



**UNIVERSITE DE CORSE-PASCAL PAOLI**  
**ECOLE DOCTORALE ENVIRONNEMENT ET SOCIETE**  
**UMR CNRS 6134 S.P.E.**



**Thèse présentée pour l'obtention du grade de  
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE CORSE  
en Informatique**

**Soutenue publiquement par  
Stéphane GARREDU**

le 16 Juillet 2013

---

**Approche de méta-modélisation et transformations de modèles  
dans le contexte de la modélisation et simulation à évènements  
discrets : application au formalisme DEVS**

---

**Directeurs :**

M. Jean-François SANTUCCI, Professeur, Università di Corsica  
Mme Evelyne VITTORI, MCF, Università di Corsica

**Rapporteurs :**

M. Mourad OUSSALAH, Professeur, Université de Nantes  
M. Hans VANGHELUWE, Professeur, Université d'Antwerp

**Jury**

M. Mourad OUSSALAH, Professeur, Université de Nantes  
M. Hans VANGHELUWE, Professeur, Université d'Antwerp  
M. Jean-Jacques CHABRIER, Professeur Émérite, Université de Bourgogne  
M. Paul BISGAMBIGLIA, Professeur, Università di Corsica  
M. Jean-François SANTUCCI, Professeur, Università di Corsica  
Mme Evelyne VITTORI, MCF, Università di Corsica

## Résumé

Cette thèse s'inscrit au carrefour du monde de la modélisation et simulation de systèmes d'une part et du monde de l'ingénierie logicielle d'autre part. Elle vise à faire bénéficier un formalisme de spécification de systèmes à événements discrets (DEVS) des apports de l'ingénierie dirigée par les modèles (IDM) avec l'une de ses incarnations les plus populaires : MDA (Model Driven Architecture). Le formalisme DEVS de par son adaptabilité et son extensibilité permet l'expression et la simulation de modèles dans des domaines très variés, mais l'existence de plusieurs plateformes dédiées à ce langage nuit fortement à l'interopérabilité de ces modèles. Ces difficultés, si elles ne sont pas nouvelles, représentent cependant un défi d'autant plus important que les modèles considérés sont complexes (i.e composés en général de nombreux sous modèles et interagissant fortement entre eux).

L'objectif de la thèse est de proposer une réponse à la problématique de l'interopérabilité des modèles DEVS, vis-à-vis d'autres formalismes voisins de DEVS et également vis-à-vis des différents simulateurs existants. Le cœur de notre travail est constitué par MetaDEVS, méta-modèle offrant une représentation des modèles DEVS indépendante des plateformes. MetaDEVS est également le nom donné à l'approche globale qui vise à fournir des passerelles génériques entre différents formalismes et DEVS («Model-To-Model»). Cette approche montre également comment, à partir de modèles DEVS spécifiés selon MetaDEVS, du code orienté-objet, simulable, peut être automatiquement généré («Model-To-Text»).

Les formalismes choisis pour faire l'objet d'une transformation vers DEVS sont BasicDEVS, un petit formalisme pédagogique créé pour l'occasion, ainsi que les automates à états finis (FSM). La plateforme de destination choisie pour la génération de code est la plateforme éducative PyDEVS, compatible avec la plateforme DEVSImPy, utilisée par les chercheurs du projet TIC de l'Università di Corsica.

## Outline

This thesis takes place at the intersection between the world of modeling and simulation, and the world of software engineering. It provides a contribution to a discrete-event specification formalism (DEVS) using techniques of Model-Driven Engineering, with one of its most popular incarnations : MDA (Model Driven Architecture). The DEVS formalism, thanks to its adaptability and its extensibility, is able to express and simulate models in various domains. However, the existence of many dedicated platforms damages the interoperability of those models. Those difficulties, even if they are not new, are a challenge which is all the greater as the studied models are complex (i.e. usually composed of several submodels with a strong interaction).

The main purpose of this thesis is to tackle the problem of the DEVS models interoperability, with respect to other formalisms close to DEVS, and also with respect to the different existing simulators. The core of our work is constituted by MetaDEVS, a metamodel that offers a platform-independent representation of DEVS models. MetaDEVS is also the name given to the global approach which aims to provide generic bridges between different formalisms and DEVS (“Model-To-Model”). This approach also shows how, starting from DEVS models specified with MetaDEVS, object-oriented code can be automatically generated (“Model-To-Text”).

The formalisms chosen to be transformed into DEVS are BasicDEVS, a small pedagogical formalism create for our needs, and the finite state machines (FSM). The chosen target platform for the code generation is the educative framework PyDEVS, compliant with the DEVSImPy framework used by the researchers of the TIC project of the University of Corsica.

## Riassuntu

Quista tesa si scrivi à a crucciata di u mondu di a mudillisazzioni è simulazioni di sistemi d'una parti, è di u mondu di l'inghjineria d'i prugrammi di l'altra parti. U so scopu hè di parmetta ch'un furmalisimu di specificazioni di sistemi à avvinimenti scuntinii (DEVS) pudissi prufittà d'i tecnici di l'inghjineria capitanata da i mudelli (IDM), grazia à u pupulari attrizzu MDA (Model Driven Architecture). U furmalisimu DEVS, cù i so capacità à essa apprupiatu è stesu, hè capaci à sprimà è simulà mudelli in parechji campi. Tandù, ch'elli fussini cusì numarosi i rimpianati dedicati à DEVS nuci assà à l'interuperabilità d'issi mudelli. Quisti anciampi, ancu s'elli ùn sò novi, sò una sfida chi cresci cù a cumplexità d'i mudelli studiati (par chi, spessu, sò cumposti da mudelli numarosi à livelli più bassi, ligati trà elli di manera forti).

U scopu principali di 'ssu travaghju hè di prupona una risposta à u problema di l'interuperabilità d'i mudelli DEVS, cù d'altri furmalisimi vicini à DEVS, mà dinò cù i sfarenti rimpianati ch'esistini. U cori di u nostru travaghju hè MetaDEVS, meta-mudellu chi pruponi una riprisintazioni d'i mudelli DEVS di manera indipendenti da i rimpianati. MetaDEVS hè dinò u nomi datu à a dimarchja ghjinarali, di a quali u scopu hè di custruiscia puntili ghjinerichi trà sfarenti furmalisimi è DEVS («Model-To-Model»). 'Ssa dimarchja mostra dinò comu, partendu di mudelli DEVS spificati cù MetaDEVS, codici « ughjettu », pudendu essa simulatu, si pò producìa di manera automatica (« Model-To-Text »).

I furmalisimi scelti pà essa tracambiati versu DEVS sò BasicDEVS, un chjucu furmalisimu pidagoghjicu fattu pà l'uccasioni, è ancu l'automati à stati finiti (FSM). A rimpianata scelta pà a ghjinerazioni di codici hè a rimpianata educativa PyDEVS, cumpatibili incù DEVSImPy, chi hè a rimpianata adduprata da i circatori di u prughjettu TIC di l'Università di Corsica.