le système cible. Par rapport au processus de M&S de la figure 1, ce couplage peut intervenir aux différents niveaux :

- logiciel : assurer que les logiciels puissent communiquer.
- formel : assurer la synchronisation des simulateurs et la possibilité d'y intégrer/récupérer des données.
- conceptuel : assurer que le modèle couplé résultant ait un sens.

Nous renvoyons le lecteur à [20] pour plus de détails sur la manière de réaliser ce couplage selon les différents niveaux.

3 Généralités sur les agent(s) et systèmes multi-agents

Si l'on reprend les appels à participation des Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents, plusieurs visions du terme "agent" sont présentées et répondent à différentes problématiques. Nous reproduisons ici une partie de [1] *:*

- *"le développement de systèmes informatiques décentralisés où l'approche SMA permet l'intégration flexible et la coopération de logiciels et de services autonomes ;*
- *la résolution collective de problème pour laquelle il s'agit de résoudre de manière distribuée un problème qui se pose globalement à la collectivité d'agents ;*
- *la simulation de phénomènes complexes où la modélisation multi-agent apporte un cadre conceptuel permet-*

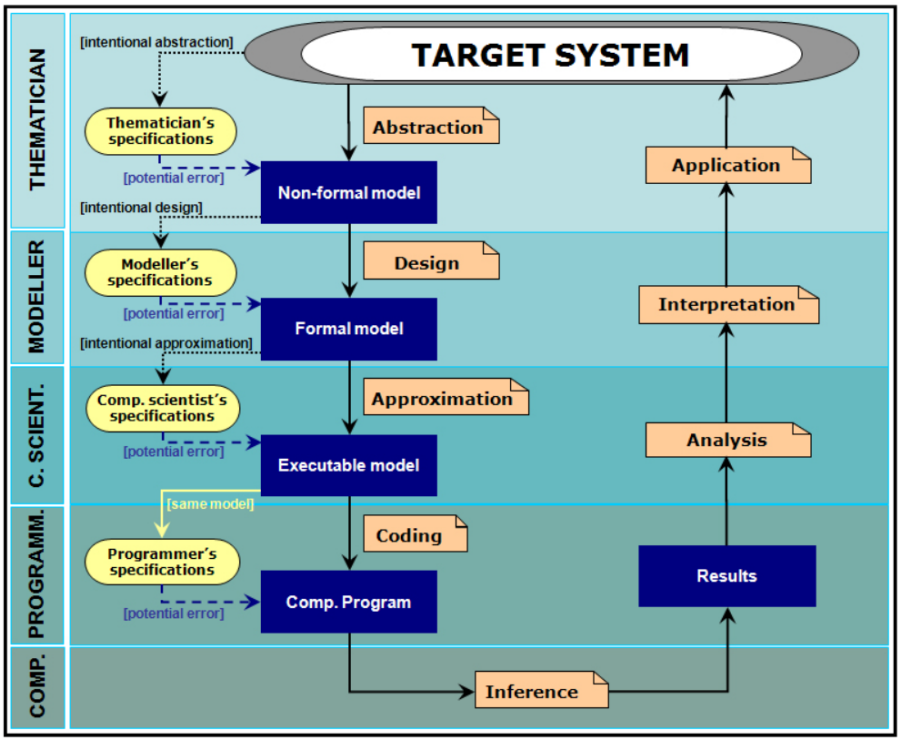

Figure 1 – Démarche de M&S, tiré de [9].

tant la représentation et la simulation de systèmes faisant intervenir différentes entités en interaction ;

— *le développement de systèmes médiatisés où utilisateurs humains et agents artificiels interagissent directement ou indirectement, dans le cadre d'activités collectives de type éducatif, culturel ou social."*

Dans cet article, nous nous focaliserons sur la première et troisième acceptions.

La première acception s'intéresse à l'encapsulation de morceaux de logiciels par des agents qui assurent le rôle d'échange d'informations de manière plus sophistiquée que de simples appels de fonctions. Son intérêt réside dans sa capacité à intégrer des composants hétérogènes. Pour cela chaque composant est associé à un agent qui l'encapsule et gère les interactions de son composant avec les autres composants (eux-mêmes encapsulés par des agents).

Dans ce cadre, et pour cet article, nous nous restreindrons au concept d'agent-modèle, terme repris du travail de [2]. L'idée est d'associer des agents à chacun des modèles composant le système cible. Les agents-modèles gèrent les interactions entre leurs modèles et communiquent entre eux au moyen d'artéfacts [23]. Le comportement de l'agent est alors produit par le modèle associé et les échanges entre agents correspondent à la dynamique de la société de modèles, cette dynamique correspondant alors à la simulation du système. L'agent a la charge de récupérer les données nécessaires à l'exécution de son modèle, de gérer cette exécution et de communiquer les données produites par l'exécution aux autres agents du système. Cette vision [25] apporte une réponse modulaire de conception du multi-modèle, et l'utilisation d'artéfacts pour l'interaction facilite l'ajout, la suppression ou l'échange de modèles dans le multi-modèle. D'autres approches comme [14, 10, 17, 15, 13] utilisent une inspiration agent pour intégrer des dynamiques ou modèles hétérogènes en un tout cohérent. Cependant, vis-à-vis de la démarche de la figure 1, ils obligent cette intégration au

sein du même outil et ne se préoccupent pas systématiquement de réutilisation de simulateurs existants (contrairement à la démarche de co-simulation [11]), ni de rigueur d'intégration (contrairement à une approche de wrapping DEVS par exemple [21]).

La troisième acception est celle qui vient assez souvent à l'esprit lors qu'il s'agit de M&S multi-agent ou encore modélisation basée agent [12]. En biologie, sociologie, activités humaines, cette vision intuitive est maintenant largement répandue. Elle correspond à un paradigme de modélisation dit "centré individu" (nous parlerons d'agent-individu), où l'agent-individu correspond à une entité du système cible que l'on dote de comportements en situation. La simulation du phénomène consiste alors à faire interagir les agents-individus et observer le résultat collectif comme produit de la dynamique. De nombreux outils implantent cette approche, par exemple NetLogo [27] ou Repast [18]. Vis-à-vis de la démarche de la figure 1, cela correspond à nouveau à une intégration au sein d'un même outil dès le niveau conceptuel.

4 Mise en œuvre des concepts d'agent-individu et d'agent-modèle dans MECSYCO

4.1 MECSYCO

MECSYCO (disponible sur `mecsyco.com`) est un intergiciel de co-simulation [4, 5, 19] s'appuyant sur une stratégie de wrapping DEVS pour l'intégration logicielle et formelle et sur un méta-modèle AA4MM (Agent and Artifact for Multi-Modeling) [25] pour considérer un multi-modèle comme une société d'agents-modèles en interaction. Dans cette perspective, chaque couple modèle/simulateur correspond à un agent-modèle et les échanges de données entre les simulateurs correspondent aux interactions entre les agents-modèles. Ces échanges sont médiés par l'environnement par le biais d'artéfact selon le modèle Agents et Artéfacts [23].

Un agent-modèle dans MECSYCO interagit avec son modèle via un artéfact de modèle et communique avec les autres agents-modèles par le biais d'artéfact de couplage. La dynamique de la simulation s'appuie sur DEVS : la manipulation d'un artéfact de modèle suppose l'utilisation des 5 primitives du protocole de simulation DEVS. Les communications entre agents-modèles correspondent à l'échange d'événements au sens DEVS. Enfin, le comportement des agents-modèles reproduit l'algorithme de Chandy-Misra Bryant [6, 3].

L'intérêt de cette approche d'agent-modèle est que nous avons pu facilement étendre le type d'agent-modèle pour avoir des agents d'observation (i.e. chargés de rendre compte de l'évolution de grandeurs caractéristiques du système), ou pour intégrer des modèles couplés (au sens de DEVS).

MECSYCO autorise des modèles décrits selon différents paradigmes dont le paradigme multi-agent. En particulier, MECSYCO intègre comme simulateur NetLogo [27] qui est un environnement de modélisation de systèmes multi-agents simple. Un modèle NetLogo est composé d'une interface graphique qui permet à l'utilisateur d'interagir avec la simulation et de voir son évolution, et d'un script (en langage NetLogo) qui décrit le comportement des agents-individus (appelés *turtles*), la dynamique de l'environnement et, plus généralement, quelles actions seront réalisées à chaque pas de simulation.

4.2 Un exemple : *pedestrian*

Cet exemple, distribué avec la plateforme comme application pédagogique, consiste en une succession de couloirs connectés les uns avec les autres. Des agents-individus se déplacent dans les couloirs et une fois à l'extrémité en sortent pour rentrer dans le couloir suivant. Chaque couloir est un modèle multi-agent(-individu) de déplacement unidirectionnel d'agents-individus. Le déplacement

suit un mouvement simple (avancer), chaque agent-individu évoluant à son rythme. Les agents-individus entrent du côté gauche du couloir et sortent du côté droit. L'entrée et la sortie des agents-individus correspondent à des interactions entre couloirs. Les couloirs sont connectés entre eux et les agents-individus passent de l'un à l'autre. Initialement chaque couloir est peuplé d'agents-individus ayant des caractéristiques propres au couloir (couleur et forme).

Au niveau du système, chaque couloir est associé à un agent-modèle qui va gérer les interactions entre couloirs, c'est à dire assurer que lorsqu'un agent-individu arrive au bout de son couloir il va pouvoir entrer dans le couloir suivant. La connexion entre agents-modèles se fait via des artéfacts de couplage (figure 2).

Le passage d'un couloir à l'autre conserve les caractéristiques d'un agent-individu (cf figure 3).

4.3 Discussion

L'avantage du concept d'agent-modèle est l'interaction des modèles sans se préoccuper de leur nature. Une autre application pédagogique "*highway*"[5] est un modèle d'autoroute à plusieurs tronçons dans lequel des véhicules circulent d'un tronçon à l'autre. Chacun des tronçons est un modèle particulier et est connecté à d'autres tronçons de représentations différentes. L'approche agent-modèle permet de faire passer des véhicules de l'un à l'autre sans se préoccuper de la représentation du véhicule dans le modèle. Par exemple on peut passer d'un modèle individu-centré à un modèle agrégé (sous la forme de vitesse moyenne et de densité moyenne) et assurer le passage d'une représentation micro à une représentation macro.

Parmi les inconvénients et du fait du choix d'interactions entre agents-modèle sous le formalisme DEVS avec réutilisation de composants logiciels, des agents-individus au sein d'agents-modèles différents ne peuvent pas interagir entre eux au sein d'un même pas de simulation. Cela vient du fait que l'on a une intégration par wrapping DEVS (modèles boîtes noires s'échangeant des évènements) et donc un couplage faible, ne faisant pas d'hypothèse forte sur les modèles.

De la même manière, le fait de pouvoir transmettre les caractéristiques d'agents-individus entre modèles dépend de la compatibilité des modèles d'agents-individus d'une part, et d'autre part de la possibilité pour un agent-modèle d'extraire les informations d'un agent-individu de son modèle ou de les injecter au sein de son modèle. La transmission d'informations dépend à la fois des modèles et du couplage entre modèles.

Dans le cas de *"pedestrian"*, cette transmission d'informations était possible (même modèle d'agents-individus et wrapping aisé). En revanche dans le cas *"highway"*, modèles agrégés et modèles agents-individus étant incompatible, cela n'a pas été possible.

5 Conclusion

Cet article illustre deux aspects des relations entre agent et simulation, à savoir la notion d'agent-modèle et celle d'agent-individu. Le premier a pour vocation à coupler des modèles au sein d'un multi-modèle et assurer la cohérence du tout malgré l'hétérogénéité des composants. Le second, dans le cas d'un phénomène collectif, représente les éléments microscopiques du phénomène. Nous avons illustré comment ces concepts peuvent s'instancier au sein de l'intergiciel MECSYCO dans le cas d'une application pédagogique.

Nous pouvons noter que ces acceptions peuvent se superposer. Par exemple, nous pourrions avoir un agent-individu, au sein d'une simulation, dont le comportement est un modèle issu d'un autre simulateur/logiciel (comme une machine à état...). Dans ce cas, cet agent-individu peut aussi être vu comme un agent-modèle.

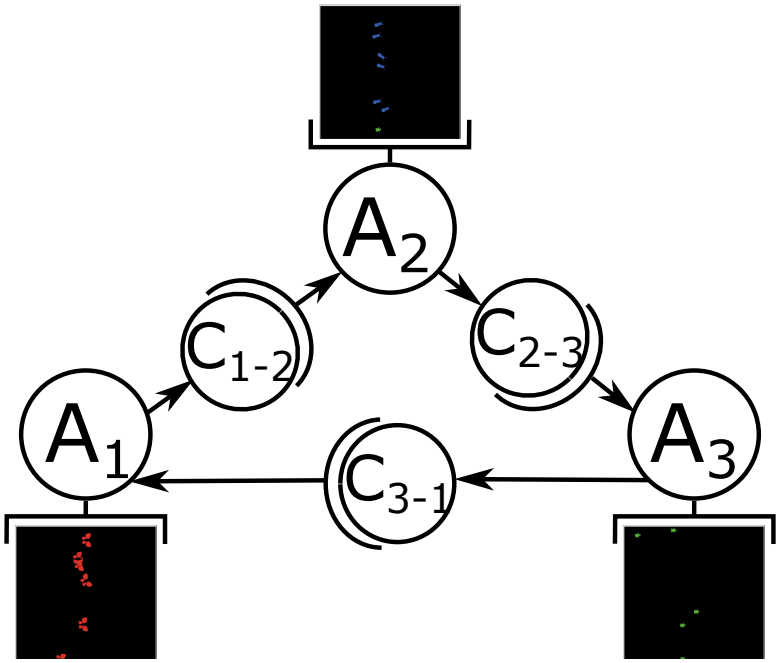

Figure 2 – Représentation AA4MM de l'exemple *Pedestrians*.

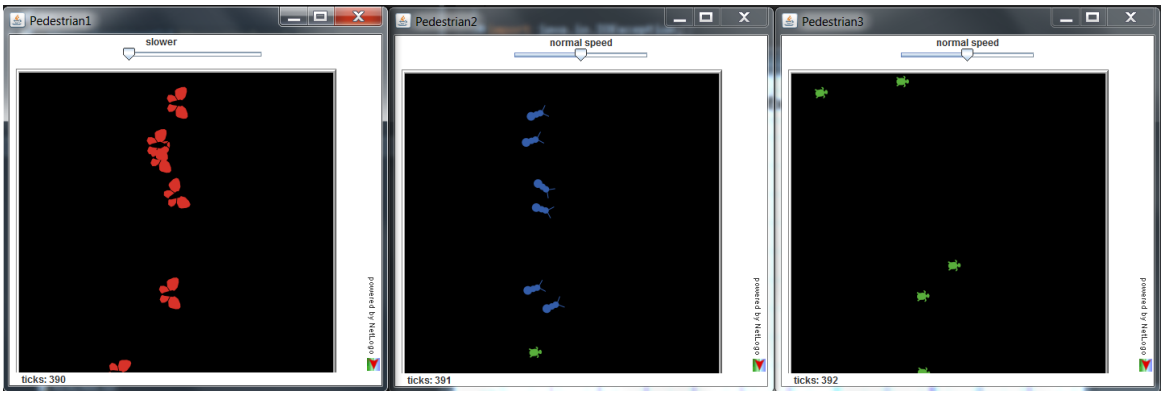

Figure 3 – *Pedestrians* allant d'un modèle à l'autre.

Le paradigme agent offre un cadre de réflexion sur les notions d'indépendance (autonomie des agents, cognition, collaboration), d'activité (action/réaction, rôle) et d'interaction (influence/réaction, groupe, hiérarchie). Les travaux existants fournissent des méthodes de représentation de ces aspects (comme Agent & Artéfact) et ce sont ces méthodes de représentation qui sont intéressantes pour la modélisation de phénomène collectif ou pour la synchronisation de simulateurs.

Remerciements

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État, gérée par l'Agence Nationale de la Recherche, au titre du projet Investissements d'Avenir Lorraine Université d'Excellence, portant la référence ANR-15-IDEX-04-LUE.

Références

[1] PFIA 2020. `http://pfia2020.fr/jfsma-2020/`.

[2] S. Bonneaud. *Des agents-modèles pour la modélisation et la simulation de systèmes*

complexes : application à l'écosystémique des pêches. PhD thesis, Université de Bretagne occidentale-Brest, 2008.

[3] R. E. Bryant. Simulation on a Distributed System. In *Proceedings of the 16th Design Automation Conference*, pages 544–552, 1979.

[4] B. Camus. *Environnement Multi-agent pour la Multi-modélisation et Simulation des Systèmes Complexes*. PhD thesis, Université de Lorraine, 2015.

[5] B. Camus, T. Paris, J. Vaubourg, Y. Presse, C. Bourjot, L. Ciarletta, and V. Chevrier. Co-simulation of cyber-physical systems using a DEVS wrapping strategy in the MECSYCO middleware. *SIMULATION*, 2018.

[6] K. M. Chandy and J. Misra. Distributed Simulation : A Case Study in Design and Verification of Distributed Programs. In *IEEE Transactions on software engineering*, pages 440–452, 1979.

[7] D. Chavalarias, P. Bourgine, E. Perrier, F. Amblard, F. Arlabosse, P. Auger, J.-B. Baillon, O. Barreteau, P. Baudot, E. Bouchaud, S. Ben Amor, H. Berry, C. Bertelle, M. Berthod, G. Beslon, G. Biroli, D. Bonamy, D. Bourcier, N. Brodu, M. Bui, Y. Burnod, B. Chapron, C. Christophe, B. Clément, J.-L. Coatrieux, J.-P. Cointet, V. Dagrain, K. Dauchot, O. Dauchot, and F. Daviaud. French Roadmap for Complex Systems 2008-2009. 2009.

[8] P. Fritzson and P. Bunus. Modelica - a general object-oriented language for continuous and discrete-event system modeling and simulation. pages 365–380. IEEE Comput. Soc, 2002.

[9] J. M. Galán, L. R. Izquierdo, S. S. Izquierdo, J. I. Santos, R. Del Olmo, A. López-Paredes, and B. Edmonds. Errors and artefacts in agent-based modelling. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 12(1) :1, 2009.

[10] Y. Gangat. *Architecture Agent pour la modélisation et simulation de systèmes complexes multidynamiques : une approche multi-comportementale basée sur le pattern "Agent MVC"*. PhD thesis, Université de la Réunion, 2013.

[11] C. Gomes, C. Thule, D. Broman, P. G. Larsen, and H. Vangheluwe. Co-Simulation : A Survey. *ACM Computing Surveys*, 51(3) :1–33, May 2018.

[12] V. Grimm and S. F. Railsback. *Individual-based modeling and ecology*. Princeton University Press, Princeton, 2005.

[13] N. Q. Huynh, H. X. Huynh, A. Drogoul, and C. Cambier. Co-modeling : an agent-based approach to support the coupling of heterogeneous models. In *International Conference on Nature of Computation and Communication*, pages 156–170. Springer, 2014.

[14] P. Mathieu, G. Morvan, and S. Picault. Simulations multi-agents multi-niveaux : quatre patterns de conception. In *24e Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents (JFSMA'16)*, pages 117–126. Cépaduès, 2016.

[15] A. Maudet, G. Touya, C. Duchêne, and S. Picault. Improving multi-level interactions modelling in a multi-agent generalisation model : first experiments. page 11, 2013.

[16] F. Michel, J. Ferber, and A. Drogoul. Multi-agent systems and simulation : a survey from the agents community's perspective. In *Multi-Agent Systems : Simulation and Applications*, Computational analysis, synthesis, and design of dynamic models series, pages 3–52. Adelinde M. Uhrmacher and Dany Weyns, crc press/taylor & francis edition, 2009. OCLC : ocn262719409.

[17] G. Morvan, A. Veremme, and D. Dupont. IRM4mls : the influence reaction model for multi-level simulation. In *Multi-Agent-Based Simulation XI*, volume 6532 of *LNCS*, pages 16–27. Springer, 2011.

[18] M. J. North, N. T. Collier, J. Ozik, E. R. Tatara, C. M. Macal, M. Bragen, and

P. Sydelko. Complex adaptive systems modeling with Repast Simphony. *Complex Adaptive Systems Modeling*, 1(1), Dec. 2013.

[19] T. Paris. *Modélisation de Systèmes Complexes par Composition : Une démarche hiérarchique pour la co-simulation de composants hétérogènes*. PhD thesis, Université de Lorraine, May 2019.

[20] T. Paris, L. Ciarletta, and V. Chevrier. Co-simulation à base d'outils multi-agents : un cas d'étude avec NetLogo. In *JFSMA'18*, pages 201–210, Métabief, Oct. 2018. Cépaduès.

[21] G. Quesnel, R. Duboz, and E. Ramat. Wrapping into DEVS Simulator : A Study Case. *International Mediterranean Modeling Multiconference*, pages 374–382, 2005.

[22] E. Ramat. Introduction à la simulation : principaux concepts. In *Modélisation et Simulation Multi-Agent : application pour les Sciences de l'Homme et de la Société*, pages 37–60. 2006.

[23] A. Ricci, M. Viroli, and A. Omicini. Give agents their artifacts : the A&A approach for engineering working environments in MAS. In *Proceedings of the 6th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, page 150. ACM, 2007.

[24] M. D. Seck and H. J. Honig. Multi-perspective modelling of complex phenomena. *Computational & Mathematical Organization Theory*, pages 1–17, 2012.

[25] J. Siebert. *Approche multi-agent pour la multi-modélisation et le couplage de simulations. Application á l'étude des influences entre le fonctionnement des réseaux ambiants et le comportement de leurs utilisateurs.* PhD thesis, Université Henri Poincaré- Nancy, 2011.

[26] J. Vaubourg. *Intégration de modèles de réseaux IP à un multi-modèle DEVS, pour la co-simulation de systèmes cyber-physiques*. PhD thesis, Université de Lorraine, 2017.

[27] U. Wilensky. NetLogo (and NetLogo User Manual), 1999.

[28] B. P. Zeigler, H. Praehofer, and T. G. Kim. *Theory of modeling and simulation : Integrating Discrete Event and Continuous Complex Dynamic Systems*. Academic press, New York, 2nd edition, 2000.