



Courtesy Laurent Chusseau

# Évaluation T0+24 MARMOTE

## MARkovian MOdeling Tools and Environments

<https://wiki.inria.fr/MARMOTE/Accueil>

# Contenu

Qui sommes-nous ?

Qu'avons-nous réalisé ?

Résultats théoriques

Échantillonnage

Simulation parallèle

xxx

Théorie

Résultats des applications

Résultats logiciels

Publications

Comment avons-nous travaillé ?

Qu'allons-nous faire ?

Intensifier l'ingénierie logicielle

Développer les applications

Communiquer

# 1

## Présentation

## Qui sommes-nous ?

Partenaires Institutionnels et leur « partner heads » :

- ▶ INRIA/MAESTRO : Alain Jean-Marie, coordinateur
- ▶ INRIA/DYOGENE (anc. TREC) : Ana Bušić
- ▶ INRIA/MESCAL : Bruno Gaujal
- ▶ Univ. Versailles-St-Quentin/PriSM : Jean-Michel Fourneau, co-coordonateur
- ▶ Telecom SudParis/SAMOVAR : Hind Castel-Taleb
- ▶ Univ. Paris-Est-Créteil/LACL : Nihal Pekergin
- ▶ Univ. Paris 6/LIP6 : Emmanuel Hyon

Spécialistes de la *modélisation Markovienne* et de ses applications en télécoms, systèmes distribués, fiabilité...

Issus de la même école : vocabulaire commun, travaux communs antérieurs...

# Que voulons-nous faire dans MARMOTE

## Objectifs du projet :

- ▶ Faire avancer les méthodes de résolution pour chaînes de Markov
  - ▶ échantillonnage exact de la distribution stationnaire (« simulation parfaite »)
  - ▶ simulation Monte Carlo parallèle
  - ▶ solutions à forme close et algorithmes de résolution de flots
  - ▶ simulation numérique : calcul de bornes, méthodes de transformées, ...
- ▶ Faire avancer les outils logiciels
- ▶ Tester le tout dans plusieurs cas d'application

2

Qu'avons-nous réalisé ?

# Résultats : échantillonnage exact (WP1)

## Échantillonnage exact : principe

Principe : simuler un ensemble de trajectoires, issues d'états initiaux différents, jusqu'à ce qu'elles **couplent**. La distribution de l'état à cet instant-là est la distribution stationnaire.

## Échantillonnage exact : défis

Deux paramètres influent sur la complexité algorithmique :

- ▶ contrôler **le nombre de trajectoires** à simuler
- ▶ contrôler **le temps de couplage** des trajectoires

# Échantillonnage exact (suite)

## Réalisations

Obtenues par C. Rovetta pendant sa première année de thèse

- ▶ un algorithme pour l'échantillonnage exact dans les réseaux de Jackson *fermés*<sup>a</sup>  
annoncé comme **objectif à risque plus élevé**

- ▶ toolbox Clones (CLOsed queueing Networks Exact Sampling) et publiées dans deux conférences (avec comité de lecture) en vue.

---

a. Les réseaux de Jackson sont un des modèles centraux de la théorie des files d'attente.



# Échantillonnage exact / simulation parallèle (WP2)

## Réalisations

- ▶ un algorithme d'échantillonnage exact pour les processus de naissance et de mort multidimensionnels avec transitions interdites
- ▶ un calcul de borne sur le temps de couplage pour cet algorithme
- ▶ un algorithme de simulation temps-parallèle d'une trajectoire (élément de base de l'échantillonnage exact) :  
« Catch me if you can ».

# Simulation parallèle (fin)

## Réalisations

- ▶ Simulation Parallèle pour l'analyse de la fiabilité modélisé par des Dynamic Fault Trees (pas dans la proposition initiale)
- ▶ Simulation Parallèle pour certains modèles spécifiées par *Stochastic Process Algebra* par l'approche dite du Parallel Prefix, conditions suffisantes d'application et méthodes de simulation
- ▶ Identification d'un goulot d'étranglement dans le simulateur OpenMP qui pénalise la simulation parallèle

# Résultats xxx

xxx : principe et défis

bla bla pédagogique

Réalisations

bla bla réalisations

# Théorie (WP4)

## Contexte 1 : bornes stochastiques

Les distributions de probabilité peuvent être comparées entre elles. Ces relations sont les **ordres stochastiques**.

Il est parfois possible d'étudier un système aléatoire en en construisant un autre dont les distributions sont plus grandes/petites que celles du système initial, et plus faciles à calculer.

## Réalisations

- ▶ Calcul de bornes pour des chaînes de Markov quelconques à l'aide de matrices de **petit rang**

# Théorie (suite)

## Contexte 2 : solutions à forme produit

Certaines classes de modèles de réseaux aléatoires ont une distribution stationnaire facile à calculer car à « forme produit ».

## Réalisations

- ▶ Solutions analytiques à forme close pour des réseaux de files d'attente avec signaux et algorithmes adaptés pour les calculs des distributions stationnaires

## Applications : WP5.1 (modèle de cloud)

### Modèle cloud : principe et défis

La description du **trafic** (arrivées de jobs, durées, ...) est obtenue sous forme de traces. Or :

- ▶ Faire correspondre statistiquement ces traces à des distributions introduit des erreurs
- ▶ Utiliser directement les histogrammes issus des traces conduit à une explosion combinatoire.

### Résultats

Algorithmes d'agrégation d'histogrammes,

- ▶ fournissant les meilleures *bornes stochastiques* possibles
- ▶ appliquées à des histogrammes de trafic considéré comme stationnaire ou « bursty »

Analyse d'une file d'attente simple et d'un réseau de files.

## Applications : autres

### Résultats pour les autres applications du WP5

- ▶ WP5.2 (apoptose) : simulation parallèle de processus biologiques simples
- ▶ WP5.4 (modèle de laser) : algorithmes d'échantillonnage de la distribution stationnaire d'une bande électronique ; méthode de décomposition temporelle
- ▶ WP5.5 (modèles en Économie) : preuve de la convergence d'algorithmes « best response » et « smoothed best response »

### Contributions dans des thèmes connexes à MARMOTE

- ▶ Analyse des méthodes de Restart par des résultats à forme produit

## Logiciel (WP3) : Contexte

### Logiciel : constat

Pas de bibliothèque logicielle permettant d'accéder facilement aux résultats des modèles classiques aussi bien qu'aux algorithmes avancés de résolution.

### Logiciel : principe

Réaliser un environnement logiciel **ouvert** reprenant les logiciels existants, capable d'accueillir les contributions de différents groupes de recherche, pour qu'il puisse se développer de façon **contributive**

### Logiciel : défis

- ▶ Diversité de logiciels : monolithique multifonctionnel/éclaté, langages de programmation divers, ...
- ▶ Diversité d'utilisateurs : développeur de méthodes (« bas niveau »), développeur d'applications (« haut niveau »)



## Logiciel : état de l'art

Au démarrage de MARMOTE, plusieurs logiciels d'analyse Markovienne développés par les membres :

- ▶ Psi, Psi3 (Inria/MESCAL)
- ▶ Xborne (UVSQ/PRiSM)
- ▶ ERS (Inria/MAESTRO)

Plan de travail en parallèle :

- ▶ Développer un logiciel-chapeau qui reprendra toutes ces fonctionnalités
  - ▶ d'abord en **encapsulant** les applications existantes
  - ▶ ensuite en **incorporant** leur code
- ▶ Poursuivre le développement indépendant de Psi3 et Xborne

# Logiciel : Xborne

## Réalisations

- ▶ Logiciel d'analyse d'une file soumis à un flux mesuré par une trace (bientôt disponible, sous matlab)
- ▶ Logiciel de résolution de réseaux de files d'attente modélisant des restart (en liaison avec Free Univ. Berlin)

# Logiciel : Psi3

## Réalisations

- ▶ Ajout dans Psi3 d'un noyau de simulation parallèle « multithreadée » .
- ▶ Extension de la bibliothèque de modèles dans Psi3 :
  - ▶ réseaux de Jackson avec buffers infinis,
  - ▶ marches aléatoires dans un réseau avec transitions interdites

# Logiciel : MARMOTE

## Réalisations

- ▶ Définition de l'architecture du logiciel MARMOTE
- ▶ Études de cas autour des *scientific workflow systems*
- ▶ Implémentation des objets de base à partir du logiciel ERS
- ▶ Interfaçage avec le logiciel Xborne (UVSQ/PriSM)

## Logiciel : MARMOTE (suite)

### Idée générale

- ▶ Hiérarchie de modèles Markoviens

On-Off **is a** Homogeneous Birth-Death **is a** General Birth-Death **is a** Quasi-Birth-Death **is a** Continuous-Time Markov Chain

- ▶ Familles de métriques

Distribution : stationnaire, transitoire, de temps d'atteinte, etc.

- ▶ Pour chaque modèle et chaque métrique, des méthodes de résolution (calcul exact, approché, bornes) adaptées.

⇒ les rendre accessibles par une API

## Logiciel MARMOTE (fin) : exemple de code

## Comparaison de calculs de la distribution stationnaire

```

// specific methods for F81a
Felsenstein81* c1 = new Felsenstein81(...);
Distribution* d1 = c1->stationaryDistribution();
Distribution* d2 = c1->simulateChain(...)->getDistribution();
// generic methods for MCs
MarkovChain* c2 = static_cast<MarkovChain*>(c1);
Distribution* d3 = c2->stationaryDistribution_GaussSeidel();
Distribution* d4 = c2->stationaryDistribution_PowerMethod();
Distribution* d5 = c2->stationaryDistribution_Xborne_LowBound();
Distribution* d6 = c2->replicateSamples_Psi3(...);
Distribution* d7 = c2->simulateChain(...)->getDistribution();
Distribution* d8 = c2->simulateChain2(...)->getDistribution();
// comparison
cout << "Distance L1(d1,d2) = " << d1->distanceL1(d2) << endl;

```

a. Felsenstein 81 est un modèle utilisé en bio-informatique

# Publications

## Quantitativement :

- ▶ 2 articles dans des revues internationales (*Queueing Systems*, *Stochastic Models*)
- ▶ ~15 dans des conférences internationales avec comité de lecture dont PERFORMANCE, MASCOTS, QEST, EPEW, VALUETOOLS

## Qualitativement :

- ▶ L'article de F. Ait Salaht, H. Castel, J.-M. Fourneau et N. Pekergin, «A bounding histogram approach for network performance analysis», a obtenu un des trois best paper award de la conférence IEEE HPCC 2013, Chine.

# 4

Comment l'avons-nous  
fait ?



## Comment

Nous avons recruté :

- ▶ Participation de Farah Ait Salaht, doctorante DIGITEO
- ▶ Participation de Pierre Coucheney (MCF, UVSQ/PRiSM ; T0+12)
- ▶ Recrutement de Christelle Rovetta, Doctorante (Inria/DYOGENE ; T0+11)
- ▶ Recrutement d'Issam Rabhi, Ingénieur WP3 (Inria/MAESTRO ; T0+11)
- ▶ Recrutement de Farah Ait Salaht, Post-Doctorante (TSP/SAMOVAR)
- ▶ Recrutement de Marion Dalle et Arnaud Panayotis, stagiaires (Inria/MESCAL) et deux autres stagiaires hors MARMOTE

⇒ 16% des ETP à T0+24.

## Comment (suite)

Nous avons organisé des groupes de travail :

- ▶ Groupes de travail pré-existants : contrôle optimal stochastique (LIP6, Inria/MAESTRO), ...
- ▶ WP2/WP5.x (réseaux, biologie, stochastic model checking) : Groupe de travail UPEC/LACL, UVSQ/PRiSM, TSP/SAMOVAR
- ▶ WP1/WP4 : Groupe de lecture hebdomadaire Inria/DYOGENE ; LIP6, TSP/SAMOVAR
- ▶ WP4/WP5.5 : Groupe de travail sur le Contrôle Stochastique avec financement du GDR RO (Recherche Opérationnelle) ; Paris, Inria/MAESTRO, Inria/MESCAL

## Comment (suite)

Groupes de travail, suite :

- ▶ WP5.4 : Mise en place d'un groupe de travail sur le modèle de laser ; Inria/MAESTRO
- ▶ WP5.5 : Mise en place d'un groupe de travail sur des modèles de « développement durable » en Économie ; LIP6, Inria/MAESTRO, EconomiX

Réunions plénières : janvier 2013, Octobre 2014, Juillet 2014.

## Comment (fin)

Nous avons réajusté le programme de travail

- ▶ WP2/WP5.3 : étude des Dynamic Fault Trees
- ▶ WP5.2 : Suite au départ des contacts biologie, changement de cible vers la modélisation de réactions (bio)chimiques

4

Qu'allons-nous faire ?

# Planning futur : logiciel

Accélérer sur le développement logiciel :

- ▶ Recrutement Ingénieur développement en cours (PSI3, Inria/MESCAL)
- ▶ Recrutement Post-Doctorant algorithmicien (UVSQ/PRiSM)
- ▶ Recrutement Ingénieur parallélisme en cours (UVSQ/PRiSM)
- ▶ Replanification de l'ingénierie :
  - ▶ concaténer les deux ingénieurs WP3 INRIA/MAESTRO,
  - ▶ mettre en place un GdT avec les ingénieurs INRIA/MESCAL et UVSQ/PRiSM
  - ▶ sortir une version  $0.\beta$  dans les premières semaines de 2015
  - ▶ développer les connexions avec le workflow management : plan d'expérience, visualisation de données, ...

## Planning futur : applications

Développer les applications :

- ▶ Développer l'application WP5.4 (Laser) dans le logiciel MARMOTE
- ▶ Développer les méthodes du contrôle Markovien dans le logiciel MARMOTE
- ▶ Poursuivre l'application « réseaux » (WP5.1) : développer des bornes pour le dimensionnement d'un cloud, et valider par des tests sur des plateformes réelles
  - ⇒ le post-doc a été recruté au 1/11/14
- ▶ Réorienter WP5.2 vers la modélisation de réactions (bio)chimiques :
  - ⇒ recrutement d'un post-doctorant Labex CHARMMAT

## Planning futur : applications (suite)

- ▶ Développer de nouveaux « use case »
    - ▶ modèle de gestion de l'énergie dans le cloud
    - ▶ modèle de gestion de l'énergie en télécoms : méthodes numériques pour les « Quasi-Birth-Death Processes »
    - ▶ modèle de contrôle de consommation : méthodes numériques pour Processus de Décision Markoviens
- ⇒ une façon d'intéresser d'autres collègues à MARMOTE



## Planning futur : communication

Commencer à diffuser le projet :

- ▶ Communiquer dans les conférences nationales : ROADEF 2015, ...  
Cette année en juin : communication bien reçue à l'Atelier en Évaluation de Performances, Sophia-Antipolis
- ▶ Communiquer à l'international : soumettre à VALUETOOLS, QEST, EPEW, SIGMETRICS, PERFORMANCE, MASCOTS, ...