

# SMA et DEVS, une petite histoire commune...

Romain Franceschini

Université de Corse Pasquale Paoli

Raphaël Duboz

ASTRE, CIRAD, INRAE, Univ Montpellier, Montpellier  
Sorbonne Université, IRD, UMMISCO, Bondy



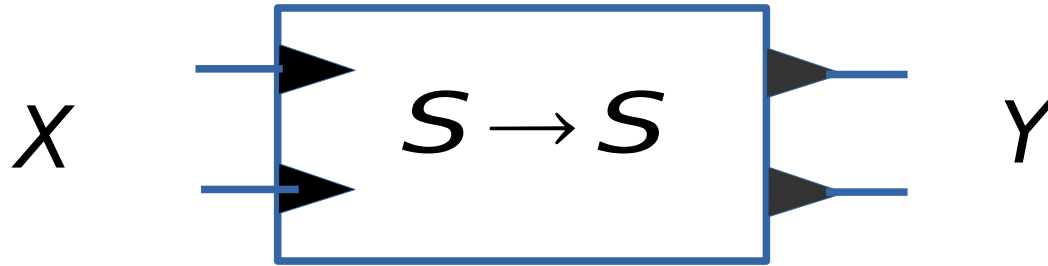
*Journées Francophones  
de Modélisation et  
de Simulation - 2020*



# DEVs

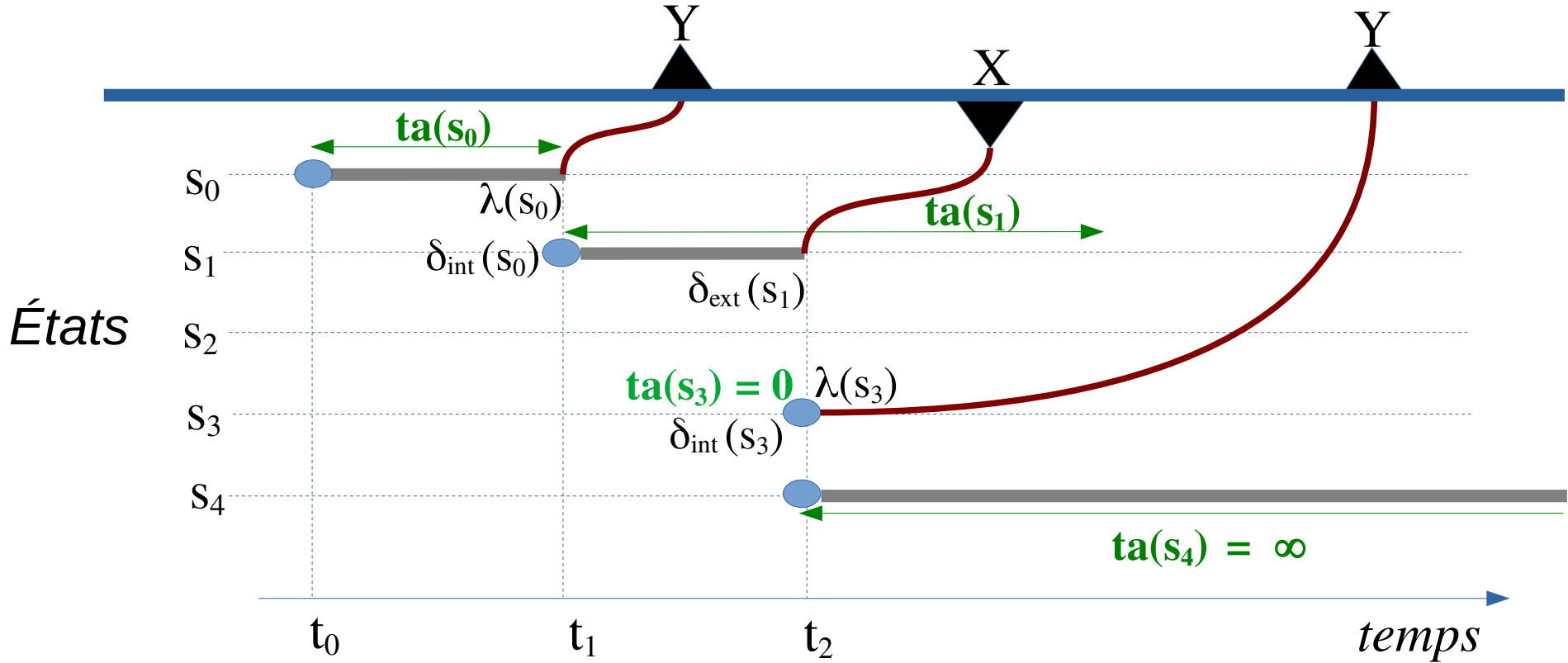
## SYSTÈME → MODÈLE

un extérieur, un intérieur, des états et une dynamique



# DEVs

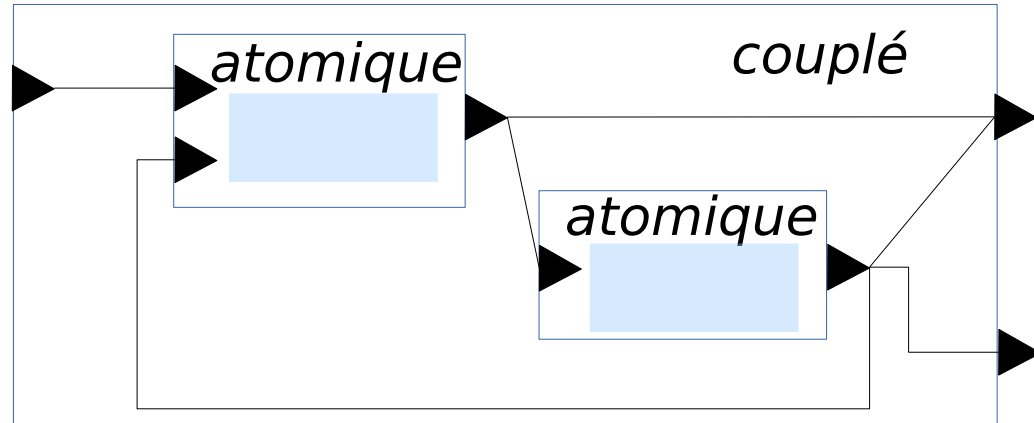
## Définition d'un cadre général pour les états et la dynamique



# ... un formalisme...

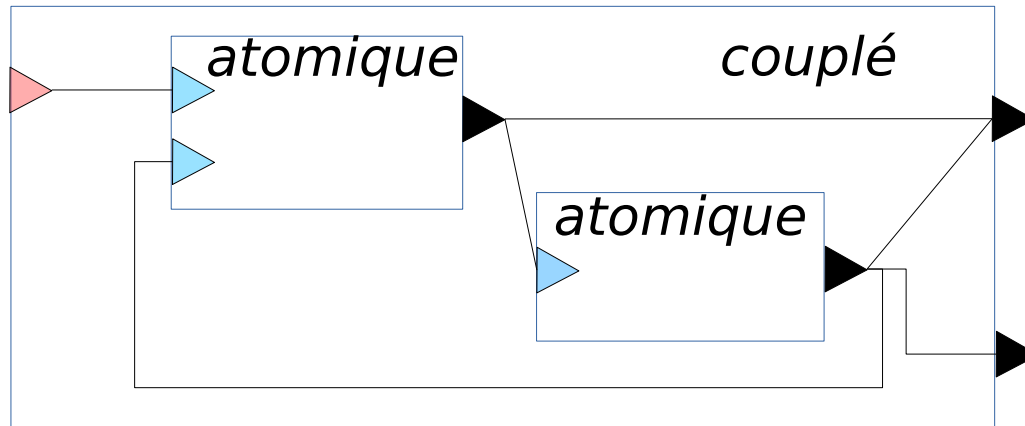
$$DEVS_{atomique} = \langle X, Y, S, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, ta \rangle$$

$$DEVS_{couplé} = \langle X, Y, M, EIC, EOC, IC \rangle$$



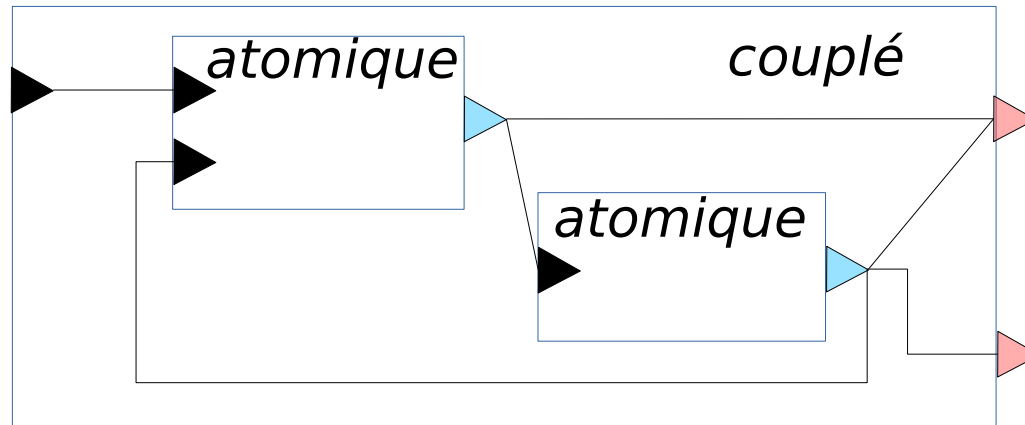
$$DEVS_{atomique} = \langle X, Y, S, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, ta \rangle$$

$$DEVS_{couplé} = \langle X, Y, M, EIC, EOC, IC \rangle$$



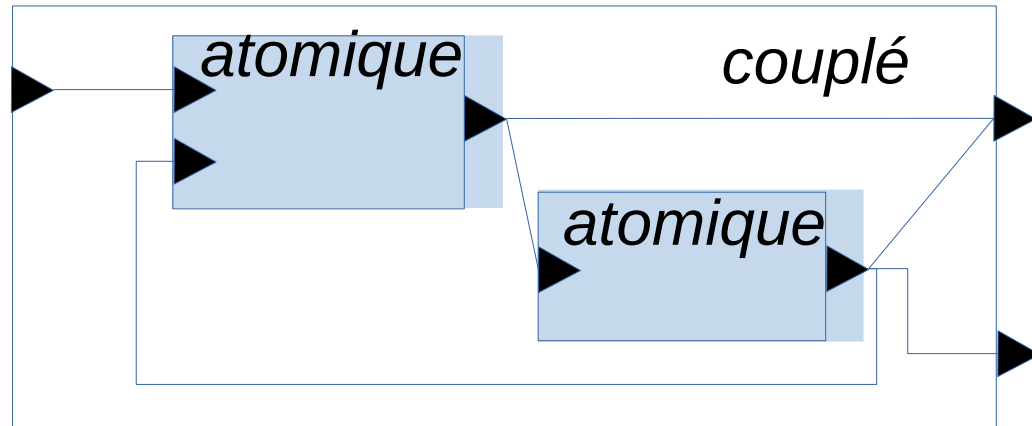
$$DEVS_{atomique} = \langle X, Y, S, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, ta \rangle$$

$$DEVS_{couplé} = \langle X, Y, M, EIC, EOC, IC \rangle$$



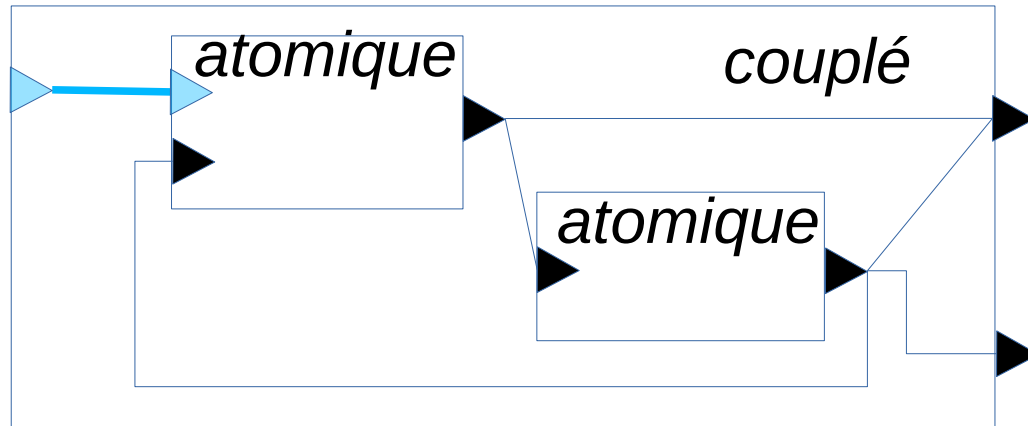
$$DEVS_{atomique} = \langle X, Y, S, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, ta \rangle$$

$$DEVS_{couplé} = \langle X, Y, M, EIC, EOC, IC \rangle$$



$$DEVS_{atomique} = \langle X, Y, S, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, ta \rangle$$

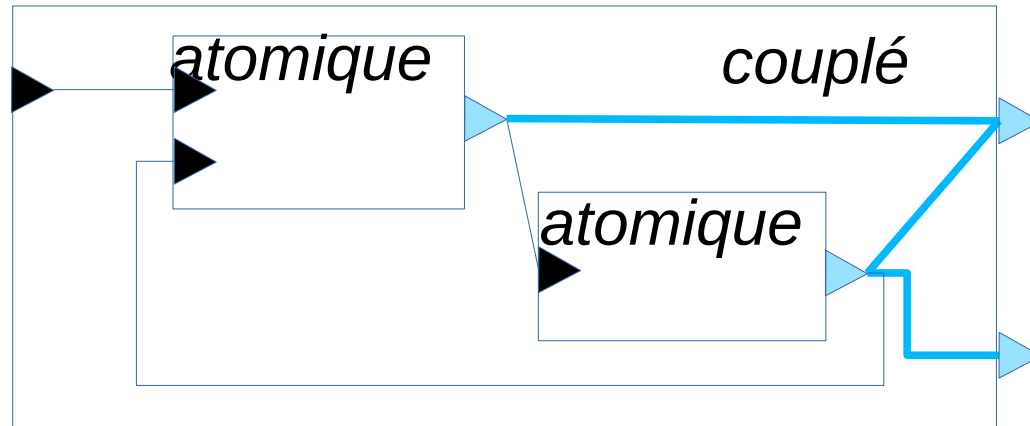
$$DEVS_{couplé} = \langle X, Y, M, EIC, EOC, IC \rangle$$





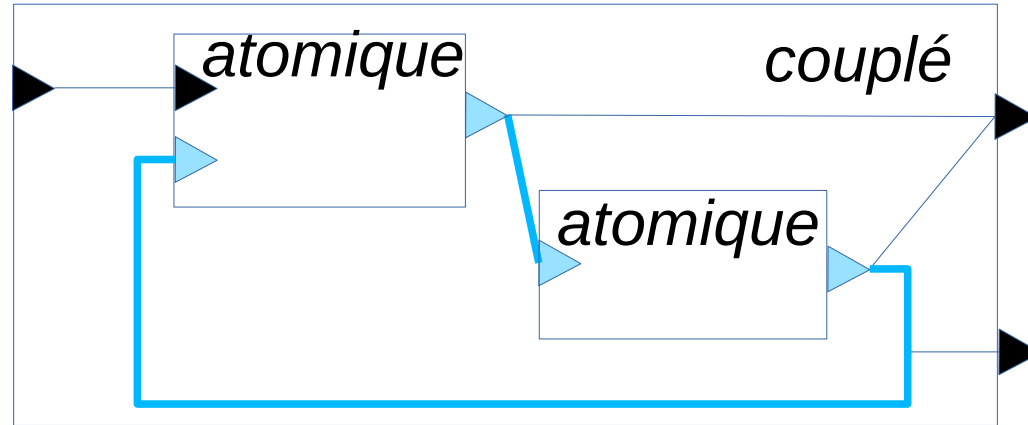
$$DEVS_{atomique} = \langle X, Y, S, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, ta \rangle$$

$$DEVS_{couplé} = \langle X, Y, M, EIC, EOC, IC \rangle$$



$$DEVS_{atomique} = \langle X, Y, S, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, ta \rangle$$

$$DEVS_{couplé} = \langle X, Y, M, EIC, EOC, IC \rangle$$

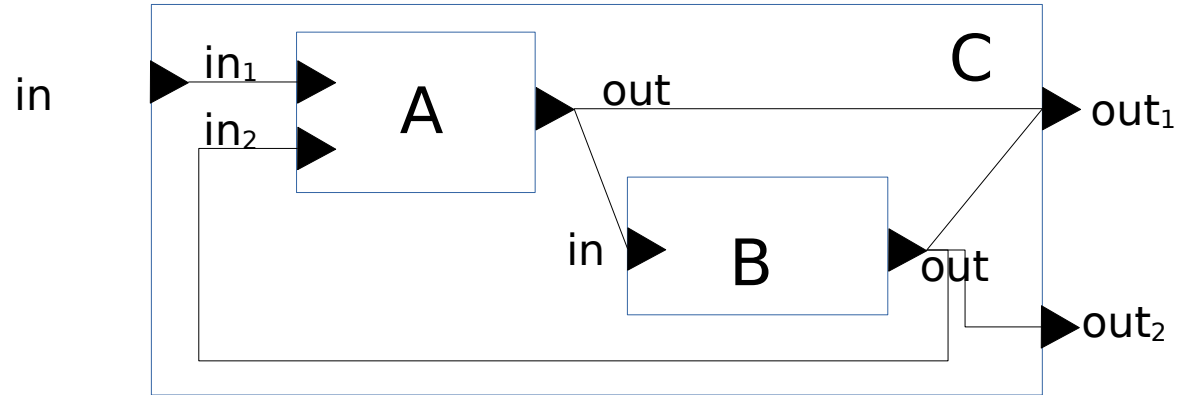


# ... des propriétés...

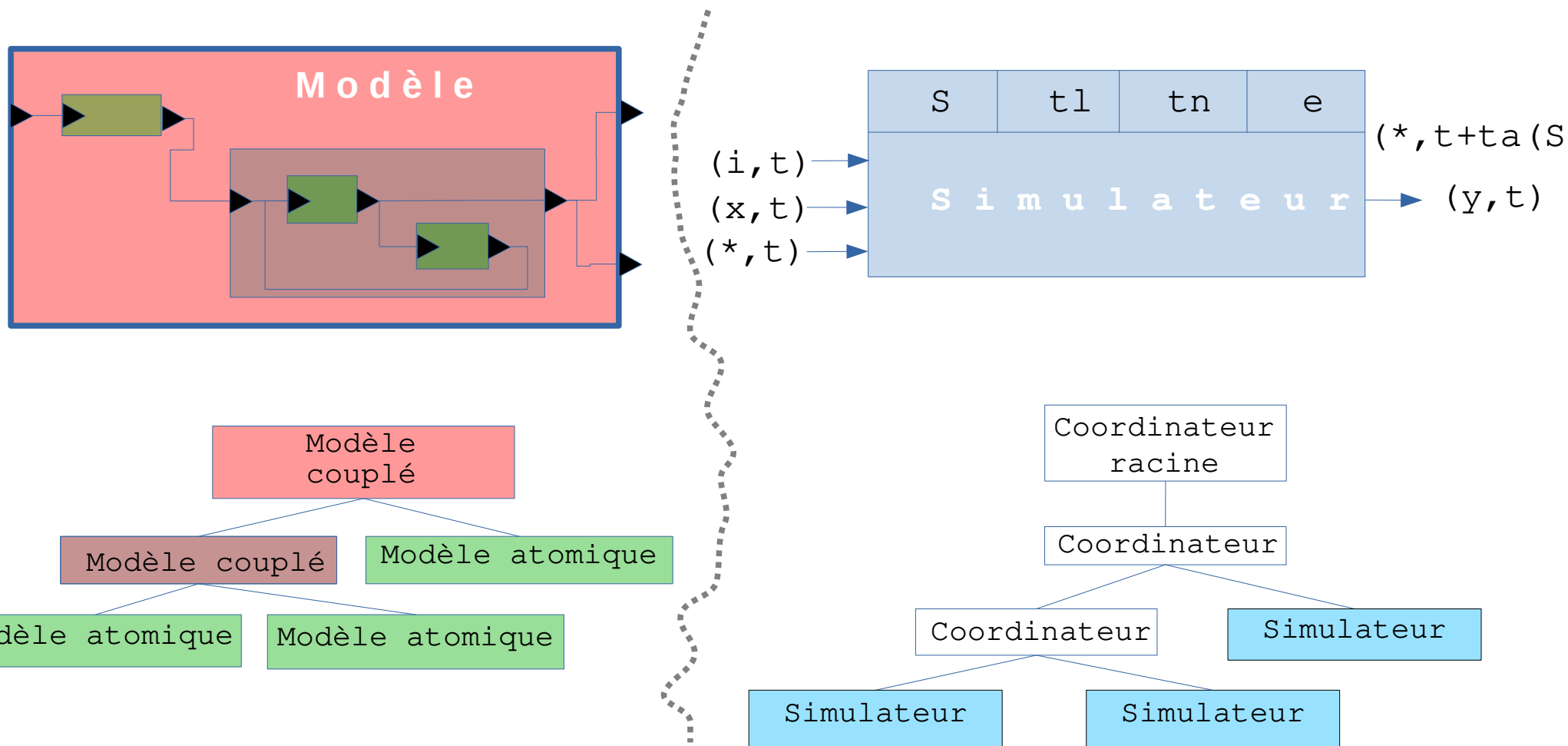
▶ couplage

▶ modularité

▶ fermeture



# ... une sémantique opérationnelle...



# Current Issues in Multi-Paradigm Modeling

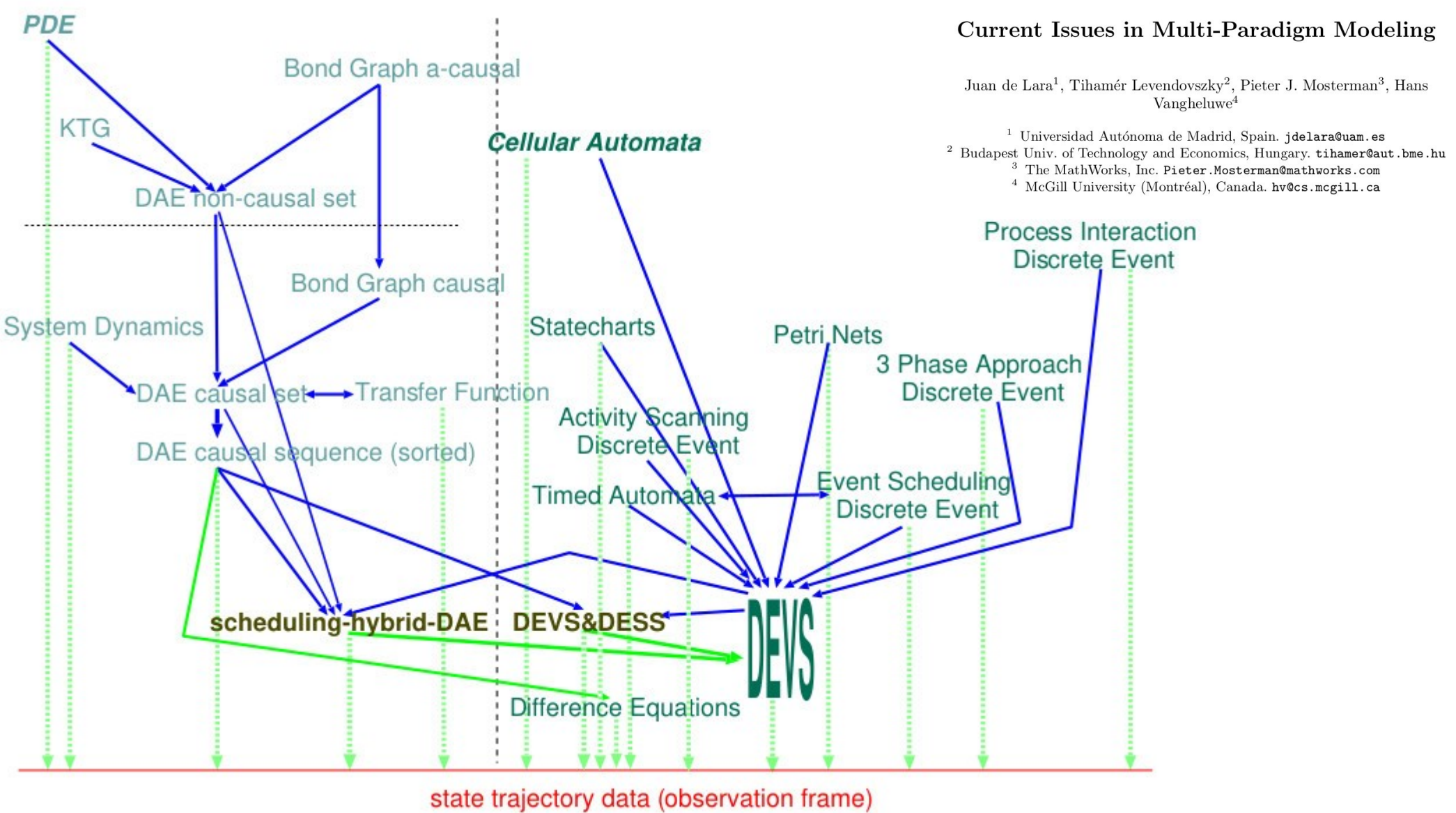
Juan de Lara<sup>1</sup>, Tihamér Levendovszky<sup>2</sup>, Pieter J. Mosterman<sup>3</sup>, Hans Vangheluwe<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Madrid, Spain. [jdelara@uam.es](mailto:jdelara@uam.es)

<sup>2</sup> Budapest Univ. of Technology and Economics, Hungary. [tihamer@aut.bme.hu](mailto:tihamer@aut.bme.hu)

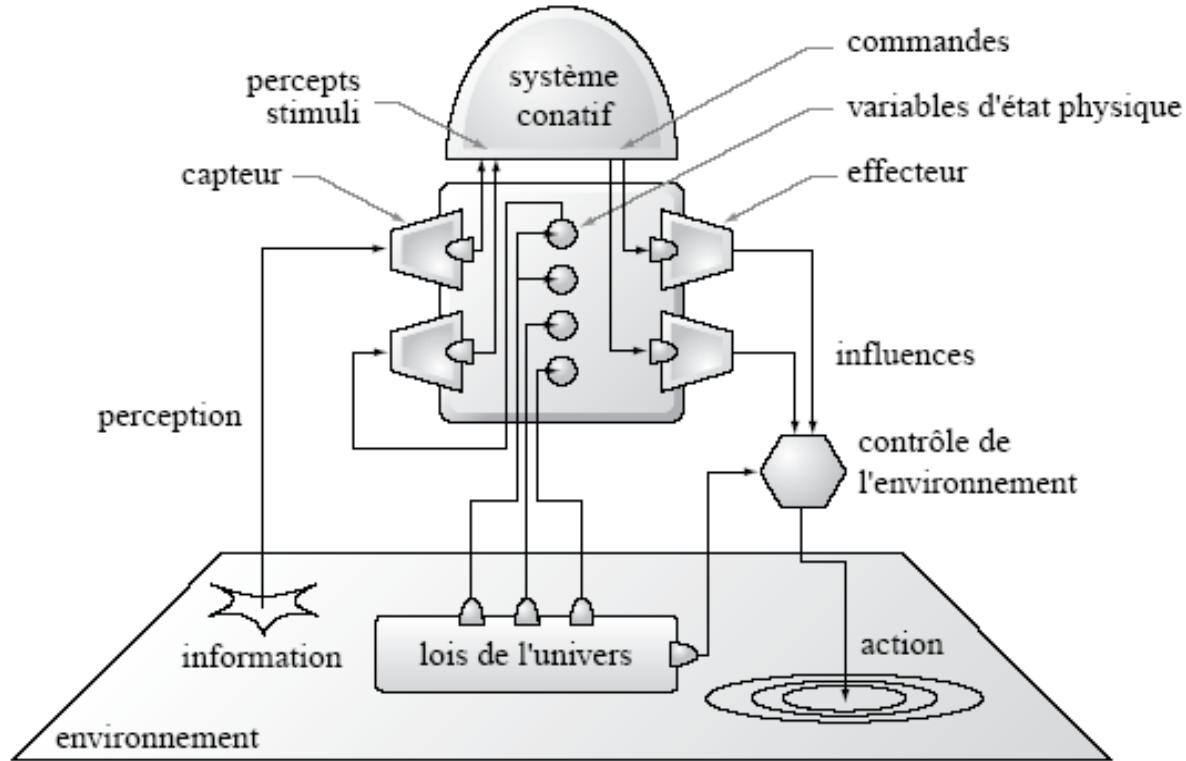
<sup>3</sup> The MathWorks, Inc. [Pieter.Mosterman@mathworks.com](mailto:Pieter.Mosterman@mathworks.com)

<sup>4</sup> McGill University (Montréal), Canada. [hv@cs.mcgill.ca](mailto:hv@cs.mcgill.ca)



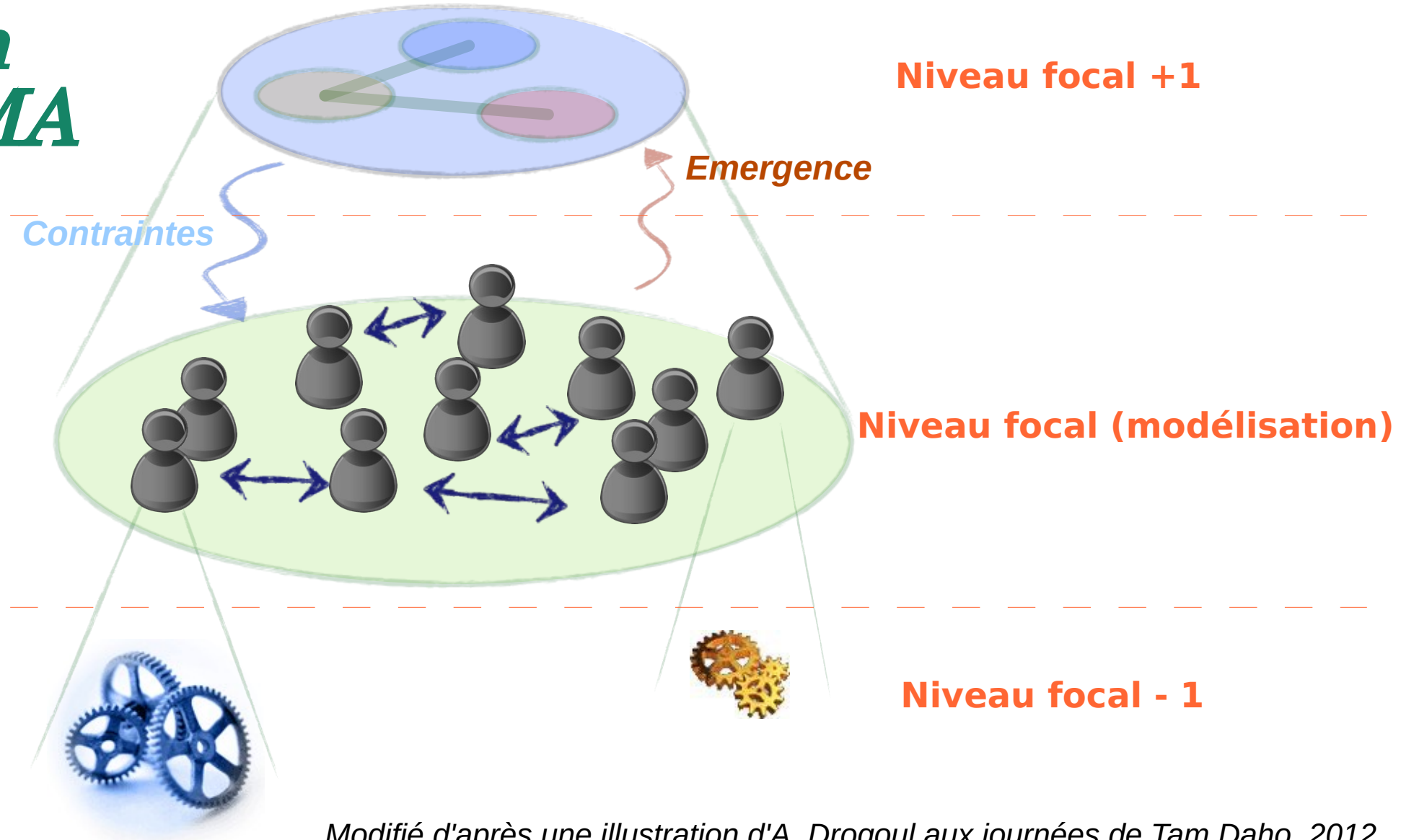
# *Les SMA*

# Un agent



(Un agent, illustration de S. Calderoni, 2002)

$U_n$   
SMA



Modifié d'après une illustration d'A. Drogoul aux journées de Tam Daho, 2012



**... il est possible de coder des SMAs  
dans n'importe quel langage...**



*Philippe Mathieu, JFSM 2020*

*Les SMA spécifiés avec DSDEVs...*

**Tableau 1 – Notions de base du paradigme Agent en DEVS**

<b>Aspects des SMAs</b>	<b>Formalisation DEVS</b>	<b>Commentaires</b>
Agent	Modèle atomique ou couplé	Dépend de la complexité interne de l'agent
Environnement	Modèle atomique ou couplé	Dépend de la complexité interne de l'environnement
Interaction	Évènements	La structure des évènements sont à définir selon les besoins du modèle
Autonomie	Fonctions de transition interne	Fonctions à définir. Toute dynamique calculable est possible. Fonctions pouvant ne pas être formalisées mathématiquement
Proaction	Fonctions de sortie	Idem
Réaction	Fonctions de transition externe	Idem
Connaissances, croyances, intentions	Formalisés comme des états des modèles	Pas de restriction quand à la spécification des états
Ordonnancement	Fonctions d'avancement du temps	Avancement à pas de temps variables, équivalent au temps discret si les fonctions d'avancement du temps se réduisent à une constante

# ***Agent***

$$DSDEVN_A = \langle X_A, Y_A, A, M_A \rangle$$

$X_A = X_{A_{agent}} \cup X_{A_{env}} \cup X_{A_{sim}}$  the union of the couples of ports-events defined for the messages coming from other agents ( $X_{A_{agent}}$ ), from the environment ( $X_{A_{env}}$ ) or useful for the simulation ( $X_{A_{sim}}$ ),

$Y_A = Y_{A_{agent}} \cup Y_{A_{env}} \cup Y_{A_{sim}}$  with the same definitions for messages sent by the agent.

# Perception

$$P_A = \{\delta_{ext_d} \mid \delta_{ext_d}(Q_d, (v, ip_d))\}$$

with:

$(d, ip_d) \in Z_{DSDEVN_A, d}^A$  with  $ip_d$  a port of model  $d \in D_A$  and  $D_A$  the set of names of component models of the executive model.

The evaluation of an external transition function implies a change of internal state of the agent. The internal state of the agent can be formalized as follows:

$$S_A = \times_{d \in \{D_A\}} S_d$$

# Action

$$F_A = \{\lambda_d \mid \lambda_d(S_d) = (v, op_d)\}$$

with:

$(d, op_d) \in Z_{d, DSDEVN_A}^A$  where  $op_d$  is an output port of model  $d \in D_A$ .

# Proaction

$$W_A = \{\lambda_{d_p} \mid \lambda_{d_p}(S_{d_p}) = (v, op_{d_p})\}$$

with:

$$(d_p, op_{d_p}) \in Z_{d, DSDEVN_A}^A,$$

and  $d_p \in M_p$  with  $M_p \in D_A$  is the set of proactive components in the agent model.

# Réaction

$$R_A = \{\lambda_d \mid \lambda_d(s_d) = (v, op_d), ta(s_d) = 0\}$$

with:

$s_d \in S_d \mid D \in D_A - \{M_p\}$  the set of the states of component models which are not proactive,

$(d, op) \in Z_{d, \Delta_A}^A$  where  $op_d$  is a the set of output ports of model  $d_p \in D_A - M_p$ ,

# ***Autonomie***

$$O_A = \{\delta_{int_d} \cup \delta_{ext_d} \mid \delta_{ext_d}(S_d, (v, ip))\}$$

with:

$(v, ip_d) \notin Z_{\Delta_A, d}^A$  where  $ip_d$  is a wearing of input  
and  $v$  its value,

$S_d$  is the set of states of the component models  
 $d \in D_A$ .

# ***Comportement***

*(union des fonctions de transition)*

$$C_A = F_A \cup P_A \cup O_A$$

$$DEVS_{env} = \langle X, Y, S, \delta_{ext}, \delta_{int}, \lambda, ta \rangle$$

where:

$X$  and  $Y$  are respectively the set of input and output ports,

$S = \{(phase, E, M)\}$  is the set of states,

with:

$phase$  which takes the values  $Idle$  or  $Q_{X_i} | i = 1..n$ , with  $n$  the number of input ports of the model,

$Idle$  is the passive state. Each input ports  $X_i$  corresponds to a potential question for the environment,

$E$  is the set of passive entities of the system (the set of space coordinates of static objects of the environment, for instance),

$M$  is the set of data in concern with the metric of space (origin of the axes, space dimension, etc.),

$\delta_{ext} : (Idle, E, M) \times X_i \rightarrow (S_i, E, M)$  corresponds to the reception of the question by the environment,

$\lambda(s_i, E, m) : (S_i, E, M) \rightarrow Y_i$  is the set of environment responses to external requests,

$\delta_{int} : (S_i, E, M) \rightarrow (Idle, E, M)$  is the return to the passive state after answering a question,

$ta(Idle, E, m) = \infty$ , the environment is still waiting for a question,

$ta(S_i, E, m) = 0$ , answers to questions are instantaneous.

## Environnement



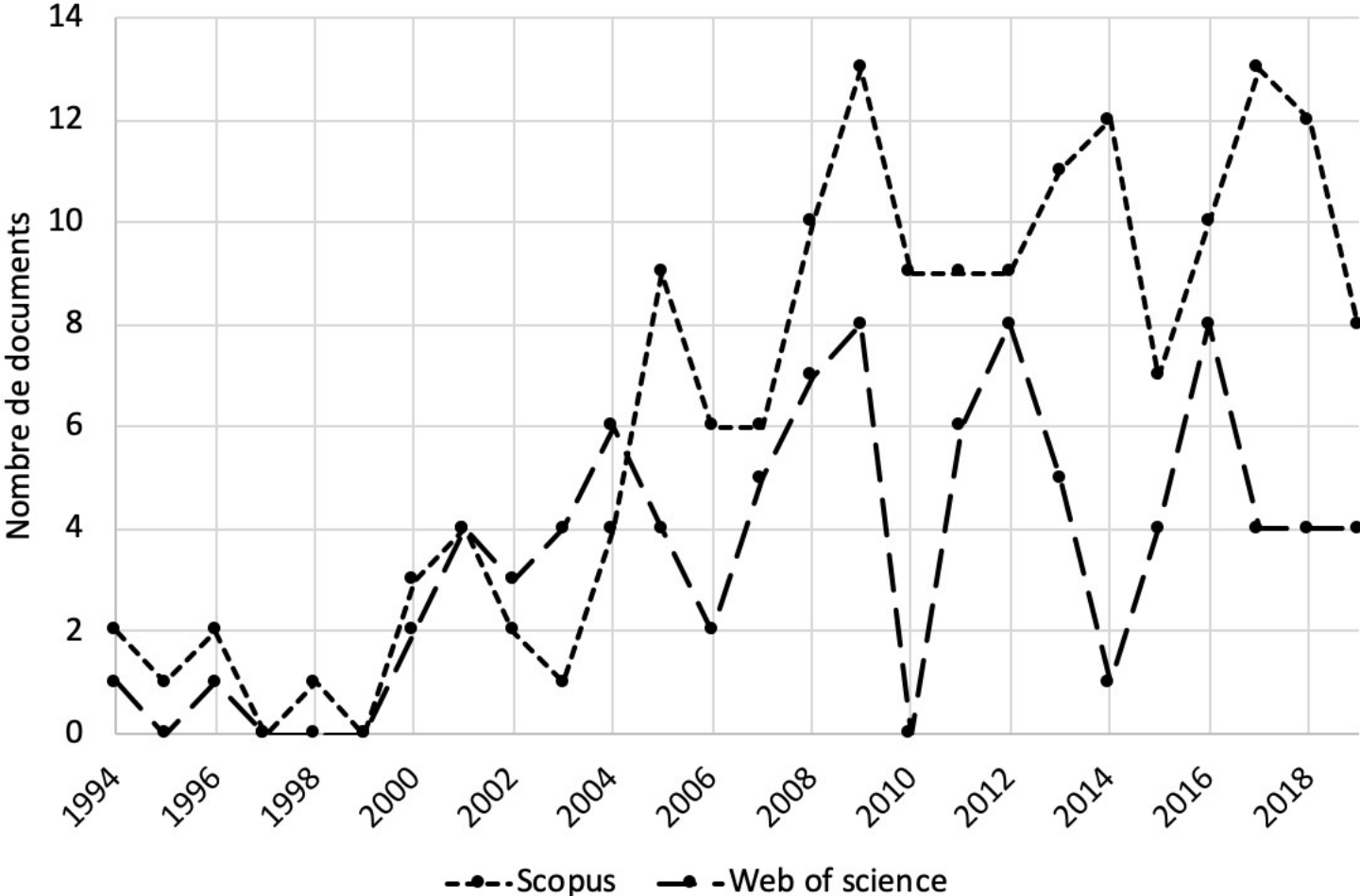
# ***Système Multi-Agents***

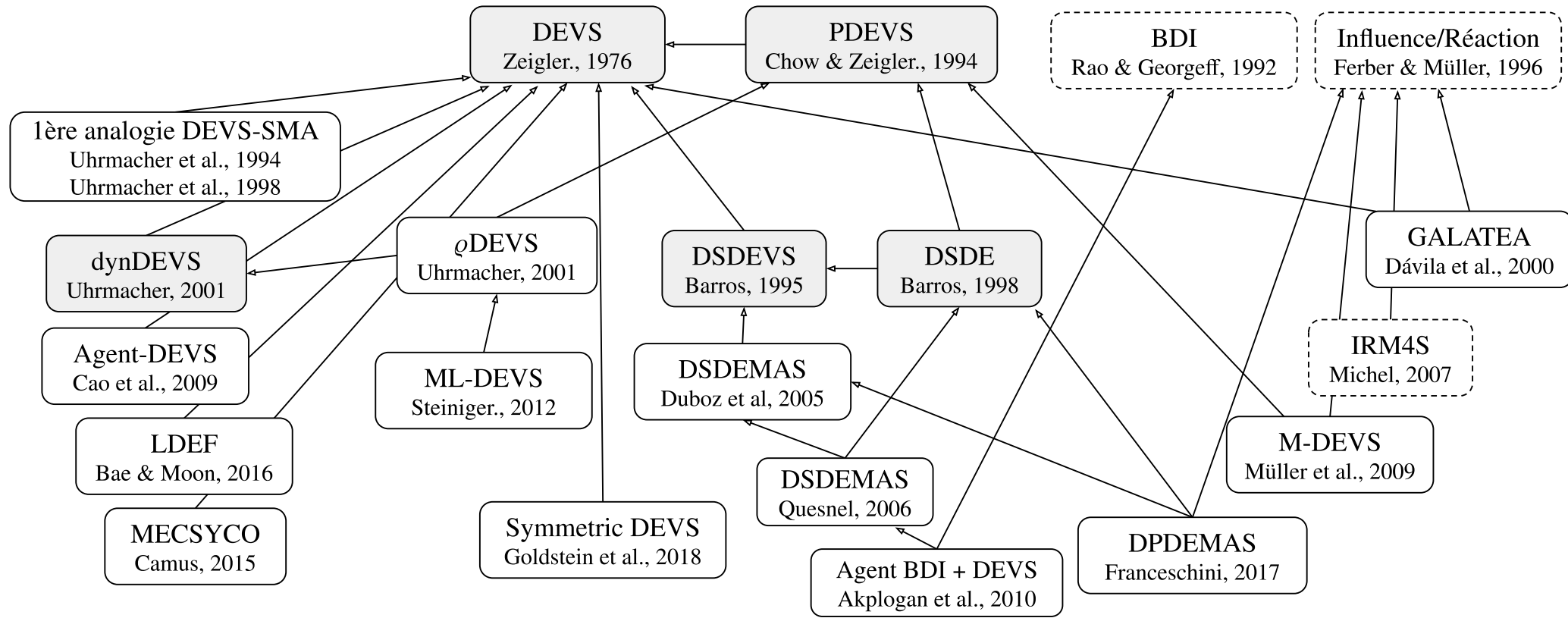
$$DSDEVN_{MAS} = \langle X_{MAS}, Y_{MAS}, \chi, M_\chi \rangle$$

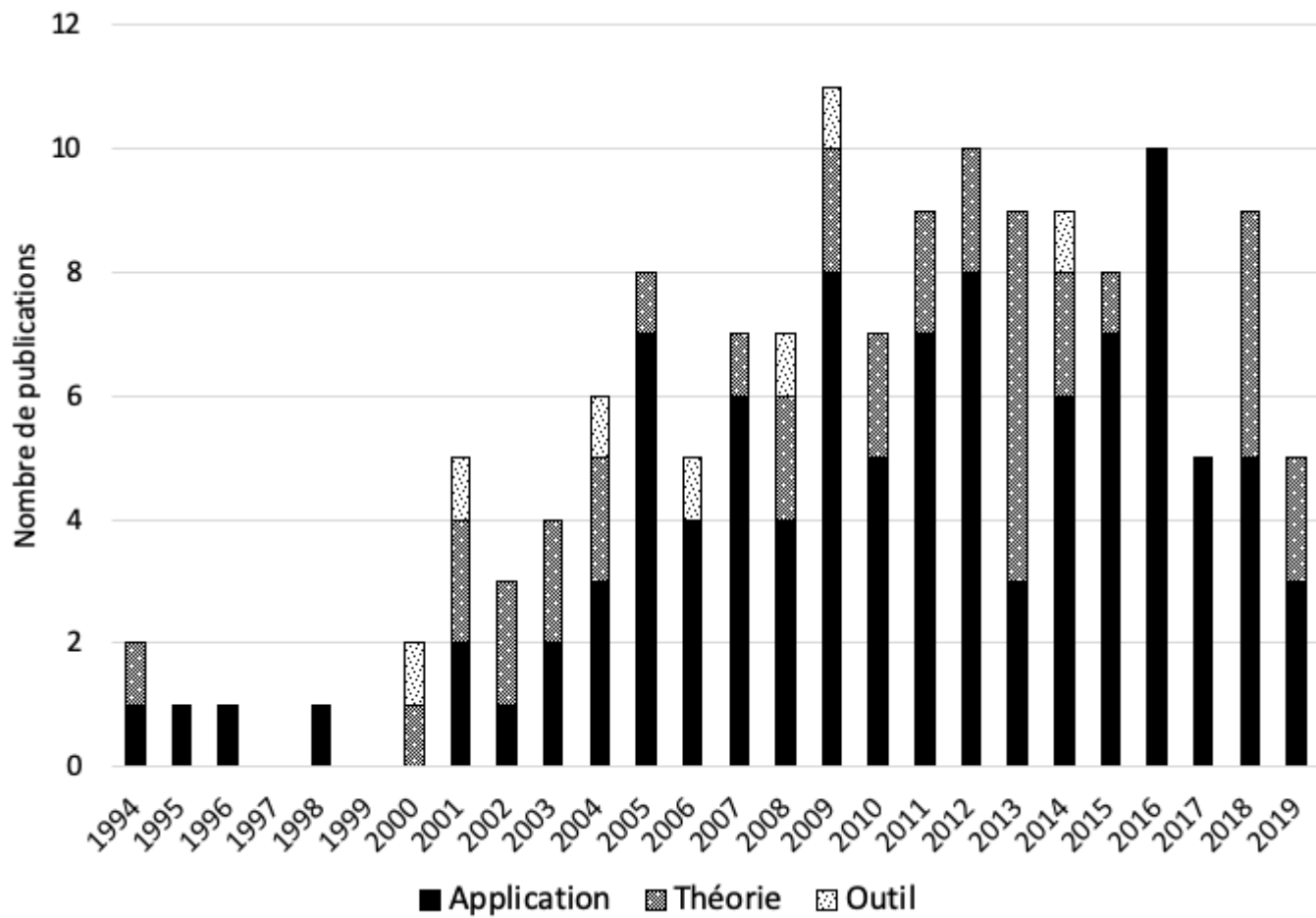
where the state of the executive model  $M_\chi$  contains the set of models  $M_i^\chi$  composed of the agents and of the environment. The external function of transition from  $M_\chi$  is written then:

$$\delta_{ext_\chi} : Z^\chi \times X_\chi \rightarrow Z^\chi$$

Scopuset Web of Science dans les champs titre,résumé et mots-clés des articles avec la requête suivante : « devs AND (mas OR agent OR abm) AND simulation »





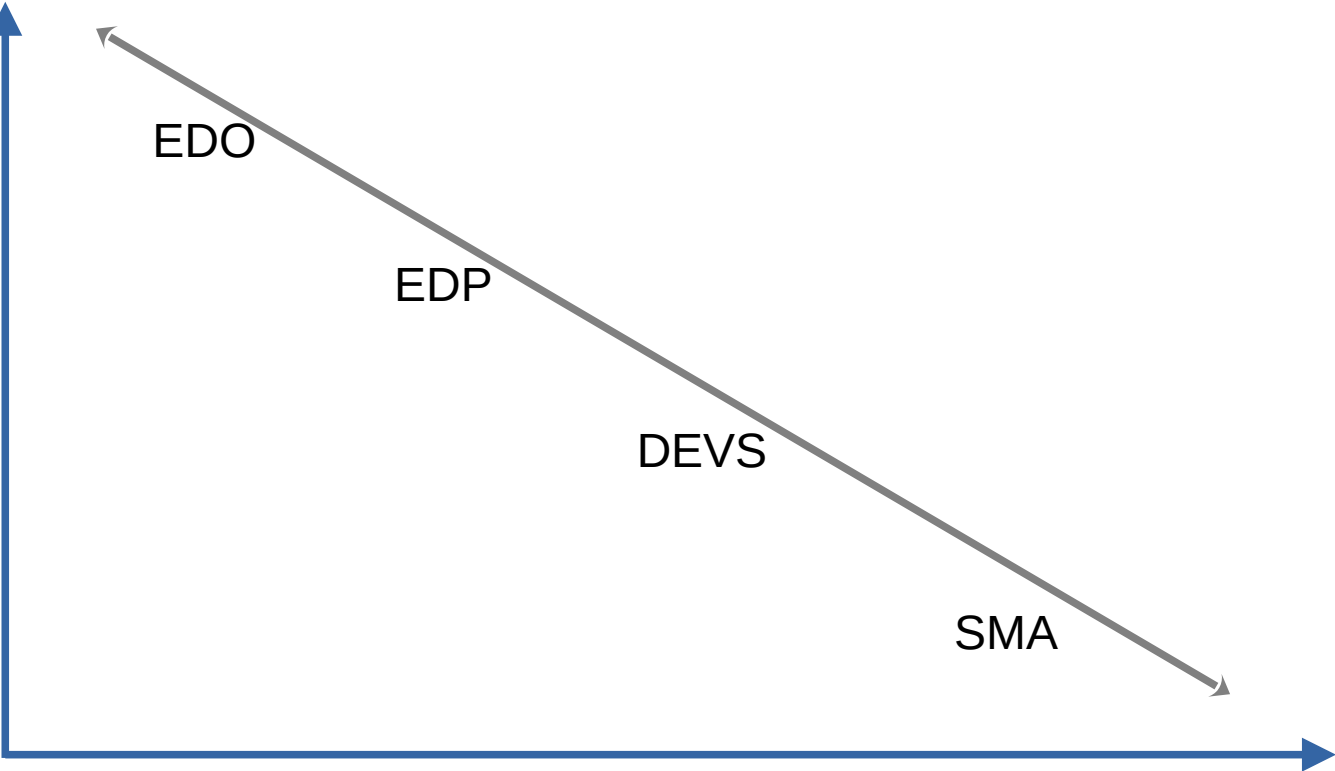


<b>Approches</b>	<b>Avantages</b>	<b>Difficultés</b>
Co-simulation	Réutilisation des simulateurs existants	Sémantique ambiguë, simulateurs « boîte noire »
Analogies	Adaptabilité	Maîtrise de DEVS et extensions requise
Extensions	Formalisation unique	DEVS + extensions requises Définition d'une extension

---

*Analyse*

*Simplification*



EDO

EDP

DEVS

SMA

*Simulation*

*Complication*

Difficultés

évènements discrets, états globaux, espace discret

Apports

Multi-échelles, mutli-formalismes

Bibliothèque de modèles

Cadre expérimental

Vérification, validation, communication

Futur

Se tourner vers l'IDM (LSD)

Proposer un formalisme MA-DEVS