

# Panorama des modèles et outils de vérification pour les systèmes probabilistes.

Julie Parreaux

Université de Rennes 1, ENS Rennes

30 août 2017

Le « zoo quantitatif »

Modèles théoriques

Outils

Formats

Contribution 1 : Construction d'une collection de modèles

Contribution 2 : Classification automatisée des modèles

Contribution 3 : Analyse statistique

Conclusion

# Les modèles théoriques

- ▶ Un ensemble d'états et de transitions
- ▶ Un choix probabiliste avec des probabilités et des taux
- ▶ Le temps représenté avec des horloges

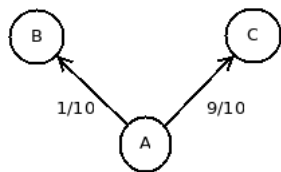


Figure – Transitions probabilistes.

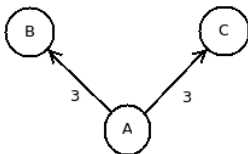


Figure – Transitions avec un taux.

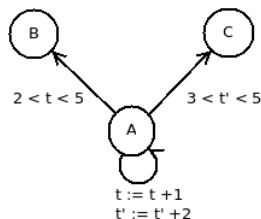


Figure – Transitions avec des horloges.

# Hierarchie des modèles

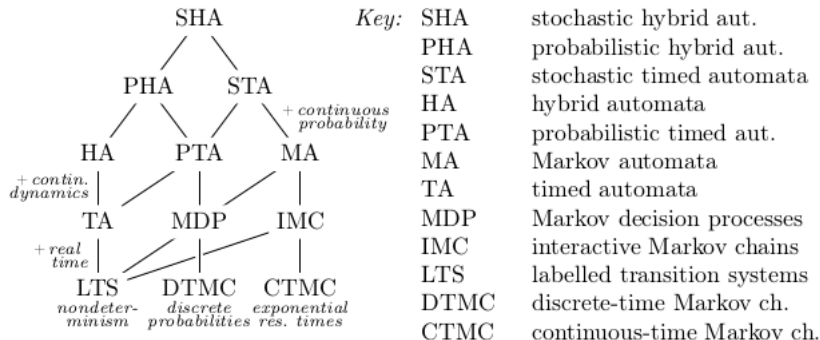


Figure – Une hiérarchie des modèles par Hartmanns et Hermanns [2].

# Les outils

- ▶ 74 outils recensés
- ▶ La liste des outils est disponible sur le site [cadp.inria.fr/resources/zoo](http://cadp.inria.fr/resources/zoo)
- ▶ Peu ou pas de comparaison de performance entre les outils

#	tool and university	version and status	supported models	supported logics
1	<a href="#">APAC</a> - Rennes	2011 - not available - follow-up version implemented in the ECDAR tool	constraint <a href="#">MC</a> , abstract <a href="#">PA</a>	
2	<a href="#">APHzip</a> - Saarbrücken	2008-2015	<a href="#">CTMC</a> (acyclic phase-type distributions)	
3	<a href="#">APMC, APMC-CA</a> - Paris	version 3.0 (APMC: 2006 APMC-CA: 2008) - not available		
4	<a href="#">APNN</a> - Dortmund	2001 - not available	<a href="#">CTMC</a>	<a href="#">CTL</a> , <a href="#">LTL</a>
5	<a href="#">Bluemoon</a> - Cordoba (Argentina)	version 1.0 (2015) - module for the PRISM tool	<a href="#">CTMC</a> , <a href="#">DTMC</a>	<a href="#">CSL</a> , <a href="#">PCTL</a>
6	<a href="#">CADP</a> - Grenoble	version 2017-f (2017)	<a href="#">CTMC</a> , <a href="#">DTMC</a> , deterministic <a href="#">IMC</a> , <a href="#">PTS</a>	modal mu-calculus, <a href="#">MCL</a>
7	<a href="#">CASPA</a> - Munich	2009		
8	<a href="#">COMICS</a> - Aachen	version 1.0.0 (2010)	<a href="#">DTMC</a>	<a href="#">PCTL</a>
9	<a href="#">Cosmos</a> - Cachan, Paris, Nancy	version 1.0 (2011)	<a href="#">HA</a>	<a href="#">HASL</a>
10	<a href="#">DDP</a> - Austin (Texas)	2011 - based on Excel spreadsheets	<a href="#">CMRM</a> , <a href="#">CTMC</a> , <a href="#">DMRM</a> , <a href="#">DTMC</a>	<a href="#">CSL</a> , <a href="#">CSRL</a> , <a href="#">PCTL</a> , <a href="#">PRCTL</a>

Figure – Une capture d'écran du site [cadp.inria.fr/resources/zoo](http://cadp.inria.fr/resources/zoo)

# De très nombreux formats

## Les variables d'état

- ▶ Vision basée sur les états et leurs caractéristiques
- ▶ Pas d'incidence sur l'expressivité du modèle

## Le parallélisme

- ▶ Les modèles peuvent être fondamentalement concurrent
- ▶ Séquentialisé à la compilation

## Les formats

```
module station1

s1 : [0..1]; // state of station

[loop1a] (s1=0) -> 1 : (s1'=0);
[] (s1=0) -> lambda : (s1'=1);
[loop1b] (s1=1) -> 1 : (s1'=1);
[serve1] (s1=1) -> 1 : (s1'=0);

endmodule
```

Format de haut niveau: PRISM

```
des (0, 62754, 35471)
(2, i, 19766)
(2, i, 19637)
(27659, "prob_0.9", 19638)
(27659, "prob_0.1", 18605)
...
(27656, i, 19726)
(6, "rate_3", 27656)
(6, "rate_5", 27657)
(6, "rate_2", 27658)
```

Format de bas niveau: CADP

Le « zoo quantitatif »

Modèles théoriques

Outils

Formats

Contribution 1 : Construction d'une collection de modèles

Contribution 2 : Classification automatisée des modèles

Contribution 3 : Analyse statistique

Conclusion



# Construction d'une collection de modèles

Basée sur le travail de Jean-Philippe Gros [1]

- ▶ Vérification bibliographique
- ▶ Recherche de modèles dans le site de l'outils et les articles décrivant ces outils

Ordonnée par outils

**Biblio** Articles relatifs à l'outil et à ses modèles

**Models** Fichiers contenant les modèles

**Tool** L'outil que l'on a récupéré

**info** Fichier contenant les références sur les modèles

Le « zoo quantitatif »

Modèles théoriques

Outils

Formats

Contribution 1 : Construction d'une collection de modèles

Contribution 2 : Classification automatisée des modèles

Contribution 3 : Analyse statistique

Conclusion

## Fonctionnalité de **guess**

- ▶ Basée sur l'esprit de la commande UNIX **file**
- ▶ Donne le type du fichier
- ▶ Précision pour les modèles

**Models** indique le modèle théorique utilisé

**Var** indique le nombre de variables d'état

**Par** indique le nombre de processus parallèles

**Format** indique le format

**Tool** indique le (ou les) outil(s) utilisant le fichier

## Implémentation de **guess**

Règle 1 test la présence d'un mot clé dans le fichier

Règle 2 test le nombre de mots clés présents dans le document

Règle 3 découpe le fichier pour cibler la recherche

```
dtmc

module dice
s : [0..7] init 0; // local state
d : [0..6] init 0; // value of the die

[] s=0 -> 0.5 : (s'=1) + 0.5 : (s'=2);
...
[] s=7 -> (s'=7);
endmodule
```

Fichier PRISM

# Implémentation de **guess**

Pour les fichiers CADP

- ▶ Utilisation de la commande **bcg\_info -labels**
- ▶ Étude des étiquettes pour connaître le modèle théorique
- ▶ Convertir des fichiers aut en bcg avec **bcg\_io**

Implémentation avec les outils UNIX : plus de 3 000 lignes de code

## Limites de **guess**

- ▶ Analyser certains fichiers
- ▶ Analyser la conformité des modèles
- ▶ Traitement des fichiers multiples

Le « zoo quantitatif »

Modèles théoriques

Outils

Formats

Contribution 1 : Construction d'une collection de modèles

Contribution 2 : Classification automatisée des modèles

Contribution 3 : Analyse statistique

Conclusion

# Compter le nombre de modèles

Difficulté : les fichiers multiples

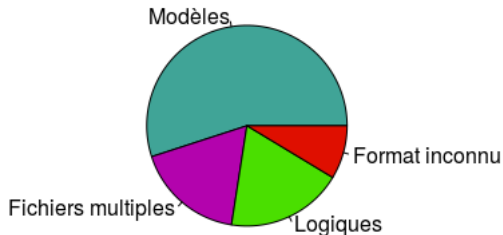


Figure – Répartition des fichiers en fonction de leur type.

- ▶ Nombre de modèles : 4 231 soit 55% des fichiers
- ▶ Format inconnu : 8.63% des fichiers



# Répartition des modèles théoriques

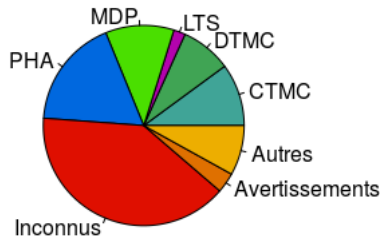


Figure – Répartition des différents modèle théorique.

- ▶ Les PHAs sont très représentés avec peu d'outils
- ▶ Les modèles inconnus sont très nombreux

# Variables d'état

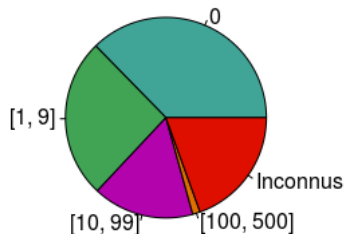


Figure – Répartition des fichiers en fonction de leur nombre de variables d'état.

- ▶ 32% des fichiers n'ont pas de variables d'état
- ▶ 35% des fichiers utilisent des variables d'état
- ▶ 33% des fichiers ont un nombre de variables d'état inconnu

# Parallélisme

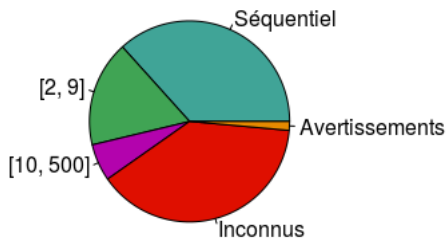


Figure – Répartition des fichiers en fonction de leur nombre de la parallélisation.

- ▶ 37% des fichiers sont séquentiels
- ▶ 24% des fichiers sont concurrents
- ▶ 39% des fichiers ont un nombre de processus parallèles inconnu

## Répartition des outils

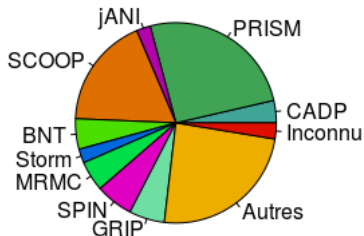


Figure – Répartition entre les différents outils.

- ▶ Au moins 18% sont des modèles de PRISM
- ▶ 3 autres outils supportent plus de 10% des fichiers : MRMC, SiSAT et SCOOOP
- ▶ Les autres outils ne supporte pas plus de 5% des modèles

Le « zoo quantitatif »

Modèles théoriques

Outils

Formats

Contribution 1 : Construction d'une collection de modèles

Contribution 2 : Classification automatisée des modèles

Contribution 3 : Analyse statistique

Conclusion

# Bilan

- ▶ Appris beaucoup de chose sur le domaine
- ▶ Collection et ordonnancement des modèles
- ▶ Implémentation d'un prototype d'outil interrogateur **guess**
- ▶ Analyse statistique de la collection

# Perspectives

- ▶ Utilisation de **guess** par des utilisateurs non-expert
- ▶ Unique format pour tous les modèles
- ▶ Amélioration de **guess** : ajout et renforcement des formats, traitement des probabilités, déterminer les familles des modèles



Jean-Philippe Gros.

A unifying framework for comparing and implementing probabilistic models, June 2017.



Arnd Hartmanns and Holger Hermanns.

In the quantitative automata zoo.

*Sci. Comput. Program.*, 112:3–23, 2015.



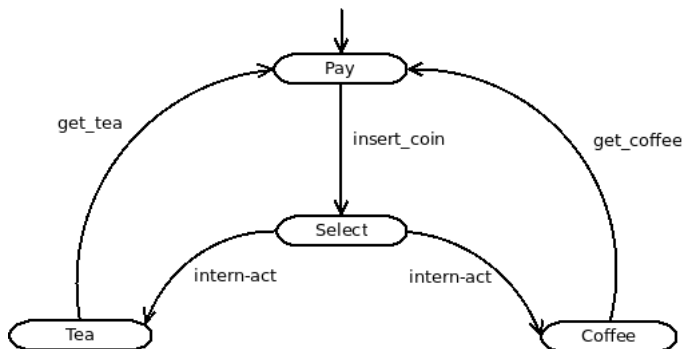


Figure – Un distributeur de boisson modélisé par un LTS.

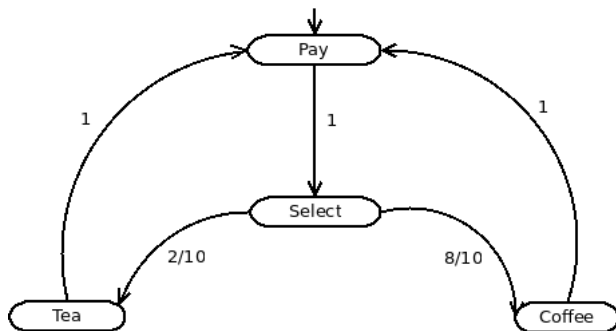


Figure – Un distributeur de boisson modélisé par une DTMC.

# MDP

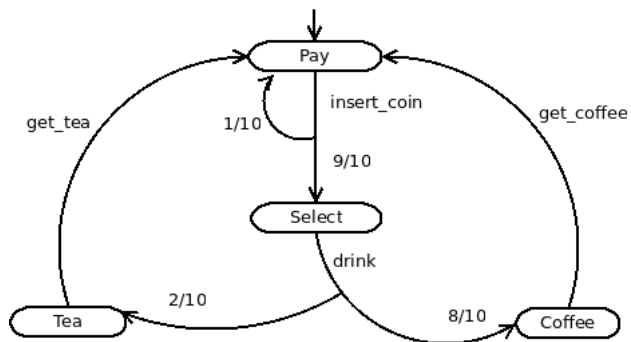


Figure – Un distributeur de boisson modélisé par un MDP.

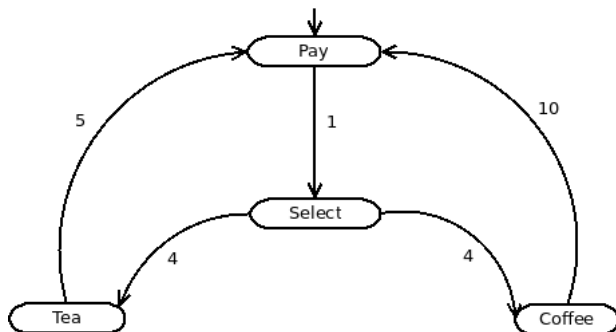


Figure – Un distributeur de boisson modélisé par une CTMC.

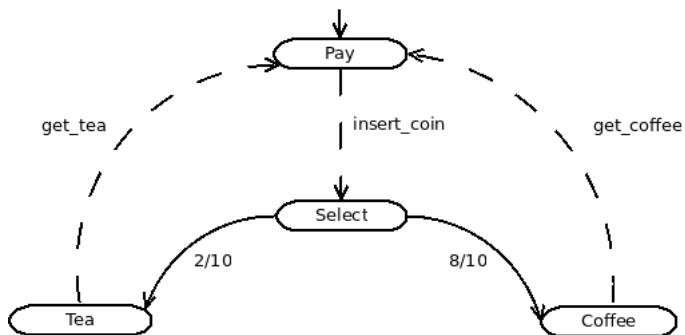


Figure – Un distributeur de boisson modélisé par une IMC.

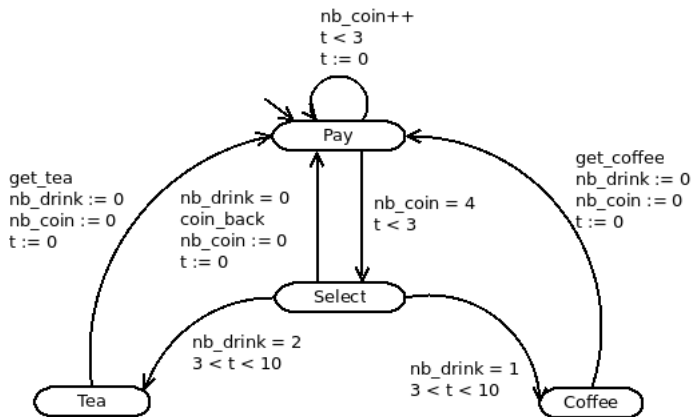


Figure – Un distributeur de boisson modélisé par un Ta étendu.

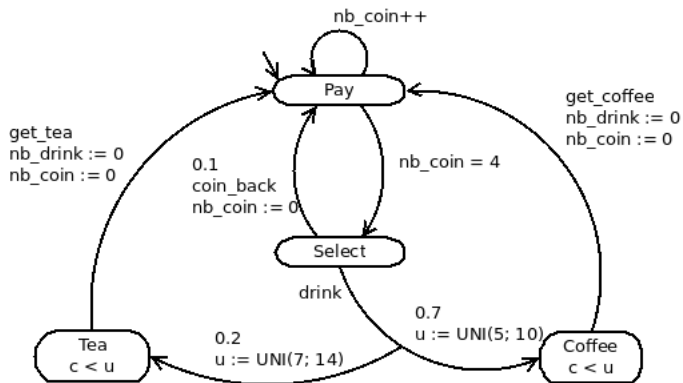


Figure – Un distributeur de boisson modélisé par un PTA.

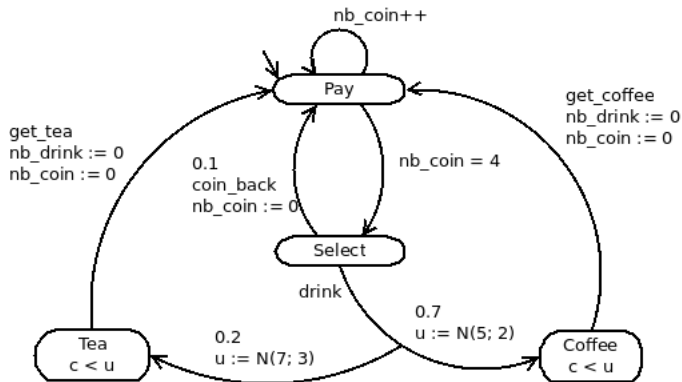


Figure – Un distributeur de boisson modélisé par un STA.