

Projet ANR- 12-MONU-0019

MARMOTE

Outils et environnements de modélisation Markovienne

Programme Modèles Numériques 2013

A	IDENTIFICATION	2
B	LIVRABLES ET JALONS	2
C	RAPPORT D'AVANCEMENT.....	2
C.1	Objectifs initiaux du projet	2
C.2	Travaux effectués et résultats atteints sur la période concernée...2	2
C.3	Difficultés rencontrées et solutions	4
C.4	Faits et résultats marquants	4
C.5	Travaux spécifiques aux entreprises (le cas échéant).....	5
C.6	Réunions du consortium (projets collaboratifs)	5
C.7	Commentaires libres.....	6
D	VALORISATION ET IMPACT DU PROJET DEPUIS LE DEBUT	6
D.1	Publications et communications	7
D.2	Autres éléments de valorisation	9
D.3	Pôles de compétitivité (projet labellisés)	9
D.4	Personnels recrutés en CDD (hors stagiaires)	10
D.5	État financier.....	10
E	ANNEXES EVENTUELLES	10

Ce document est à remplir par le coordinateur en collaboration avec les partenaires du projet. Il doit être transmis par le coordinateur aux échéances prévues dans les actes attributifs :

- 1. à l'ANR*
- 2. aux pôles de compétitivité ayant accordé leur label au projet.*

L'ensemble des partenaires doit avoir une copie de la version transmise à l'ANR.

Il doit être accompagné d'un résumé public du projet mis à jour, conformément au modèle associé à ce document.

Ce modèle doit être utilisé uniquement pour le(s) compte(s)-rendu(s) intermédiaire(s) défini(s) dans les actes attributifs de financement, hors rapport T0+6 pour lequel il existe un modèle spécifique. Il existe également un modèle spécifique au compte-rendu final.

A IDENTIFICATION

Acronyme du projet	MARMOTE
Titre du projet	Outils et environnements de modélisation Markovienne
Coordinateur du projet (société/organisme)	Alain JEAN-MARIE Inria
Date de début du projet	1/01/2013
Date de fin du projet	31/12/2016
Labels et correspondants des pôles de compétitivité (pôle, nom et courriel du corresp.)	-
Site web du projet, le cas échéant	https://wiki.inria.fr/MARMOTE/Accueil

Rédacteur de ce rapport	
Civilité, prénom, nom	M. Alain JEAN-MARIE
Téléphone	06 78 17 10 75
Courriel	Alain.Jean-Marie@inria.fr
Date de rédaction	1er juillet 2015
Période faisant l'objet du rapport d'activité	1/01/2013 - 1/07/2015 (T0+30)

B LIVRABLES ET JALONS

Quand le projet en comporte, reproduire ici le tableau des jalons et livrables fourni au début du projet. Mentionner l'ensemble des livrables, y compris les éventuels livrables abandonnés, et ceux non prévus dans la liste initiale.

N°	Intitulé	Nature*	Date de fourniture			Partenaires (souligner le responsable)
			Prévue initialement	Replanifiée	Livrée	
	Version fonctionnelle du logiciel Marmote rendue publique ; (* version interne au projet)	Prototype	T0+21	T0+33	T0+30 (*)	<u>Inria/MAESTRO</u> , Inria/MESCAL, UVSQ/PRISM
	D'autres « jalons » prévus sont les Recrutements : voir section C.3.					

* jalon, rapport, logiciel, prototype, données, ...

C RAPPORT D'AVANCEMENT

C.1 OBJECTIFS INITIAUX DU PROJET

Maximum 10 à 20 lignes.

Il s'agit de réaliser un environnement logiciel consacré à la modélisation par les Chaînes de Markov. Une partie du projet sera dédié à la Simulation Parfaite, qui permet d'échantillonner les distributions stationnaires; une seconde partie développera la parallélisation de la simulation Monte Carlo; une troisième se consacrera aux méthodes de calcul numérique pour une large famille de processus Markoviens; le tout sera intégré dans un environnement de programmation permettant de spécifier les modèles et leur résolution. Plusieurs applications sont proposées dans différentes disciplines scientifiques: physique, biologie, économie, ingénierie des réseaux.

C.2 TRAVAUX EFFECTUES ET RESULTATS ATTEINTS SUR LA PERIODE CONCERNEE

Maximum 1 page. Travaux et résultats obtenus pendant la période concernée, conformité de l'avancement des travaux avec le plan initialement prévu. Prévision de travaux pour la (les) prochaine(s) période(s).

[Voir l'annexe E.1 pour les détails].

Dans le **WP 1**, nous avons mis au point un algorithme pour simuler les réseaux de Jackson ouverts avec capacité finie des files d'attente. Nous avons également conçu et analysé un algorithme qui combine la simulation parfaite et la méthode de rejet pour les marches aléatoires simples sur les grilles avec des arcs interdits.

Nous avons développé un algorithme pour la simulation parfaite des réseaux de files d'attente fermés, ce qui a été annoncé comme un des objectifs à « plus fort risque » liste dans la tâche 1.2. Ces résultats ont été ensuite généralisés à des files d'attente multiclasse.

Une approche adaptative pour le tirage des événements dans l'algorithme de la simulation parfaite a été proposée et illustrée sur l'exemple d'échantillonnage de Glauber des ensembles indépendants dans un graphe.

Dans le **WP 2**, les travaux de l'équipe de PRISM ont porté sur deux axes à chaque fois avec une publication : la simulation parallèle de Dynamic Fault Trees (avec le LACL) et la simulation parallèle de SAN et de « process algebra » Markovien. Ceux de MESCAL ont porté d'une part, sur l'identification de goulots d'étranglement dans la simulation *time parallel*, et d'autre part sur la technique dite *horizontal coupling*, et ont mené à la définition de l'algorithme « Catch me if you can ».

Pour le **WP 3**, la collecte des besoins et les expériences préliminaires ont abouti à la définition d'une architecture qui permettra d'inclure tels quels les programmes existant tout en proposant un ensemble d'outils pour développer leurs prochaines versions. Le développement du « cœur » de l'environnement est avancé. Une version beta de ce cœur sera distribuée avant T0+30. Les logiciels Psi1 et Psi3 ont été mis à jour. Les avancées théoriques sur la simulation parfaite des réseaux fermés ont été implémentées dans l'outil Matlab Clones qui a reçu le prix du meilleur outil logiciel dans une conférence internationale.

Deux ateliers logiciels ont été organisés. L'implémentation de certains des WP5 est en cours, et des équipes ont défini des nouveaux « use-case » pour un solveur Markovien et son environnement : dans les deux cas des modèles de gestion de l'énergie.

Dans le **WP 4**, les travaux de l'équipe de PRISM ont porté sur trois axes : la recherche de solution analytique à forme produit (avec LACL), les bornes stochastiques utilisant des matrices de rang faible (avec DYOGENE), les algorithmes pour les jeux stochastiques. Ces trois sujets ont tous l'objet d'au moins une publication. Les travaux de MAESTRO et LIP6 se concentrent sur la résolution du problème du contrôle du service dans une file avec impatience. Dans une nouvelle collaboration avec Sean Meyn (University of Florida), DYOGENE a étudié des schémas d'approximations par des MDP avec solution à forme close et des applications en réseaux d'énergie. Également, un modèle MDP pour des couplages dans un graphe biparti a été étudié et on a démontré un résultat d'optimalité asymptotique, avec regret borné.

Pour le **WP 5.1**, les travaux se poursuivent entre SAMOVAR, PRISM et le LACL sur la proposition d'une méthodologie combinant traces, mesures et bornes stochastiques afin d'obtenir des méthodes avec un compromis temps/précision. L'équipe a pu compter sur la présence de F. Ait-Salaht, doctorante sur le projet Marina de Digitéo puis recrutée par SAMOVAR dans le projet. Ces travaux ont fait l'objet de 3 publications dans des conférences internationales. D'autres soumissions sont en cours, en particulier pour une revue.

Pour le **WP 5.2**, PRISM (avec d'autres partenaires ne faisant pas partie du projet) a obtenu des résultats sur la parallélisation d'un simulateur de la cellule, mais nous nous orientons maintenant vers la simulation pour la biochimie pour avoir des contacts plus faciles avec nos collègues.

Pour le **WP 5.3** dans une collaboration LACL PRISM, nous avons utilisé l'approche développée dans la thèse de F. Ait Salaht pour analyser les arbres dynamiques de fautes (DFT). Un DFT est une formule logique décrivant la panne d'un système à partir des caractéristiques stochastiques et temporelles des pannes de ses composants. On cherche à généraliser la méthode sur des formules logiques plus générales pour la vérification des modèles probabilistes.

Dans le **WP 5.4**, l'analyse se concentre sur la décomposition temporelle du problème. La brique de base est alors un modèle dit « thermique » d'électrons se déplaçant dans une

bande d'énergie. MAESTRO d'intéresse aux propriétés analytiques de cette chaîne de Markov, et à son utilisation dans un modèle simplifié du laser, dont la comparaison avec le modèle détaillé est en cours.

Dans le cadre du **WP 5.5**, les contacts ont eu lieu entre LIP6 et des Économistes pour la capture d'un problème d'optimisation dynamique stochastique en gestion des risques environnementaux. Ils vont se poursuivre avec la participation de MAESTRO. Par ailleurs, MESCAL a montré comment utiliser les chaînes de Markov perturbées pour prouver la convergence des algorithmes « Best Response » et « Smoothed Best Response » vers les équilibres de Nash purs dans les jeux de potentiel.

C.3 DIFFICULTES RENCONTREES ET SOLUTIONS

Maximum 10 à 20 lignes. Difficultés éventuelles rencontrées et solutions de remplacement envisagées ex : impasse technique, abandon d'un prestataire, maîtrise des délais, maîtrise des budgets. Faut-il revoir le contenu du projet ? Faut-il revoir le calendrier du projet ?

La principale difficulté rencontrée jusqu'ici est celle du recrutement. Certains recrutements ont eu lieu à peu près comme prévu :

- Doctorante Inria/DYOGENE (WP1) à T0+11
- Post-Doctorante TSP/SAMOVAR (WP5.1) à T0+22.

D'autres recrutements ont été retardés de quelques mois, d'autres de beaucoup plus. Pour prendre en compte ces difficultés, et également prendre en compte les recommandations faites lors de l'évaluation à mi-parcours, le plan de marche a été revu :

- fusion des deux périodes d'ingénierie ING1 et ING2 pour Inria/MAESTRO,
- réécriture de la fiche de poste pour ING1 PRISM.

Plus précisément : dans le WP3, l'ingénieur I. Rabhi, recruté sur le poste ING Inria/MAESTRO comme responsable de l'architecture et du développement du WP3 (recruté à T0+10 et non T0+3) a eu son contrat prolongé de 18 à 30 mois. Ce retard de recrutement a entraîné celui d'autres recrutements d'ingénieurs qui dépendent de l'avancement du WP3. Ainsi, l'ING1 de UVSQ/PRISM a été embauché à T0+28 (au lieu de T0+9) pour le développement de l'outil Xborne (prolongeable). Il sera assisté d'un stagiaire pendant l'été 2015. Également, l'ING Inria/MESCAL a été recruté à T0+26 pour travailler sur l'outil PSI3. Le recrutement de ING de UPMC/LIP6 est prévu en 2016.

Tous les autres recrutements de post-doctorants et ingénieurs sont en retard, soit pour se focaliser sur les tâches d'ingénierie (Inria/MAESTRO), soit faute de candidat bien identifié (Inria/MESCAL, UVSQ/PRISM). Les participants concernés ont commencé la prospection avec pour but de recruter au plus tard à T0+36.

À T0+30, 35% des ETP ont été consommés. Sur la base des contrats en cours, 55% seront consommés à T0+36 et au moins 66% avant la fin du projet. Une attention spéciale sera donc portée au recrutement des 6 derniers postes pendant l'automne 2015.

C.4 FAITS ET RESULTATS MARQUANTS

En quelques lignes pour chaque fait ou résultat marquant. Cet élément pourrait donner lieu à communication, après accord du coordinateur du projet.

L'article de Farah Ait Salaht, Hind Castel, Jean-Michel Fourneau, et Nihal Pekergin, « A bounding histogram approach for network performance analysis », a obtenu un des trois best paper award de la conférence IEEE HPCC 2013, Zhangjiajie, Chine.

L'article de Pierre Coucheney, Stéphane Durand, Bruno Gaujal, Corinne Touati, « General Revision Protocols in Best Response Algorithms for Potential Games », a obtenu le second best paper award de la conférence IEEE Network Games, Control and Optimization

(NetGCoop), Oct 2014, Trento, Italie.

L'article de Anne Bouillard, Ana Bušić et Christelle Rovetta, « Clones: CLOsed queueing Networks Exact Sampling », a obtenu le best tool paper award à la conférence VALUETOOLS 2014 : 8th International Conference on Performance Evaluation Methodologies and Tools, Dec. 2014, Bratislava, Slovaquie.

C.5 TRAVAUX SPECIFIQUES AUX ENTREPRISES (LE CAS ECHEANT)

Sans objet dans MARMOTE

C.6 REUNIONS DU CONSORTIUM (PROJETS COLLABORATIFS)

Date	Lieu	Partenaires présents	Thème de la réunion
30/01/2013	Paris	Tous	Kickoff meeting
06/02/2013	Montpellier	Inria/MAESTRO	WP5.4 : modèle laser
06/02/2013	Versailles	PRISM, UPEC/LACL	WP 5.3 : model checking
28/02/2013	Versailles	PRISM, UPEC/LACL, TSP/SAMOVAR	WP 5.1 : dimensionnement réseaux
05/04/2013	Paris	Inria/MAESTRO, Inria/DYOGENE, UVSQ/PRISM	WP 3 : architecture logicielle WP 4 : bornes distributions
10/04/2013	Paris	Inria/MAESTRO, UPMC/LIP6	WP 4 : contrôle stochastique
11/04/2013	Versailles	UVSQ/PRISM, UPEC/LACL, TSP/SAMOVAR	WP 5.1 : dimensionnement réseaux
07/06/2013	Paris	Inria/DYOGENE, Inria/MAESTRO, UPMC/LIP6	WP 4: contrôle stochastique
12/06/2013	Versailles	UVSQ/PRISM, UPEC/LACL, TSP/SAMOVAR	WP 5.1 : dimensionnement réseaux
25/06/2013	Versailles	UVSQ/PRISM + Biologistes	WP 5.2 : modèles pour la cellule
01/07/2013	Créteil	UVSQ/PRISM, UPEC/LACL, TSP/SAMOVAR	WP 5.1 : dimensionnement réseaux
Périodiquement	Grenoble	Inria/MESCAL	WP 1, WP2
Périodiquement	Paris	Inria/DYOGENE, UPMC/LIP6	WP 4
09/13, 10/13, 11/13, 12/13, 02/14 (2 réunions), 03/14 (3), 04/14 (1)	Versailles et Créteil	UVSQ/PRISM, UPEC/LACL, TSP/SAMOVAR	WP 5.1 : dimensionnement réseaux
16/09/2013, 24/10/2013, 5/12/2013, 9/12/2013	Paris et Montpellier	Inria/MAESTRO, UPMC/LIP6	WP 4: contrôle stochastique
8-9/10/2013	Paris	Tous	Réunion Générale
2-3/12/2013	Grenoble	Inria/DYOGENE, Inria/MESCAL	WP 1 : simulation exacte, WP4
4/12/2013	Paris	UPMC/LIP6+ économistes	WP 5.5 : modèles stochastiques en Économie
30-31/01/2014	Grenoble	Inria/MAESTRO, Inria/MESCAL	WP 3: architecture logicielle
31/01/2014	Paris	Inria/DYOGENE, UPMC/LIP6	WP 4
4/02/2014	Paris	Inria/MAESTRO, UVSQ/PRISM	WP 3: architecture logicielle
12/02/2014	Paris	Inria/DYOGENE + Samovar	WP 1 : simulation exacte
19/02/2014	Montpellier	Inria/MAESTRO	WP 5.4 : modèle laser
18/04/2014, 30/06/2014	Paris	Inria/MAESTRO, UPMC/LIP6	WP 4 : contrôle stochastique
30/04/2014	Paris	UPMC/LIP6+ économistes	WP 5.5 : modèles stochastiques en Economie
30/06/2014	Montpellier	Inria/MAESTRO	WP 5.4 : modèle laser

Date	Lieu	Partenaires présents	Thème de la réunion
Hebdomadaire, 2014-2015	Paris	groupe de lecture Inria/DYOGENE, UPMC/LIP6, TSP/SAMOVAR	WP1 et WP4
9-10/07/2014	Grenoble	Tous	Réunion Générale
10/09/2014	Paris	Inria/MAESTRO, UPMC/LIP6	WP4 : contrôle stochastique
27-28/11/2014, 16/01/2015	Paris	Inria/MAESTRO, UPMC/LIP6	WP5.5 : modèles stochastiques en Économie
12/2014 et 01/2015	Paris	TSP/SAMOVAR, contacts Alcatel	WP 5.1 : validation du modèle Cloud
20/01/2015		Inria/MAESTRO, UPMC/LIP6	WP4 : contrôle stochastique
3/02/2015		Inria/MAESTRO, UPMC/LIP6	WP4 : contrôle stochastique
16-17/02/2015, 17/03/2015	Paris	Inria/MAESTRO, UPMC/LIP6	WP5.5 : modèles stochastiques en Économie
23/03/2015	Montpellier	Inria/MAESTRO, Inria/MESCAL	WP3 : atelier logiciel
2/04/2015	Créteil	UVSQ/PRISM, UPEC/LACL	WP 5.3 : model checking
14/04/2015	Versailles	UVSQ/PRISM, UPEC/LACL	WP 5.3 : model checking
22/04/2015	Montpellier	Inria/MAESTRO, UPMC/LIP6	WP4 : contrôle stochastique
23/04/2015	Versailles	UVSQ/PRISM, UPEC/LACL	WP 5.3 : model checking
20/05/ 2015	Versailles	UVSQ/PRISM, UPEC/LACL	WP 5.3 : model checking
28-29/05/2015	Montpellier	Tous	Réunion Générale
19/06/2015	Paris	TSP/SAMOVAR, UPMC/LIP6	WP 5.1 et WP4 : contrôle stochastique pour le Cloud
30/06/2015	Créteil	UVSQ/PRISM, UPEC/LACL, Inria/MESCAL, TSP/SAMOVAR	WP 5.3, WP 2
Réunions prévues :			
07/2015	Grenoble	Inria/MESCAL, Inria/DYOGENE	WP1 et WP3
09/2015	Paris	Inria/MAESTRO, Inria/MESCAL, UVSQ/PRISM	WP3: atelier logiciel
01/2016	Paris	Tous	Réunion Générale

C.7 COMMENTAIRES LIBRES

Commentaires du coordinateur

Commentaire général à l'appréciation du coordinateur, sur l'état d'avancement du projet, les interactions entre les différents partenaires...

Néant

Commentaires des autres partenaires

Éventuellement, commentaires libres des autres partenaires

Néant

Question(s) posée(s) à l'ANR

Éventuellement, question(s) posée(s) à l'ANR...

Néant

D VALORISATION ET IMPACT DU PROJET DEPUIS LE DEBUT

Cette partie rassemble des éléments cumulés depuis le début du projet qui seront suivis tout au long de son avancée, et repris dans son bilan final.

D.1 PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

Citer les publications résultant du projet en utilisant les normes habituelles du domaine. Si la publication est accessible en ligne, préciser l'adresse. L'ANR encourage, dans le respect des droits des co-auteurs et des éditeurs, à publier les articles résultant des projets qu'elle finance dans l'archive ouverte pluridisciplinaire HAL : <http://hal.archives-ouvertes.fr/>

Attention : éviter une inflation artificielle des publications, mentionner uniquement celles qui résultent directement du projet (postérieures à son démarrage, et qui citent le soutien de l'ANR et la référence du projet).

Liste des publications multipartenaires (résultant d'un travail mené en commun)		
International	Revue à comité de lecture	<ol style="list-style-type: none"> 1. A. Bušić, S. Durand, B. Gaujal, and F. Perronnin, "Perfect Sampling of Jackson Queuing Networks". <i>Queueing Syst.</i> 80(3): 223-260. 2015 (MESCAL+DYOGENE, WP1). 2. A. Bušić, J.-M. Fourneau, M. Ben Mamoun, "Stochastic bounds with a low rank decomposition", <i>Stochastic Models</i>. 2014, V30, N4, pp 494-520, (DYOGENE+PRISM, WP4).
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2.
	Communications (conférence)	<ol style="list-style-type: none"> 1. F. Aït-Salaht, H. Castel-Taleb, J.-M. Fourneau, and N. Pekergin, "Stochastic Bounds and Histograms for Network Performance Analysis", EPEW 2013, 10th European Workshop on performance engineering, Venice, Italy, September 2013 (SAMOVAR+PRISM+LACL, WP5.1). 2. F. Aït-Salaht, H. Castel-Taleb, J.-M. Fourneau, and N. Pekergin, "A bounding histogram approach for network performance analysis", IEEE HPCC 2013, China, best paper award (SAMOVAR+PRISM+LACL, WP5.1). 3. F. Aït-Salaht, J.-M. Fourneau, and N. Pekergin: "Computing Bounds of the MTTF for a Set of Markov Chains". ISICIS 2013: pp 67-76, Springer (SAMOVAR+PRISM+LACL, WP4). 4. F. Aït-Salaht, H. Castel-Taleb, J.-M. Fourneau and N. Pekergin, « Une approche combinant bornes stochastiques, traces et histogrammes pour l'analyse de performance des réseaux », MSR 2013, Inria Rennes, France, 13-15 novembre 2013. Article publié dans JESA (voir infra) (SAMOVAR+PRISM+LACL, WP5.1). 5. F. Aït-Salaht, H. Castel-Taleb, J.-M. Fourneau, and N. Pekergin, "Modeling networks and active queues management with stochastic bounds and histograms", VECOS 2013, 7th International Workshop on Verification and Evaluation of Computer and Communication Systems Florence, Italy November 21-22, 2013 (SAMOVAR+PRISM+LACL, WP5.1). 6. T. H. Dao Thi, J.-M. Fourneau and M.-A. Tran. "Network of Queues with Inert Customers and Signals", Valuetools 2013 (PRISM et LACL, WP4). 7. A. Bušić, J.-M. Fourneau, and M. Ben Mamoun, "Stochastic bounds with a low rank decomposition", 8th International Conference on Matrix Analytic Method, 2014, India (DYOGENE+PRISM, WP4). 8. T.H. Dao Thi, J.M. Fourneau, N. Pekergin, F. Quessette, "Time Parallel Simulation for Dynamic Fault Trees", ISICS 2014, Springer, Cracovie (PRISM+LACL, WP2). 9. P. Coucheney, S. Durand, B. Gaujal and C. Touati, "General Revision Protocols in Best Response Algorithms for Potential Games", Network Games, Control and Optimization (NetGCoop), Trento, Italy, Oct. 2014 (MESCAL+PRISM, WP 5.4). 10. J.-M. Fourneau and N. Pekergin, "A Numerical Analysis of Dynamical Fault Trees based on Stochastic Bounds", QEST 2015, 12th IEEE Int. Conference on Quantitative Evaluation of Systems (PRISM+LACL, WP 5.3).
France	Revue à comité de lecture	<ol style="list-style-type: none"> 1. F. Aït-Salaht, H. Castel-Taleb, J.-M. Fourneau, et N. Pekergin, « Une approche combinant bornes stochastiques, traces et histogrammes pour l'analyse de performance des réseaux », MSR 2013 (voir supra), Journal Européen des Systèmes Automatisés - JESA (SAMOVAR+PRISM, WP 5.2).
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2.
	Communications (conférence)	<ol style="list-style-type: none"> 1. J.-M. Fourneau, F. Aït-Salaht, H. Castel-Taleb, et N. Pekergin, « Bornes sur les histogrammes et équation de Loynes pour l'analyse rapide d'une file FIFO », ROADEF 2014, 26-28 février 2014, Bordeaux (SAMOVAR+PRISM+LACL, WP4). 2. F. Aït-Salaht, J.M. Fourneau, H. Castel-Taleb, et N. Pekergin, « Approche par bornes stochastiques et histogrammes pour l'analyse de performance des réseaux », 10^{ème} Atelier en Évaluation de Performances, Inria Sophia Antipolis, 11-13 juin

		2014 (SAMOVAR+PRISM+LACL, WP4).
Actions de diffusion	Articles de vulgarisation	1. 2.
	Conférences de vulgarisation	1. 2.
	Autres	1. 2.

Liste des publications monopartenaires (impliquant un seul partenaire)		
International	Revue à comité de lecture	1. P. Ballarini, B. Barbot, M. Duflot, S. Haddad, and N. Pekergin. HASL: A new approach for performance evaluation and model checking from concepts to experimentation, Performance Evaluation, Aug. 2015 (LACL, WP 5.3).
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage	1. 2.
	Communications (conférence)	<ol style="list-style-type: none"> 1. S. Durand, B. Gaujal, F. Perronnin, and J.-M. Vincent, "A perfect sampling algorithm of random walks with forbidden arcs", QEST 2014, 11th International Conference on Quantitative Evaluation of Systems (MESCAL, WP1). 2. T.-H. Dao-Thi, J.-M. Fourneau, and F. Quessette: "Time-Parallel Simulation for Stochastic Automata Networks and Stochastic Process Algebra". ASMTA 2014: 140-15 (PRISM, WP2). 3. D. Auger, P. Coucheney, and Y. Strobecki, "Finding Optimal Strategies of Almost Acyclic Simple Stochastic Games", Theory and Applications of Models of Computation, pp. 67–85, 2014, Springer (PRISM, WP5.5). 4. P. Amar, M. Baillieul, D. Barth, B. Le Cun, F. Quessette and Sandrine Vial, "Parallel biological in silico simulation", ISCIS 2014, Springer, Cracovie (PRISM, WP5.2). 5. A. Bouillard, A. Bušić, and C. Rovetta. "Perfect sampling for closed queueing networks". Performance'2014: 32nd International Symposium on Computer Performance, Modeling, Measurements and Evaluation 2014, with proceedings in Performance Evaluation Journal (DYOGENE, WP1). 6. S. Meyn, P. Barooah, A. Bušić, and J. Ehren. "Ancillary service to the grid from deferrable loads: the case for intelligent pool pumps in Florida". CDC 2013, 52st IEEE Conference on Decision and Control (Invited) (DYOGENE, WP4). 7. F. Ait-Salaht and H. Castel-Taleb, "The threshold based queueing system with hysteresis for performance analysis of clouds", IEEE CITS2015, The 2015 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems, July 15-17 2015, Gijon, Spain (SAMOVAR, WP5.2). 8. J.-M. Fourneau and K. Wolter, "Mixed Networks with Multiple Classes of Customers and Restart", ASMTA 2015, 22nd International Conference on Analytical and Stochastic Modelling Techniques and Applications, Bulgaria, Springer Lecture Notes in Computer Science, V 9081, pp. 73–86 (PRISM, WP4). 9. N. Avcu, N. Pekergin, F. Pekergin, and C. Guzelis, "Numerically Efficient Analysis of a One-Dimensional Stochastic Lac Operon Model", ISCIS 2015 (LACL, WP 5.2). 10. N. Avcu, N. Pekergin, F. Pekergin, G. Demir, and C. Guzelis, "Coexistence of deterministic and stochastic bistability in a 1-D birth-death process with Hill type nonlinear birth rates", Interdisciplinary Symposium on Complex Systems (ISCS14), Emergence, Complexity, Computation. Springer, sept. 2014 (LACL, WP 5.2). 11. B. Gaujal and P. Mertikopoulos, "A Distributed Stochastic Approximation Algorithm for Stochastic Semidefinite Programming", invited paper for the special issue of the journal: Probability in Engineering and Informational Sciences, in the honor of E. Gelenbe, London, Sept. 2015 (MESCAL, WP5.5). 12. A. Bouillard, A. Bušić, and C. Rovetta, "Perfect sampling for multiclass closed queueing networks", QEST 2015, 12th IEEE Int. Conference on Quantitative Evaluation of Systems (DYOGENE, WP1). 13. A. Bouillard, A. Bušić, and C. Rovetta, "Clones: CLOsed queueing Networks Exact Sampling", VALUETOOLS 2014, 8th International Conference on Performance Evaluation Methodologies and Tools (Best tool paper award) (DYOGENE, WP1/ WP3). 14. R. Varloot, A. Bušić, and A. Bouillard, "Speeding up Glauber Dynamics for Random Generation of Independent Sets", ACM SIGMETRICS 2015: 461-462. Extended version: http://arxiv.org/abs/1504.04517 (DYOGENE, WP1). 15. A. Bušić and S. Meyn, "Approximate optimality with bounded

		regret in dynamic matching models”, MAMA 2015, Workshop on MATHematical performance Modeling and Analysis of ACM SIGMETRICS 2015. Extended version: http://arxiv.org/abs/1411.1044 (DYOGENE, WP4).
France	Revue à comité de lecture	1. 2.
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage	1. 2.
	Communications (conférence)	1. S. Durand, « A perfect sampling algorithm of random walks with forbidden arcs », 10 ^{ème} Atelier en Évaluation de Performances, Inria Sophia Antipolis, 11-13 juin 2014 (MESCAL, WP1). 2. M. Dalle, J.-M. Vincent, et F. Perronnin, « Catch me if you can », 10 ^{ème} Atelier en Évaluation de Performances, Inria Sophia Antipolis, 11-13 juin 2014 (MESCAL, WP2). 3. A. Bouillard, A. Bušić, et C. Rovetta, « Simulation parfaite dans un réseau fermé de files d'attente », 10 ^{ème} Atelier en Évaluation de Performances, Inria Sophia Antipolis, 11-13 juin 2014 (DYOGENE, WP1).
Actions de diffusion	Articles de vulgarisation	1. 2.
	Conférences de vulgarisation	1. 2.
	Autres	1. 2.

D.2 AUTRES ELEMENTS DE VALORISATION

Liste des éléments. Préciser les titres, années et commentaires	
Brevets internationaux obtenus	1. 2.
Brevet internationaux en cours d'obtention	1. 2.
Brevets nationaux obtenus	1. 2.
Brevet nationaux en cours d'obtention	1. 2.
Licences d'exploitation (obtention / cession)	1. 2.
Créations d'entreprises ou essaimage	1. 2.
Nouveaux projets collaboratifs	1. Inria/DYOGENE a organisé un groupe de lecture sur les thématiques du WP1 et WP4 avec une fréquence d'environ 2 heures / semaine (d'octobre 2013 à juin 2015). Page web : http://www.di.ens.fr/~bouillar/GdLSim/ . Participants : Inria/DYOGENE (A. Bouillard, A. Bušić, C. Rovetta), UPMC/LIP6 (E. Hyon), TSP/SAMOVAR (J. Jakubowicz). Nous avons également eu des participants et des orateurs extérieurs au projet (autres membres de DYOGENE et LIP6, mais aussi Alcatel Lucent-Bell Labs, ENS Paris, Télécom ParisTech, et University of Florida). 2. Inria/DYOGENE (A. Bušić) et UPMC/LIP6 (E. Hyon) ont créé un groupe de travail sur le Contrôle Stochastique avec financement du GDR RO (Recherche Opérationnelle). Site web: http://qdrro.lip6.fr/?q=node/78 . Ce groupe a organisé une réunion le 14/11/2014. Deux autres réunions sont prévues en 2015.
Colloques scientifiques	1. Inria/MAESTRO a organisé le 10 ^{ème} Atelier en Évaluation de Performances, à Sophia Antipolis, 11-13 juin 2014. Il s'agit d'un colloque à l'intention des jeunes chercheurs. À cette occasion, plusieurs participants à MARMOTE ont donné des exposés (voir supra), et une présentation du projet logiciel de MARMOTE (WP3) a été faite. Actes dans HAL : http://hal.inria.fr/hal-01010767 . 2. Inria/MESCAL a organisé une journée InTech (rencontres Inria/industrie) sur le thème de la théorie des jeux (WP4 ; WP5.5), à Grenoble le 30 juin 2015. Site web : http://www.inria.fr/centre/grenoble/agenda/seminaire-in-tech-la-theorie-des-jeux .
Autres (préciser)	1. 2.

D.3 POLES DE COMPETITIVITE (PROJET LABELLISES)

Sans objet dans MARMOTE

D.4 PERSONNELS RECRUTES EN CDD (HORS STAGIAIRES)

Identification				Avant le recrutement sur le projet			Recrutement sur le projet			
Nom et prénom	Sexe H/F	Adresse email (1)	Date des dernières nouvelles	Dernier diplôme obtenu au moment du recrutement	Lieu d'études (France, UE, hors UE)	Expérience prof. antérieure (ans)	Partenaire ayant embauché la personne	Poste dans le projet (2)	Date de recrutement	Durée missions (mois) (3)
RABHI Issam	H	Issam.Rabhi@inria.fr		Doctorat	Tunisie puis France (Clermont Ferrand)	5 (3 ans doctorat + 2 ans ATER)	Inria/MAESTRO	Ingénieur architecte et développement	1/11/2013	18
ROVETTA Christelle	F	Christelle.Rovetta@inria.fr		Master(*)	France	3 (ingénierie)	Inria/DYOGENE	Doctorante	1/12/2013	36
AIT SALAHT Farah	F	farah.ait_salaht@telecom-sudparis.eu		Doctorat	Algérie puis France (Versailles)	3 (doctorat)	TSP/SAMOVAR	Post-Doctorante	1/11/2014	12
VEKRIS Dimiti	H	dive@prism.uvsq.fr		Doctorat	Grèce puis France (Créteil)	3 (doctorat)	UVSQ/PRISM	Ingénieur	1/4/2015	6
BRIOT Benjamin	H	Benjamin.Briot@inria.fr		Master (**)	France (Grenoble)	2 (ingénierie)	Inria/MESCAL	Ingénieur	1/2/2015	12
DAHMOU NE Mohamed	H	mohamed.dahmoune@lacl.fr		Doctorat	Algérie puis France (Créteil)	4(3 ans doctorat+ 1 an ATER)	UPEC/LACL	Post-Doctorant	1/2/2015	12

(*) Master 2 Sécurité de l'Information et Cryptologie, parcours Mathématiques, Cryptologie, Codages et Applications, Université de Limoges.

(**) Master 2 Recherche en Informatique MOSIG, Parcours international: Distributed, Embedded, Mobile, Interactive and Parallel Systems, Université Joseph Fourier, Grenoble.

D.5 ÉTAT FINANCIER

Donner un état indicatif de la consommation des crédits par les partenaires. Indiquer la conformité par rapport aux prévisions et expliquer les écarts significatifs éventuels.

Nom du partenaire	Crédits consommés (en %)	Commentaire éventuel
Inria/MAESTRO	46,0	
Inria/DYOGENE	37,4	Dépenses engagées > 80%
Inria/MESCAL	28,8	
UVSQ/PRISM	19,7	
TSP/SAMOVAR	36,8	
UPEC/LACL	23,3	Dépenses engagées > 50%
UPMC/LIP6	12	

E ANNEXES EVENTUELLES

E.1 PROGRES DANS LE PROGRAMME SCIENTIFIQUE

Dans le **WP 1**, nous avons mis au point un algorithme pour simuler les réseaux de Jackson ouverts avec capacité finie des files d'attente. Notre algorithme précédent ne pouvait fonctionner que dans le cas où le réseau à capacité infinie correspondant était stable. Nous avons développé un nouvel algorithme pour résoudre les équations de trafic dans le cas instable avec une complexité optimale (en $O(N^3)$). Ceci permet d'identifier les files instables et les éliminer pour la partie inverse de la simulation. Elles sont ré-insérées pour la partie directe

de la simulation. Cette technique permet un gain substantiel par rapport aux méthodes précédentes.

Nous avons également conçu un algorithme qui combine la simulation parfaite et la méthode de rejet pour les marches aléatoires simples sur les grilles avec des arcs interdits. Nous donnons une analyse de complexité de cet algorithme. Ces travaux vont se poursuivre sur les marches aléatoires non uniformes avec R. Righter (U. Berkeley).

Inria/DYOGENE a développé un algorithme pour simuler des réseaux de files d'attente fermés, ce qui a été annoncé comme un des objectifs à « plus fort risque » listé dans la tâche 1.2. Cette méthode est fondée sur une représentation plus compacte de l'espace d'états, évitant de considérer toute condition initiale dans le schéma de couplage depuis le passé. Cela réduit la complexité de calcul d'une transition dans l'algorithme (de $O(M^K)$ à $O(K.M)$, avec K le nombre de files et M le nombre de clients dans le système).

Ce travail a été en grande partie effectué par la doctorante Christelle Rovetta, recrutée par le projet, et a donné lieu à une publication dans une conférence internationale avec actes dans une revue internationale. Ces travaux ont ensuite été généralisés à des files d'attente multiclasse (avec une publication dans une conférence internationale QEST).

Inria/DYOGENE a également proposé une approche adaptative pour le tirage des événements dans l'algorithme de la simulation parfaite. Cette nouvelle approche a été illustrée sur l'exemple d'échantillonnage de Glauber des ensembles indépendants dans un graphe.

Dans le **WP 2** (simulation parallèle) et en liaison avec le **WP 5.2** (applications pour la biologie) nous avons travaillé sur l'approche SSA (dite aussi algorithme de Gillespie) et sa parallélisation. Il y a eu également des discussions avec des collègues biologistes pour le **WP 5.2** (voir infra).

Toujours dans le WP 2, nous avons analysé l'impact de la granularité de la « Slotted Time-parallel simulation » sur un simulateur OpenMP existant. Résultat: nous avons identifié un *bottleneck* qui ralentit l'exécution par rapport à la simulation séquentielle quelle que soit la granularité. En cause, la gestion de l'accès aux objets partagés. Les pistes à explorer sont l'implémentation OpenMP, la compilation etc.

Également, nous avons étudié la technique du « horizontal coupling of Markov chains ». Un nouvel algorithme de simulation parallèle « catch me if you can » pour les chaînes de Markov a été développé. L'idée de base est de ne pas arrêter les processeurs à la fin d'un slot si leur trajectoire n'a pas couplé avec une autre. Les comparaisons se font donc à chaque instant, et non aux fins de slots. Cet algorithme a été testé sur un prototype et validé. L'analyse de sa complexité a aussi été validée expérimentalement. Les travaux à venir consistent en la mise au point de l'algorithme et le développement parallèle de celui-ci dans le logiciel PSI.

Le noyau de simulation parallèle peut maintenant faire de la génération parallèle de trajectoires indépendantes de longueur finie, avec garantie de reproductibilité de n'importe quelle portion de trajectoire. Ceci a été obtenu par la mise en œuvre du générateur de flux de nombres aléatoires parallèles de L'Ecuyer.

Plusieurs stagiaires ont été recrutés dans ce WP, sur financement MARMOTE : 1) Arnaud Panayotis, stage TER sur « Slotted Time-parallel simulation » (de Fujimoto & Nicol) sur l'étude de l'impact de la granularité sur temps d'exécution parallèle ; 2) Marion Dalle (stage M1, 12 mai- 31 août 2013) : implémentation et mise au point d'un nouvel algorithme de simulation parallèle de chaînes de Markov.

Dans ce WP 2, les travaux de l'équipe de PRiSM ont porté sur deux axes : la simulation parallèle de Dynamic Fault Trees et la simulation parallèle de SAN et de « process algebra » Markoviens.

Le premier point est une application de la méthode de simulation parallèle monotone, décrite précédemment par l'équipe de PRiSM, pour l'analyse des Dynamic Fault Trees, un des modèles les plus courant pour l'analyse de la fiabilité, ce qui donne un domaine supplémentaire d'application à nos techniques. Il faut adapter la méthode car certaines portes du DFT ne sont pas monotones. Ce travail a été réalisé avec l'équipe du LACL. Par ailleurs nous avons

commencé à développer un prototype avec Karim Lounis, stagiaire M2 Sécurité Informatique de Créteil, rémunéré par Marmote.

Le second point est une application de la technique de simulation parallèle utilisant le « parallèle préfix » pour le calcul d'un opérateur associatif à des spécifications d'un système Markovien décrite par des SAN ou des SPA (par exemple PEPA).

Dans le **WP 3** (environnement logiciel), le travail d'ingénierie n'a pu vraiment débuter qu'avec le recrutement de l'ingénieur Issam Rabhi dans Inria/MAESTRO à T0+10 au lieu de T0+3 comme prévu initialement. La capture des spécifications de l'environnement a été faite au moyen de visites dans les équipes qui développent actuellement des logiciels. A partir de là, une architecture qui « respecte » ces développements a été définie, et le développement du cœur du logiciel a débuté. A T0+29, une version beta du logiciel a été fournie à tous les partenaires du projet (ce jalon était initialement prévu à T0+21) ; elle devrait être rendue publique à l'automne 2015. Parallèlement, des expériences ont été effectuées avec deux *workflow management systems* afin de s'assurer que le logiciel disposera d'une interface utilisateur pour scientifiques non-spécialistes de la programmation. Également, la possibilité d'interfacer le logiciel Marmote et le système R a été explorée.

L'équipe Inria/MESCAL a implémenté des améliorations des logiciels PSI1 (qui est en cours d'intégration dans le cœur du logiciel Marmote) et PSI3. Pour ce dernier, le concept d'événements a été généralisé, le logiciel a été porté sur les systèmes Linux, MacOS, Windows et une documentation a été rédigée.

L'équipe Inria/DYOGENE a développé une toolbox Matlab, appelée Clones (CLOsed queueing Networks Exact Sampling), disponible en ligne sur: <http://www.di.ens.fr/~rovetta/Clones/>. Cette implémentation a reçu best tool paper award à la conférence VALUETOOLS 2014. Nous sommes en train de développer une nouvelle version de cet outil (dans Phyton), qui prendra en compte les nouveaux résultats théoriques sur la simulation parfaite des réseaux fermés de files d'attente dans la partie WP1. Inria/DYOGENE et Inria/MESCAL sont en train d'étudier la possibilité de faire une interface entre Clones et PSI3.

Enfin, dans l'équipe UPMC/LIP6, Camille Leuregans (stagiaire L3 Université Paris Ouest Nanterre) a travaillé à l'élaboration (recueil des besoins, segmentation des publics, éléments pour interaction web simple des solveurs) d'un site vitrine pour le logiciel du projet Marmote.

Ces réalisations logicielles ont fait l'objet d'un atelier logiciel lors de la dernière réunion générale du projet. D'autres séances de cet atelier sont en cours de programmation.

Concernant le **WP 4** (résultats théoriques), PRISM a collaboré avec le LACL sur la recherche de solutions analytiques à forme produit, et avec le projet DYOGENE sur les bornes stochastiques utilisant des matrices de rang faible.

Le premier point a permis de dégager le concept de clients inertes qui ne font que bloquer un serveur (pour une file LIFO) ou diminuer sa vitesse (pour une file PS). Comme dans d'autres files à signaux, les clients normaux peuvent devenir ces clients exceptionnels après un service. On peut donc modéliser des serveurs dont la puissance varie, suite à un contrôle d'une autre partie du réseau. Une autre application consiste à changer la nature d'une file en y envoyant que des clients inertes (que l'on pourra retirer grâce à d'autres signaux). La file se comporte alors comme un compteur puisqu'il n'y a plus de service. L'équipe UVSQ/PRISM a également publié un nouveau résultat sur les files avec des mécanismes de restart ayant une solution stationnaire à forme produit. Un signal restart fait redémarrer le service dans une file en changeant éventuellement la classe du client et donc sa distribution de service. Le résultat a été obtenu sous des hypothèses originales : une partie du réseau est fermé et on peut utiliser une file de type Server Infini. Cela pose des nouvelles questions théoriques sur les files à signaux : propriété PASTA, méthode MVA pour une composante fermée.

Le second point concerne les matrices stochastiques de rang faible. Comme dans d'autres problèmes de nature algébrique, les équipes de PRISM et de DIOGENE ont prouvé des algorithmes de calculs dont la complexité dépend du rang plutôt que de la taille. Nous avons ensuite proposé deux algorithmes pour borner une matrice quelconque par une matrice de faible rang.

Toujours dans le WP4, PRiSM a étudié le problème suivant. Le problème du calcul de la valeur pour un jeu à tour de rôle avec des objectifs d'atteignabilité, aussi connus comme « simple stochastic games », est un des rares problèmes dans NP \ coNP dont on ne sait pas s'ils sont dans P. However, there are some cases where these games can be easily solved, as for instance when the underlying graph is acyclic. In this work, we try to extend this tractability to several classes of games that can be thought of as "almost" acyclic. We give some fixed parameter tractable or polynomial algorithms in terms of different parameters such as the number of cycles or the size of the minimal feedback vertex set.

Dans une collaboration avec Sean Meyn (U. of Florida), Inria/DYOGENE a étudié des schémas d'approximations par des MDP avec solution à forme close et des applications en réseaux d'énergie. Ce travail a donné lieu à une publication dans une conférence internationale et un article revue acceptée. Toujours en lien avec WP4 (contrôle stochastique) et WP5 (applications), cette collaboration a donné lieu à trois autres publications sur les applications en énergie.

Nous avons également étudié un modèle markovien à décision pour un problème de files d'attente où le service est remplacé par les appariements instantanés entre les classes compatibles (et décrit par une politique d'appariements). Nous avons démontré un résultat d'optimalité asymptotique, avec regret borné, sous une hypothèse de « heavy-traffic ».

S. Meyn a également donné un tutoriel à Paris (DYOGENE + LIP6 + SAMOVAR) et à Grenoble (MESCAL) sur les méthodes d'approximation stochastique.

Dans le **WP5.1** (application au *Cloud*), nous avons poursuivi l'analyse des files d'attente avec loi d'arrivée et de service générales (non exponentielles), décrites par des histogrammes de traces de trafic réelles. On généralise le trafic à un trafic non stationnaire du type SBBP (Switched bath Bernoulli process) en temps discret. Un modèle a été réalisé afin de représenter le trafic selon trois phases : trafic faible, moyen, et intense. La représentation du trafic se fait par l'histogramme de trafic à chaque phase associé à la matrice de transition décrivant la probabilité de transition d'une phase à une autre. L'analyse de ce système par l'étude de l'équation d'évolution est très difficile si on utilise l'histogramme exact, à cause de la taille de l'espace d'état, qui se complexifie encore plus si l'on considère différentes phases de trafic.

Nous proposons des bornes stochastiques basées sur l'ordre fort (noté $<st$) de façon à définir des histogrammes bornants (supérieur et inférieur), de taille plus petite que l'histogramme exact. Ces histogrammes bornants sont obtenus à partir d'un algorithme de programmation dynamique (qui a été développé précédemment, et permettant d'obtenir des histogrammes optimaux par rapport à une fonction de coût croissante). Ainsi, nous contrôlons la taille des distributions ainsi que la qualité des mesures de performance (temps de réponses, probabilités de blocage, longueur des files).

Pour appliquer les méthodes de bornes à l'analyse des performances de ce système, nous avons démontré la monotonie des mesures de performances en fonction des histogrammes d'entrée. D'une manière plus précise, nous montrons qu'à chaque phase, si les histogrammes de trafic sont comparables, alors le nombre de clients est comparable. Cela implique la comparaison de mesures de performances telles que les probabilités de blocage.

Les résultats numériques nous ont permis de montrer l'influence du nombre d'états plus ou moins grand des histogrammes bornants agrégés sur la qualité des résultats, et les temps de calculs qui sont particulièrement longs pour le système exact. Ainsi l'intérêt de notre approche est que la méthode de bornes fournit un encadrement très intéressant et cela en un temps de calcul assez court.

Suite au recrutement de Farah Ait Salaht comme post-doctorante à Télécom SudParis, nous avons travaillé sur l'application de ces techniques à un réseau de type *cloud* où les demandes à l'entrée du réseau sont variables, représentées par un trafic sporadique. Spécifiquement, nous avons travaillé sur les modèles de files d'attente de type « hystérésis », dépendants du nombre de clients dans le système. Il s'agit d'une file multi-serveur où les serveurs s'activent ou se désactivent en fonction de valeurs seuils associées au nombre de clients dans le système. Dans la file du type « hystérésis », il y a deux suites de valeurs seuils : l'une qui fixe le nombre de clients pour augmenter de 1 le nombre de serveurs, et une autre suite pour fixer le nombre de clients pour diminuer de 1 ce nombre.

Ce modèle de file d'attente permet de représenter la dynamique des ressources dans un nœud de cloud avec plusieurs machines virtuelles, où la machine virtuelle représente le serveur qui s'active en fonction du nombre de clients dans le système. À nouveau, la résolution de ce système peut devenir complexe lorsque la taille du buffer ou le nombre de machines virtuelles croît. Nous proposons d'utiliser les méthodes de bornes stochastiques afin de définir des systèmes bornants plus simples à analyser. Deux types de tels systèmes sont définis.

Le premier type consiste à agréger le processus d'arrivées, et de l'appliquer au modèle hystérésis. Cela permet de simplifier la chaîne de Markov. Le deuxième type consiste à définir des systèmes dont les deux suites des valeurs seuils sont égales. Les chaînes de Markov ainsi obtenues ont une distribution de probabilité stationnaire avec des formules closes.

Les résultats numériques sur les mesures de performance comme les temps de réponse moyen, les probabilités de blocage nous ont permis d'étudier la précision des différentes bornes, et comparer les temps d'exécutions pour obtenir les valeurs exactes et bornantes.

Au sein du **WP 5.2**, PRISM a développé un modèle pour paralléliser la simulation de processus biologiques. Ce modèle a été validé par de premières expérimentations sur des exemples simples de processus biologiques. Nous avons publié ces résultats dans ISCRIS 2014. Pour aller plus loin dans ce domaine nous avons besoin d'une expertise biologique, or le biologiste avec qui nous travaillions jusqu'à présent a changé de domaine de recherche. Il nous faut donc trouver un nouvel interlocuteur. Comme les processus biologiques et chimiques ont beaucoup de points communs et que par ailleurs, nous travaillions déjà avec des chimistes, nous sommes en train de trouver une autre application (plus chimique que biologique) qui nous permettrait d'aller plus loin dans la simulation de ces processus complexes.

Dans le **WP 5.3** (model checking par simulation) PRISM et le LACL ont montré des relations numériques entre les chaînes de Markov en temps discret transitoires utilisées pour étudier certaines formules logiques utilisant l'opérateur Until, et des chaînes modifiées qui sont ergodiques et que l'on peut étudier par simulation parfaite. Il n'y a pas encore de publications sur ce travail.

Nous avons, dans une collaboration LACL PRISM, repris l'approche développée dans la thèse de Farah Ait Salaht au sein du WP 5.1 en l'étendant à des distributions temporelles pour l'appliquer à l'analyse d'arbres dynamiques de fautes (DFT). Un DFT est un modèle classique de fiabilité. Il représente graphiquement une formule logique décrivant la panne d'un système à partir des caractéristiques temporelles et stochastiques des pannes de ses composants. Il se compose de feuilles décrivant la distribution des dates de panne des composants et de portes internes décrivant les liens entre les composants produisant une panne du système. On a démontré la monotonie stochastique de presque toutes les portes définies pour les DFT. L'approche a été publiée dans QEST 2015 et deux autres articles ont été soumis. Un logiciel est en cours de développement. On cherche également à transposer cette méthode sur des formules logiques plus générales pour du model checking stochastique.

Dans le **WP 5.4** (application à la physique statistique) : il a été identifié que les chaînes de Markov qu'il s'agit de simuler sont caractérisées par des échelles de temps très différentes et des sous-systèmes qui restent indépendants pendant de (relativement) longues périodes de temps. Cela confirme le potentiel de la simulation parallèle (en espace) pour ce problème. Une méthode pour échantillonner directement la distribution stationnaire a été trouvée, ainsi qu'un algorithme de calcul rapide pour les probabilités marginales. Il est donc prévu de développer un modèle approché qui ne prenne en compte que les événements « lents », puis de l'utiliser en simulation et en analyse numérique, et enfin de valider l'approximation par une comparaison avec le simulateur détaillé. Par ailleurs, des propriétés intrigantes ont été détectées sur le spectre des générateurs de ces processus (lequel est justement lié à la « vitesse » des processus), qui sont en cours d'analyse.

Dans le cadre du **WP 5.5** (modèles stochastiques en Économie) les contacts ont eu lieu entre le LIP6, des Économistes de l'UPO et des économistes du LAMETA au sujet de problèmes d'optimisation dynamique stochastique en gestion des risques environnementaux, ont débouché sur la définition d'un modèle de partage de ressource renouvelable.

Ils donnent lieu actuellement au stage de M2 (financement Marmote) co-encadré par LIP6, MAESTRO et le LAMETA de Nnana Yemele : « Jeux stochastiques pour des modèles de partage de ressources naturelles renouvelables ».

D'autre part les travaux de bibliographie sur les jeux stochastiques, amorcés par une stagiaire de L3 de Nanterre en mai-juillet 2013 (Ruxandra Rosu L3, hors crédits MARMOTE) qui a travaillé en mai-juillet 2013 sur les jeux stochastiques: « revue de littérature et application d'algorithme dans un jeu d'attaque-défense », se poursuivent dans le cadre du M2.

Par ailleurs, MESCAL a montré comment utiliser les chaînes de Markov perturbées pour prouver la convergence des algorithmes de meilleure réponse et de meilleure réponse randomisée vers les équilibres de Nash purs dans les jeux de potentiel, puis a trouvé comment améliorer leur convergence. On peut en effet montrer que meilleure réponse est l'algorithme dont le temps de convergence vers un équilibre de Nash est le plus court parmi tous les algorithmes de parcours, pour l'ordre stochastique fort.

Pour les algorithmes de meilleure réponse randomisés, on a montré que faire jouer les joueurs indépendamment les uns des autres améliore la vitesse de convergence vers l'optimum global quand le jeu possède au plus deux équilibres de Nash. Pour les jeux avec trois équilibres ou plus, on peut trouver des contre-exemples à cette propriété.

Toujours dans **le WP 5 (Applications)**, les équipes du PRISM et du LACL ont également développé un cas de test pour un environnement de résolution numérique Markovienne. Il s'agit de l'analyse d'un serveur de data center avec une politique d'économie d'énergie permettant de mettre en état de veille une partie des serveurs. Mitrani a montré les seuils optimaux dans une politique de seuil pour allumer et éteindre les serveurs mais les hypothèses semblent peu réalistes (taille infinie des buffers, temps d'allumage exponentiel ou de mise en veille de durée nulle). On a donc modélisé une file finie avec ces politiques tout en prenant en compte des durées fortement ou faiblement variables pour les changements d'activité des serveurs. Ce problème, intéressant en soi, fournit un problème de gestion de résolutions aux outils que nous devons produire. De plus un stagiaire du LACL a étudié le passage sur GPU de l'algorithme de calcul du MaxST entre deux vecteurs. Cet algorithme est la base de nombreux algorithmes de calcul de bornes stochastiques.

L'équipe MAESTRO a commencé le développement d'un nouveau « use case » : un modèle de gestion d'énergie pour une station de base autonome d'un réseau 4G. Le modèle est destiné au dimensionnement des batteries d'une telle installation, compte tenu des aléas sur les sources d'énergie solaire et éolienne. Il est basé sur les « quasi-birth-death processes ». L'implémentation des algorithmes spécifiques à cette famille de processus est justement prévue dans le WP3. Le développement de ce modèle a conduit à la mise en valeur des structures complexes pour représenter les espaces d'état. Cette préoccupation est commune avec le développement de l'outil PSI3 de simulation « parfaite ».

E.2 PUBLICATIONS EN RAPPORT AVEC MARMOTE

Ces publications ont été réalisées en dehors du cadre du projet MARMOTE proprement dit, mais leur thème correspond à l'un des WP du projet.

Publication en lien avec WP1 (simulation parfaite) :

« Probabilistic cellular automata, invariant measures, and perfect sampling »,
A. Bušić, J. Mairesse, et I. Marcovici, à paraître dans *Advances in Applied Probability*, 45(4)
(Dec. 2013). Preprint arXiv:1010.3133. <http://arxiv.org/abs/1010.3133>

Publication en lien avec WP4 (analyse et simulation numérique) :

« Queues with Skill Based Parallel Servers and a FCFS Infinite Matching Model »,
I. Adan, M. Boon, A. Bušić, J. Mairesse, et G. Weiss. Workshop on MAtheMatical performance Modeling and Analysis (MAMA). June 2013.

Publications en lien avec le WP4 (contrôle stochastique) :

« Mobile Association Problem in Heterogenous Wireless Networks with mobility »,
P. Coucheney, E. Hyon, et J.M. Kelif, PIMRC 2013.

« On-Demand Prefetching Heuristic Policies: A Performance Evaluation »,
O. Morad and A. Jean-Marie. 29th International Symposium on Computer and Information Sciences (ISCIS 2014), Cracovie, Pologne, octobre 2014.

« Prefetching Control for On-Demand Contents Distribution: A Markov Decision Process Model »,
O. Morad and A. Jean-Marie. IEEE 22nd International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS 2014), septembre 2014.

Publications en lien avec le WP5 (applications) :

« Ancillary Service to the Grid Using Intelligent Deferrable Loads »,
S. Meyn, P. Barooah, A. Bušić, Y. Chen, J. Ehren, accepted to IEEE Transactions on Auto. Control.

« Individual risk in mean-field control models for decentralized control, with application to automated demand response »,
Y. Chen, A. Bušić, S. Meyn, 53st IEEE Conference on Decision and Control (Invited), 2014.

« Passive Dynamics in Mean Field Control »,
A. Bušić, S. Meyn, 53st IEEE Conference on Decision and Control (Invited), 2014.

« A Markovian queueing system for modeling a smart green base station »,
I. Dimitriou, S. Alouf et A. Jean-Marie, EPEW 2015, 12th European Workshop on Performance Engineering, Madrid, Août-Septembre 2015.

Publications en lien avec la tâche WP5.4 (physique statistique) :

« Mode competition in dual-mode quantum dots semiconductor microlaser »,
L. Chusseau, F. Philippe, P. Viktorovitch, et X. Letartre. *Phys. Rev. A*, 88(015803):015803, 7 2013.

« Monte Carlo markovian modeling of modal competition in dual-wavelength semiconductor lasers »,
Laurent Chusseau, Fabrice Philippe and Alain Jean-Marie, *SPIE Photonics West – OPTO :Physics and Simulation of Optoelectronic Devices XXII*, pages 8980-55, San Francisco, février 2014.

E.3 PARTICIPANTS AU PROJET MARMOTE

Dans cette section, nous récapitulons les évolutions des « ressources humaines » ayant participé au projet.

Personnes financées par Marmote (hors tableau D.4) :

- Marion Dalle, stage de M1, Univ. Joseph Fourier (mai-août 2013)
- Karim Lounis, stage de M2, UPEC (mai-août 2013)
- Arnaud Panayotis, TER, Univ. Joseph Fourier, 2013
- Nnana Yemele, stage de M2, UPOND (mai-août 2015)

Personnes non financées par Marmote :

- Farah Ait-Salaht, doctorante DIGITEO dans l'équipe UVSQ/PriSM jusqu'à T0+22 (et recrutée ensuite dans l'équipe TSP/SAMOVAR)
- Pierre Coucheney, MCF UVSQ, depuis T0+12 (janvier 2014)
- Remi Verloot, doctorant laboratoire commun Inria/Microsoft, depuis T0+30 (juillet 2015)
- Camille Leuregans, stage de L3, UPOND (mai-août 2015)
- Ruxanda Rosu, stage de L3, UPONS (mai-juillet 2013)

À signaler également les départs et mobilités à l'intérieur du projet :

- Départ de Min-Anh Tran, en disponibilité, depuis T0+9 (septembre 2013)
- Semestre sabbatique de Nihal Pekergin (UPEC/LACL) dans le laboratoire PriSM, T0+21-T0+27 (1er semestre 2014-2015)

Sont prévus pour 2015-2016 :

- Arrivées de Benoît Barbot, MCF UPEC dans l'équipe UPEC/LACL à partir de T0+32 (septembre 2015)
- Délégation de Florence Clévenot-Perronnin dans l'équipe UVSQ/PriSM à partir de T0+32 (septembre 2015)
- Départ en disponibilité de Thu Ha Dao Thi à partir de T0+36 (janvier 2016)