

Rapport semestriel d'activité -coordonnateur
Programme SETIN - Edition 2006
<http://www-anr-ci.cea.fr>

Rappel : le coordonnateur doit fournir un rapport partenaire et un rapport coordonnateur.

1 Identification

Acronyme du projet	VAL-AMS
Numéro d'identification de l'acte attributif	ANR-06-SETI-018-01
URL de la page web du projet	http://www-verimag.imag.fr/~tdang/VAL-AMS
Coordonnateur (société/organisme)	Laboratoire VERIMAG
Période couverte (date à date)	01/01/2007 – 31/06/2007
Période couverte (t0+n mois à t0+m mois)	t0+6m à t0+12 mois
Rédacteur (nom, téléphone, email)	Thao Dang, tel : 04 56 52 03 83, Thao.Dang@imag.fr
Date	20 février 2008

2 Synthèse des rapports des partenaires

Reprendre ici les indications des rapports des partenaires du projet.

Numéro du Partenaire	Conformité des résultats obtenus aux prévisions	Conformité de la consommation des ressources par rapport aux prévisions	Difficultés particulières
1	Oui	Oui	
2	Oui	Oui	
3	Oui	Oui	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Synthèse	Oui	Oui	

Commentaires

3 Activités de coordination du projet

3.1 Réunions

Réunions passées

Date	Participants (numéro des partenaires)	Objet
12 juillet 2007, Inria Rhône- Alpes	01, 02, 03	• Discussions sur l'integration d'outils
7 novembre 2007, VERIMAG	01, 02, 03	1. Présentation "Formulation of Circuit equations", par Olivier (BIPOP) • Discussion sur l'extraction des équations de circuits à partir de SPICE-NG
6 décembre 2007, VERIMAG	01, 02, 03	• Présentation "Behavioral metrics and application for circuit validation", par Antoine Girard (LJK) • Présentation "Using disparity to enhance testing coverage", par Thao Dang (VERIMAG)

3.2 Faits marquants

Indiquer les résultats et/ou réalisations marquants. Préciser s'ils peuvent ou non faire l'objet de communications externes par l'ANR et la Délégation ANR-CIGC. Merci de nous fournir le cas échéant des présentations/posters du projet pour enrichir notre site web.

Les faits marquants suivants peuvent faire l'objet de communications externes :

Outils

- Conception et implémentation d'une version « beta » d'un simulateur de circuits électriques comportant des composants idéaux et non-réguliers à partir de « net-list » SPICE (standard industriel de description des circuits électriques).
Ce simulateur permet dès lors de traiter des circuits mixtes issus de modélisations et de conceptions faites par des spécialistes en électronique (académiques et industriels) et proposer un outil de simulation automatique avec une approche non régulière.
- HTG - Outil de simulation et de génération de tests pour les systèmes hybrides

Publications

Ouvrages

- Publication d'un ouvrage portant en partie sur la simulation de ces circuits : Acary, V. and

Brogliato, B. Numerical methods for nonsmooth dynamical systems. Applications in Mechanics and Electronics, Springer Verlag, 2008.

Journaux

- Sousmission invitée à *Special Issue of the journal Formal Methods in Systems Design FMDS*. T. Dang and T. Nahhal. Coverage-guided Test Generation for Continuous and Hybrid Systems. *Formal Methods in Systems Design, Special Issue CAV 2007*.
- Giordano Pola, Antoine Girard and Paulo Tabuada, Approximately bisimilar symbolic models for nonlinear control systems, *soumis pour publication*.

Actes de conférences internationales :

1. Antoine Girard, Approximately bisimilar finite abstractions of stable linear systems, *Hybrid Systems: Computation and Control, vol 4416 in LNCS, pp 231-244, Springer, 2007*.
2. Tarik Nahhal and Thao Dang, Test Coverage for Continuous and Hybrid Systems, in *Computer Aided Design, LNCS, Springer Verlag, Berlin, July 2007*.
1. Giordano Pola, Antoine Girard and Paulo Tabuada, Symbolic models for nonlinear control systems using approximate bisimulation, *46th IEEE Conference on Decision and Control, pp 4656-4661, New Orleans, Louisiana, December 2007*.
2. Goran Frehse, Sumit Kumar Jha, and Bruce H. Krogh. *A Counterexample-Guided Approach to Parameter Synthesis for Linear Hybrid Automata. HSCC'08. Springer. 2008*
3. T. Dang. Test generation for analog and mixed-signal circuits using hybrid system models. Tutorial. Design Automation Conference DAC 2008, submitted.
4. T. Dang and T. Nahhal. Using disparity to enhance test generation for hybrid systems. TESTCOM/FATES 2008, submitted.
5. T. Dang and T. Nahhal. HTG: A coverage-guided test generation for hybrid systems. Computer Aided Verification CAV 2008, submitted.

Thèse doctorale

- Thèse doctorale de Tarik Nahhal, sous la direction de Thao Dang, soutenue en octobre 2007. La dernière année de cette thèse a été préparée dans le cadre du projet VAL-AMS.

Présentation dans une conférence nationale :

- Antoine Girard, présentation du projet VAL-AMS, *Grand Colloque STIC, Paris, France, Novembre 2007*.
- Thao Dang. *Test coverage for continuous and hybrid systems, Annual meeting of IFIP working group 2.2 "Formal Description of Programming Concepts"*.
- Thao Dang. *Test coverage for continuous and hybrid systems. Presentation at the conference Computer Aided Verification CAV 2007, Berlin, July 2007*

3.3 Statut de l'accord de consortium

Préciser si l'accord de consortium a été signé.

3.4 Difficultés rencontrées ou prévisibles

4.1 Suivi de l'avancement des tâches du projet

Lister pour chaque tâche du projet [WP], l'état d'avancement et le comparer aux prévisions.

WP1 – Coverage guided simulation

Les travaux menés au Laboratoire VERIMAG portent essentiellement sur le premier work package **WP-1 Coverage guided simulation**.

Nous rappelons d'abord des résultats obtenus pendant le premier semestre de 2007 ($t_0 - t_0+6m$). Nous avons proposé une mesure de couverture pour les systèmes hybrides, qui est définie en utilisant la notion de "star discrepancy" de la théorie d'équidistribution. Cette mesure de couverture est utilisée pour guider la génération de signaux d'entrées en identifiant les portions de comportements du système qui ne sont pas bien examinés. Nous avons aussi proposé un algorithme de simulation qui est guidé par cette mesure de couverture et est basé sur l'algorithme RRT (Rapidly-exploring Random Tree) pour la planification de trajectoires dans la robotique.

Dans le deuxième semestre de 2007 (de t_0+6m à t_0+12m), nous avons étendu cet algorithme de simulation vers une approche de test de conformité et ses applications aux circuits. Le problème du test est étroitement lié à celui de la simulation. Pourtant, quand la simulation est appliquée à des modèle, le test peut être appliqué aussi à des système réels.

Résultats

Les résultats principaux que nous avons obtenus pendant le deuxième semestre peut être résumés comme suit.

1. **Un cadre formel pour le test de conformité.** Nous avons proposé un cadre formel pour le test de conformité de systèmes hybrides. Ce cadre utilise les automates hybrides, un modèle largement utilisés pour décrire les systèmes hybrides, et est défini suivant les standards internationaux pour le test de conformité formel FMCT. Ce cadre contient des définitions importantes, telles que la relation de conformité, des cas de tests, l'exécution de tests, etc. Il permet, d'une part, de raisonner formellement sur la conformité d'un système sous test par rapport à une spécification, et d'autre part de développer des algorithmes de génération de tests.
2. **Une nouvelle mesure de couverture.** En plus de la couverture "star discrepancy", développée dans le premier semestre, nous avons proposé une nouvelle mesure, appelée "delta coverage". Pour ceci, nous avons introduit une nouvelle notion, appelée "disparité", pour mesurer la différence entre deux distributions de points dans une région. L'avantage de cette couverture est qu'elle peut être utilisée comme un critère de terminaison pour la génération de tests.
3. **Combinaison des méthodes de guidage par couverture et par disparité.** Nous utilisons la notion de disparité pour améliorer la couverture comme suit. L'algorithme de génération de test ne produit pas de bons résultats pour les systèmes avec une controllabilité restreinte et l'ensemble atteignable est donc seulement une petite partie de l'espace d'état. Ce problème n'est pas spécifique à notre algorithme. En fait, tout algorithme qui ne tient pas compte des contraintes différentielles du système peut souffrir de ce problème. Pour le résoudre, nous utilisons la disparité pour détecter la situation où la dynamique ne permet pas le système d'évoluer vers des directions souhaitées. Ceci a apporté une amélioration en couverture et également en vitesse de convergence de la génération de test.
4. **Développement d'outils et applications aux circuits analogiques et mixtes.** Nous avons implanté l'algorithme de génération de tests dans un outil, appelé HTG. Les résultats expérimentaux montrent son passage à l'échelle (aux systèmes avec une centaine de variables continues). L'outil a été appliqué avec succès à plusieurs études de cas de

circuit analogiques et mixtes, notamment un oscillateur VCO avec 54 variables continues.

Livrables

1. Research report. T. Dang and T. Nahhal. *Coverage-guided test generation for hybrid systems and application to AMS circuits.*
2. Software tool. HTG: *a prototype tool for coverage-guided test generation for hybrid systems.*

Bien que dans la proposition du projet les livrables promis devaient étudier le problème de simulation, nous avons considéré un problème plus général qui est le test de conformité.

WP2 – Verification by simulation

Les travaux menés au Laboratoire Jean Kuntzmann portent essentiellement sur la deuxième tâche du projet VAL-AMS (**WP-2: verification by simulation**).

Notre travail porte sur l'utilisation de méthodes de simulation numérique pour la validation certifiée des circuits analogiques et mixtes. Pour cela, nous utilisons la notion de fonction de bisimulation dont la connaissance nous permet d'inférer, à partir d'une trajectoire d'un système, des propriétés sur les trajectoires voisines.

Les fonctions de bisimulation, introduites par Antoine Girard et George Pappas, permettent de définir une notion de voisinage sur les trajectoires d'un système dynamique. Ainsi, il devient possible d'échantillonner des ensembles de trajectoires avec une précision choisie a priori. Une conséquence de cette propriété est que l'on peut démontrer des propriétés satisfaites par l'ensemble des trajectoires d'un système dynamique en n'en simulant qu'un nombre fini.

Il est à noter qu'en dehors du Laboratoire Jean Kuntzmann, des travaux basés sur l'utilisation de fonctions de bisimulation sont menés dans des universités de renommée internationale (*University of Pennsylvania, Carnegie Mellon University, University of California at Los Angeles et Tokyo Institute of Technology*), ce qui montre l'intérêt de la communauté internationale pour les travaux réalisés dans VAL-AMS.

Dans la suite, nous décrivons les travaux réalisés au Laboratoire Jean Kuntzmann. La description est succincte; pour plus de détails, le lecteur intéressé pourra se reporter aux publications et livrables du projet, joints au rapport.

Dans le cadre du projet, nous avons orientés nos recherches suivant trois axes:

1. Abstractions symboliques de systèmes continus:

L'échantillonnage rendu possible par la connaissance d'une fonction de bisimulation nous permet pour un certain nombre de systèmes continus (qui possèdent donc un nombre infini, non-dénombrable, d'états) de calculer des abstractions symboliques (avec un nombre fini d'états). Ces abstractions peuvent ensuite être utilisées pour la vérification formelle (en utilisant un model checker pour systèmes discrets) ou la synthèse de contrôleur certifié (en utilisant des techniques de contrôle par supervision ou la programmation dynamique). Nous avons démontré que pour les systèmes continus possédant la propriété de stabilité incrémentale (deux trajectoires issues d'états initiaux voisins restent voisines), il est toujours possible de calculer des abstractions symboliques dont la précision peut être choisie aussi fine que souhaitée. Le calcul de ces abstractions ne requiert que la simulation d'un nombre fini de trajectoires du système continu et peut donc être implémenté de manière très efficace.

Ce travail a d'abord été commencé seul. Des résultats pour la classe des systèmes linéaires

stables ont été présentés à la conférence *Hybrid Systems: Computation and Control*, en avril 2007, à Pise. Nous avons ensuite entamé une collaboration avec Giordano Pola et Paulo Tabuada de University of California at Los Angeles pour généraliser ces résultats aux systèmes non-linéaires incrémentalement stable. Une version préliminaire de ce travail a été présentée à la conférence *IEEE Conference on Decision and Control*, à la Nouvelle Orléans, en décembre 2007. Une version plus étoffée est actuellement soumise à un journal international.

Nous poursuivons actuellement ce travail en étendant notre approche pour une classe de systèmes hybrides pouvant servir pour l'analyse de circuits mixtes.

2. Vérification par simulation:

Les fonctions de bisimulation permettent d'échantillonner avec une précision arbitraire l'ensemble des trajectoires d'un système dynamique. Cependant, le nombre de trajectoires nécessaires croît exponentiellement lorsque la précision exigée diminue. Ainsi, il est donc impossible en pratique d'obtenir un échantillonnage uniforme de l'ensemble de trajectoires.

De plus, lorsque l'on cherche à vérifier une propriété particulière, un échantillonnage uniforme n'est pas nécessaire. Considérons une propriété de sûreté, il s'agit de vérifier qu'aucune trajectoire d'un système dynamique ne peut atteindre un ensemble d'états dangereux. Alors, l'échantillonnage de l'ensemble des trajectoires peut être assez grossier dans le voisinage de trajectoires qui restent éloignées de l'ensemble dangereux alors qu'il doit être plus précis autour des trajectoires s'approchant de cet ensemble.

Nous avons donc développé un algorithme nous permettant de calculer adaptativement un échantillonnage des trajectoires en fonction de la propriété à vérifier. On démarre avec un échantillonnage grossier que l'on raffine itérativement et localement en analysant la distance des trajectoires de l'échantillon à l'ensemble d'états dangereux. Nous avons implémenté cet algorithme et nous avons évalué ses performances sur des exemples simples. Celles-ci nous semblent prometteuses. Cette étude est présentée en détail dans le livrable du projet : « *Simulation-based Techniques for Verification of Dynamical Systems* »

Nous travaillons actuellement à l'amélioration des performances de cet algorithme en utilisant des idées développées à Carnegie Mellon University et qui permettent la fusion de trajectoires voisines dans l'échantillonnage, limitant ainsi le nombre de trajectoires à simuler. Ce travail fait l'objet du post-doctorat de Gang Zheng.

3. Une approche compositionnelle pour le calcul des fonctions de bisimulation:

Dans les deux approches décrites précédemment, nous avons supposé que nous connaissions une fonction de bisimulation pour le système dynamique étudié. Par conséquent, il est important de considérer le développement de méthodes de calcul de ces fonctions, notamment pour les systèmes dynamiques complexes.

Une approche commune pour la modélisation de systèmes complexes est l'approche compositionnelle qui consiste à représenter un système complexe comme un ensemble de petits systèmes simples interconnectés. Il est donc naturel de se poser la question du calcul compositionnel des fonctions de bisimulation: étant donné une fonction de bisimulation pour chacun des sous-systèmes, peut-on construire une fonction de bisimulation pour le système composite?

Nous avons développé une règle de composition pour les fonctions de bisimulation. Cette règle est applicable sous une condition de type « petit gain », commune dans l'analyse des systèmes continus interconnectés. Cette condition garantit que les approximations résultant de l'échantillonnage des trajectoires des sous-systèmes restent contenues et ne sont pas amplifiées par le phénomène de propagation dans les autres sous-systèmes.

Les détails de ce travail peuvent être trouvés dans le livrable du projet : « *A Composition Theorem for Bisimulation Functions* ».

WP3- Advanced numerical analysis techniques

Le travail qui a été réalisé peut se scinder en deux parties :

- Formulations automatiques des circuits électriques non-réguliers. Etude théorique
Dans ce travail, nous avons étudié comment la mise en équations de circuits électriques dans les logiciels de type SPICE (simulateurs analogiques) pouvait être adaptée et étendue à la mise en équations des circuits non réguliers.
L'analyse nodale modifiée (MNA. Modified Nodal Analysis) utilisée dans SPICE permet de mettre en équations automatiquement et efficacement les circuits électriques classiques. Elle est principalement basée sur l'hypothèse d'une écriture explicite dans chaque branche soit des différences de potentiels (voltage-defined branch), soit des intensités (current-defined branch) en fonction des autres variables.
Lorsqu'un composant non régulier est présent, cette hypothèse n'est plus valide et nous avons proposé une alternative qui permet de conserver l'efficacité de la MNA sur les parties régulières et d'intégrer les branches non régulières. Cette nouvelle mise en équations automatique a été validée sur des circuits simples pour lesquelles nous avons déjà des mises en équations manuelles et des résultats de simulation. Le coût en termes du nombre de variables d'états a lui aussi été étudié.
- Conception et implémentation d'un simulateur de circuits à partir de « net-list » SPICE
Fort de cette première analyse théorique, nous avons conçu et implémenté un logiciel de simulation qui permet de lire les « net-list » SPICE, de formuler les équations non régulières et de les simuler grâce à la plate-forme SICONOS. Le travail a consisté à reprendre un parseur SPICE existant, à y intégrer de nouveaux types de modèles non réguliers pour obtenir un système dynamique non régulier (Mixed Linear Complementarity Problem MLCP), qui est lui simulé par la plateforme Siconos.

Résultats

Le travail décrit dans la partie précédente fait l'objet des deux livrables suivants :

- Livrable 5 (T0+6) : « Automatic DAE and LCP matrices assembly from a circuit description »
Ce livrable qui a été renommé de manière plus générique « Automatic circuit equation formulation for nonsmooth electrical circuit » comprend :
 - Un rappel basique de la MNA et de ses principales hypothèses (Sec. 3)
 - Une description des principaux éléments non réguliers linéaires (Sec. 4)
 - La méthode d'extension de la MNA pour des branches non régulières (Sec. 5)
 - Un ensemble d'exemples simples de validation (Sec. 6)
 - Une validation sur un circuit industriel par simulation (Sec. 8, 10 et 11)
 - Une étude de coût de la mise en équation automatique (Sec. 9)
- Livrable 6 (T0+12) : « Tools for DAE and LCP formulation » .
Ce livrable est composé d'un logiciel de mise en équation automatique et de sa documentation de conception et d'implémentation. Le document qui est délivré avec ce rapport représente la première partie de la documentation technique du code, à savoir :
 - Une présentation et une revue des objectifs du projet.
 - Un document de spécifications décrivant les principales fonctionnalités attendues et leur classement par version de code (release) et priorité
 - Une brève description de l'architecture globale du logiciel

- Une ébauche de plan de tests et de validation

WP4 – Tool development and application to analog and mixed-signal circuits

- **Outil de génération de test.** Les nouveaux algorithmes ont été implantés et intégrés dans l'outil HTG de génération de tests pour les systèmes hybrides. L'outil a été appliqué à l'analyse de quelques circuits de benchmark.
- **Intégration d'outils.** Nous avons réalisé une connexion de l'outil HTG au kernel de calcul SICONOS (développé dans WP3).

4.2 Suivi des livrables du projet

Reprendre ici le tableau initial des livrables contenu dans l'annexe 1 des actes attributifs et le mettre à jour en fonction de la production des livrables. Le code à utiliser est le suivant : X prévision initiale, A atteint, Rn réprévision. Préciser la raison de chaque réprévision de livrables (Rn)

	Libellé	Type	Partenaire pilote	Partenaires Participants	Date T0 + months	Status
1	Website http://www-verimag.imag.fr/~tdang/VAL_AMS	Website	VERIMAG	BIPOP, LJK (LMC)	T0 + 1	A
1	Coverage guided simulation techniques and application to AMS circuits	Research report	VERIMAG		T0 + 6	A
2	Coverage guided simulation tool	Software	VERIMAG	BIPOP	T0 + 12	A
3	Verification using bisimulation metrics	Research Report	LJK (LMC)		T0 + 6	A
4	Compositional bisimulation metrics	Research Report	LJK (LMC)		T0 + 12	A
5	Automatic DAE and LCP matrices assembly from a circuit description	Research Report	BIPOP		T0 + 12	A
6	Tool for DAE and LCP formulation	Software	BIPOP		T0 + 18	Rn
7	Heuristics to speed up simulation	Research report	BIPOP		T0 + 24	X
8	Tool box for validation of AMS circuits	Software	VERIMAG	BIPOP, LJK (LMC)	T0 + 24	X

The rescheduling ('réprévision') of the deliverable 6 is due to the delay in the recruitment of the engineer who is in charge of implementing the tool. We have extended its preparation time for additional 6 months.

5 Utilisation des aides ANR

5.1 Liste des CDD recrutés par des établissements publics dans le cadre du projet

Lister ici tous les CDD recrutés depuis le début du projet. Joindre un CV pour chaque nouveau CDD.

Numéro du Partenaire	Nom	Prénom	Qualifications	Date de recrutement	Durée du contrat (en mois)	Tâche du projet concernée
01	Shalev	Noa	Ingénieur	31/05/2007	16	Développement de l'outil de simulation et test guidés par une mesure de couverture
03	Bonnefon	Olivier	Ingénieur ENSIMAG	01/09/2007	12	Développement de l'outil de formation de DAE et LCP
02	Zheng	Gang	Post-doctorant	2/1/2008	10	Vérification par simulation

5.2 Equipements (> 4000 €) achetés par les partenaires dans le cadre du projet

Lister ici tous les équipements achetés depuis le début du projet

Numéro du Partenaire	Désignation	Date d'achat	Prix d'achat (en Euros)	Part financées par l'aide ANR (en Euros)

6 Annexe : Liste des livrables joints au présent rapport (uniquement pour les rapports de fin d'année)

Les livrables du projet sont fournis par le coordonnateur.

Numéro du livrable	Désignation	Forme/Support
01	Coverage guided simulation techniques and application to AMS circuits	Research report
02	Coverage guided simulation tool	Software
03	Verification using bisimulation metrics	Research Report
04	Compositional bisimulation metrics	Research Report
05	Automatic DAE and LCP matrices assembly from a circuit description	Research Report