

Bilan et perspectives du GT INCOS

Nom du groupe : INCOS (INGénierie de la COMmande et de la Supervision)

Animateurs : Armand Toguyeni (LAGIS), Nidhal Rezg (LGIPM) entre octobre 2003 et février 2008, Pascal Berruet (Lab-STICC), Jean-François Pétin (CRAN) depuis février 2008

I. Présentation scientifique

Le groupe de travail INCOS traite de l'**Automatique des Systèmes à Événements Discrets (SED)**. Ses thématiques scientifiques relèvent d'une recherche méthodologique et/ou appliquée visant à développer les modèles et méthodes permettant la génération des modèles de commande et de supervision des SED et contribuant à leur sûreté de fonctionnement ou à l'amélioration de leurs performances. A l'origine, les cibles applicatives du GT concernaient exclusivement les systèmes manufacturiers de production de biens et de services mais on peut constater, depuis 2005, un déplacement progressif des centres d'intérêt vers les domaines de l'énergie, du transport ou encore des systèmes embarqués.

I.1. Problématiques et thématiques scientifiques

Commande sûre des SED

Le thème « Commande sûre des SED » s'intéresse au développement d'approches systématiques et rigoureuses de conception de la commande de SED. L'objectif est de s'assurer que les modèles de commande couplés aux modèles du système à commander (ou modèles de procédé) respectent bien les propriétés spécifiées. Deux familles d'approches sont développées aussi bien en France qu'au niveau international : les méthodes par raffinement parmi lesquelles les approches dites de synthèse sont les plus répandues et les méthodes par assertion reposant sur une vérification a posteriori des modèles.

Les approches de synthèse de la commande ont pour objectif de générer automatiquement des modèles de commande étant, par construction, sûrs, réactifs et sans blocage à partir de la formalisation des comportements attendus et de la dynamique du système physique à commander. L'exemple type de cette famille d'approche est la Supervisory Control Theory proposée par Ramadge et Wonham dans les années 80. Le gros avantage des approches de synthèse est la rigueur de leur démarche qui permet de garantir le respect de propriétés de sûreté et de vivacité d'une part et le respect des spécifications d'autre part. L'inconvénient de ces approches est leur difficulté à traiter des systèmes complexes de part leur taille ou de part l'expressivité requise pour construire les modèles. Cela pose le problème des outils formels de modélisation (automates temporisés, Réseau de Petri de haut niveau, grafcet, approches algébriques, ...) les mieux approprier pour combattre le phénomène d'explosion combinatoire tout en ayant une bonne expressivité. Plusieurs équipes des laboratoires membres du GT INCOS sont intéressés par cette problématique (AMPERE, CRAN, CRESTIC, LAGIS, LGIPM, LURPA, ...).

La deuxième famille d'approches pour la conception de la commande repose sur des méthodes d'ingénierie plus classiques visant à assurer le respect d'exigences au cours du cycle de développement d'un système automatisé au travers de modèles plus ou moins formels permettant : d'identifier et de formaliser les exigences relatives au système à automatiser, d'allouer ces exigences sur les fonctions et/ou composants d'une architecture de commande, de concevoir les comportements élémentaires des composants et enfin de valider par simulation et/ou de vérifier formellement lorsque cela est possible les solutions issues du processus de conception. Le principal avantage de ce type d'approche est qu'elle reste très pragmatique mais reste confrontée à une difficulté majeure : comment garantir la cohérence (ou l'équivalence) sémantique entre les modèles fonctionnels, structurels et/ou comportementaux utilisés lors des différentes phases du cycle de vie (approches multi-modèles, niveaux d'abstraction, ...) ? L'ingénierie dirigée par les modèles et ses mécanismes formels de transformation de modèles est une piste prometteuse à explorer. Plusieurs équipes du GT INCOS s'intéressent soit à la génération de la commande soit à la vérification/validation de la commande (CRAN, LESTER/LAB-STICC, LAAS, LAGIS, LURPA).

Sur la période 2005-2008, ce thème a fait l'objet de nombreux échanges à l'occasion des réunions organisés par le GT INCOS ou dans le cadre d'actions entre équipes du GT (jurys de thèses, ...). Le GT INCOS a également organisé, sur ce thème, une école d'été en octobre 2005 et une école des JDMACS en 2007 et a fait une proposition d'école JDMACS pour 2009.

Diagnostic et reconfiguration des SED

Actuellement les systèmes évoluent dans un contexte incertain avec des exigences de qualité de service de plus en plus élevées en termes de coûts, de performance, de productivité, de qualité, de disponibilité, d'écologie et de développement durable. L'apport des nouvelles technologies de l'information et de la communication embarquées au cœur des architectures de commande des SED ou des produits eux-mêmes ouvrent de nombreuses perspectives en termes de reconfiguration des systèmes leur permettant de s'adapter aux variations de l'environnement ou des processus de production (aléas et pannes).

Le développement de nouvelles fonctionnalités de diagnostic et de reconfiguration, exploitant au plus tôt les degrés de flexibilité des systèmes de production, ainsi que de méthodes de développement tenant compte du caractère hautement configurable des systèmes, constituent donc les défis à relever. Un des objectifs sera de proposer l'obtention d'un flot cohérent permettant d'implanter les fonctions de surveillance / supervision / commande. Ceci amènera de façon non exhaustive à s'intéresser :

- au **diagnostic** distribué ou décentralisé, à la co-diagnosticabilité : une piste de recherche actuelle réside dans l'utilisation de formalismes temporisés (automates temporisés, Réseau de Petri temporisés ou temporels, ...) pour construire des observateurs permettant l'identification de l'état du système surveillé à partir de l'observation d'un certain nombre d'événements.
- à la génération d'un nouveau modèle de commande faisant suite à une décision de **reconfiguration** : hors-ligne pour une reconfiguration matérielle ou logicielle du système ou, en ligne, ce qui suppose d'être capable de décider de l'état objectif (état de reprise dans le cas d'une réaction à une défaillance) d'une part, et d'autre part de déterminer comment mettre en œuvre le transitoire permettant de passer de l'état courant défaillant à cet état objectif. Certaines approches proposées sont basées sur des techniques d'intelligence artificielle. D'autres exploitent des techniques à base de graphe (GAO, Réseaux de Petri, ...) qui peuvent être mixées avec des techniques d'optimisation.

Sur la période 2005-2008, plusieurs équipes du GT INCOS ont été impliquées sur ce thème ce thème a fait l'objet (AMPERE, CRAN, CRESTIC, G-SCOP, LAAS, LAGIS, LESTER/LAB-STICC, LIESP, ...) et ont travaillé de manière collaborative dans le cadre de l'action RECSSED (Reconfiguration des Systèmes à Événements Discrets) soutenues par le GdR MACS.

1.2. Objectifs du GT INCOS

Le principal objectif du GT INCOS concerne l'animation de la communauté de l'**Automatique des Systèmes à Événements Discrets**. A terme, il s'agit de donner une visibilité nationale et internationale au groupe INCOS. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire que le groupe INCOS soit un groupe de travail attractif :

- pour les **doctorants** en leur proposant une tribune de référence pour **présenter leurs travaux** et acquérir de la connaissance au travers des présentations et échanges avec les membres du groupe,
- pour les **enseignants-chercheurs** au travers du développement de **projets** porteurs trouvant un écho dans les appels d'offres nationaux et débouchant sur la production de livrables tangibles.

1.3. Positionnement au sein du GDR MACS

Les thématiques scientifiques développées positionnent clairement le GT INCOS :

- en rattachement principal, dans l'axe thématique 5 "Système de commande 1: théorie et méthodes", en lien avec les groupes de travail RdP (Réseaux de Petri pour la commande ou le diagnostic des SED) et SDH (Outils de modélisation pour la commande et la supervision des Systèmes Hybrides),
- en rattachement secondaire, dans l'axe thématique 4 "Supervision, Identification et Maintenance" en lien avec les groupes MACOD (Modélisation et optimisation de la maintenance coopérative et distribuée) et S3 (Thématique commune du diagnostic et de la supervision).

L'élargissement des cibles applicatives d'INCOS à des domaines tels que le transport, l'énergie (production et distribution), les systèmes d'aide au handicap, les systèmes embarqués, les systèmes sociotechniques, ...) offrira l'opportunité de collaborer avec d'autres GT (SYSHOMM) et d'autres GDR tels que le GDR ASR, le GDR Psycho-ergo et le GDR STIC Santé.

II. Organisation du GT INCOS

II.1. Animation et mode de fonctionnement

Le travail dans le groupe INCOS s'organise essentiellement autour de :

- **réunions de travail** d'une journée, à un rythme de 2 ou 3 réunions par an, consacrée à un thème abordé par le groupe, au travers de présentations classiques de travaux de doctorants ou de synthèse sur le domaine par un senior.
- **réunions de synthèse** visant à présenter à la communauté l'état d'avancement des différents projets menés par le groupe ; ces réunions de synthèse s'intègrent dans le cadre des journées STP du GDR MACS. Elles offrent l'opportunité d'échanger autour d'activités transversales, notamment avec les groupes MACOD et RdP.

Depuis février 2008, nous avons souhaité mettre en place une politique de projets ayant une finalité clairement affichée en termes de résultats, telle que la rédaction d'ouvrage, l'édition de numéros spéciaux en revue ou encore la proposition de sessions organisées en conférences. Ces projets ont pour vocation de fédérer un sous-ensemble des équipes impliquées dans le GT afin de favoriser l'émergence de travaux collaboratifs de recherche et de réponses concertées à des appels à projets nationaux. Le travail en projet pourra s'appuyer sur des **benchmarks** permettant de confronter plusieurs approches sur un cas d'étude commun ou de fédérer plusieurs approches complémentaires autour de la résolution d'un problème commun. Une proposition de projet « Diagnostic des SED » portée par le CReSTIC est actuellement en cours de discussion au sein du GT.

II.2. Labos participants sur la période 2005-2008

CRESTIC, CRAN, INRIA R-A, IRCCYN, IRISA, I3S, G-SCOP, LAAS, LAB, LAG, LAGIS, AMPERE, LAM, LAMIH, LIESP, LESTER/LAB-STICC, LIMOS, LISA, LGIPM, LURPA

III. Bilan sur la période 2005-2008

III.1. Formation

Nom de la formation	Organisateurs	Lieu	Date
Ecole d'été LISAC'2005 "Design of Control Command Architectures for fault tolerant Discrete Event Systems"	Armand Toguyéni Laurent Piétrac	Lyon	Octobre 2005
Ecole des JDMACS' 2007 « Conception de la commande de SED sûrs de fonctionnement »	Jean-Marc Roussel Jean-François Pétin	Reims	Juillet 2007
Ecole des JDMACS' 2009 « Commande et surveillance des SED : Application aux systèmes manufacturiers »	Pascal Berruet Laurent Hardouin Jean-Jacques Loiseau	Angers	Mars 2009

III.2. Communication & ouvrage

Titre	Auteur	Conférence & ouvrage	Lieu & date
Impact of Information and Communication emerging technologies in Automation engineering: outline of the INTICA project,	J.F. Pétin, P. Berruet, A. Toguyeni, E. Zamai	1 st NeCST Workshop on Networked Control Systems and Fault Tolerant Control, pp 51-57	Ajaccio, Octobre 2005
Principes des architectures de pilotage des procédés industriels	E. Zamai, F. Rigaud, J.F. Pétin, P. Berruet, A. Toguyeni	Chapitre de « Conduite des systèmes industriels », Techniques de l'Ingénieur, coordonné par Eric Niel	Juillet 2007

III.3. Organisation de sessions invitées

Titre de la session	Conférence	Organisateurs	Lieu & date
Dependable manufacturing system control 1 et 2	World IFAC'2005	Jean-Marc Faure Jean-Jacques Lesage	Prague, Juillet 2005
Recovery and control adaptation for DES	World IFAC'2005	Eric Niel Larry Holloway	Prague, Juillet 2005

Reconfiguration of flexible manufacturing systems	World IMACS'2005	Nathalie Dangoumau Pascal Berruet	Paris, Juillet 2005
Discrete Event Systems and Supervisory and Monitoring	CESA 06	Nidhal Rezg Etienne Craye	Pékin, Octobre 2006
Reconfiguration for complex discrete event systems	CESA 06	Pascal Berruet Eric Zamaï	Pékin, Octobre 2006
Reconfiguration for Discrete Events Control	DCDS'2009	Pascal Berruet Eric Niel	Bari, Juin 2009

III.4. Programme des journées et réunions organisées par le GT depuis les JNMACS de septembre 2005

Journées STP	Paris 9-10/03/2006	Commande des graphes d'événements temporisés sous contraintes temporelles. S.Amari (IRCCyN) Une approche de modélisation pour la gestion des modes des Systèmes Flexibles de Production Manufacturière, N. Hamani (LAGIS) Modélisation et commande des systèmes flexibles de production manufacturière par l'algèbre des dioïdes. A. S. Michel (LISA) Elaboration des propriétés formelles de sûreté des contrôleurs logiques à partir de l'analyse prévisionnelle des défaillances, I. Barragan (LURPA) De la modélisation à l'analyse de la vivacité des graphes d'événements temporels, M.K. Didi Alaoui (LISA)
Journée « Enjeux de l'Automatique Embarquée »	ENS Cachan 26/10/2006	Organisée par le groupe INCOS avec la participation des groupes RdP, SdH du GdR MACS et du GdR ASR autour d'une action commune ciblée sur la conception des systèmes embarqués "AFSEC" (Approches Formelles pour les Systèmes embarqués Communicants)
Journées STP	Valenciennes 16 - 17/11/2006	Interception d'un mobile dans un graphe pondéré, M. Hizem (LAGIS) Approche par composant : un cadre pour l'ingénierie de la commande, J.L. Lallican (LESTER) Synchronisation de modèles de parties opératives suite à l'occurrence de défaillances en contexte incertain, E. Deschamps- (LAG) Système reconfigurable pour assistance technique aux personnes handicapées, A. Belabbas (LESTER)
Journées STP	La Rochelle 15-16/03/2007	Journée de travail dans le cadre de l'action RECSSED (CRAN, LAGIS, LESTER, LIESP, G-SCOP) Diagnostic de fautes intermittentes dans les Systèmes Embarqués : Application à l'Automobile, S. Soldani (ACTIA/LAAS) Synthèse de lois de commande pour la configuration et la reconfiguration des Systèmes Industriels Complexes, S. Henry (LIESP) Décisions de reconfiguration basées sur l'exploitation de techniques d'optimisation, T. Bourdeaud'huy et A. Toguyéni (LAGIS)
Journée de travail	ENS Cachan 17/01/ 2008	Appel à candidature pour le renouvellement de l'équipe d'animation
Journée de travail	ENS Cachan 03/04/2008	Panorama des activités de recherche dans le domaine de l'Automatique des SED par les laboratoires présents Diagnostic de services pour la reconfiguration dynamique de SED, E. Deschamps (G-SCOP) Diagnostic décentralisé des Systèmes à Evénements Discrets, H.-X. Hu (LAGIS)
Journée de travail	ENS Cachan 12/06/2008	Discussions autour des projets INCOS Some Results on the Supervisory Control of Some Results on the Supervisory Control of Discrete Event Systems: Modular, Hierarchical and Multitasking Control, J. Cury (LCMI / DAS / UFSC) Reconfiguration multi-mode dans le cadre de la théorie RW, G. Faraut (AMPERE)
Journées STP	Metz 20-21/10/2008	Journée commune GT MACOD / GT INCOS Elaboration de diagnostiqueurs locaux à partir de modèles distribués

		de Partie Opérative, A. Philippot (CReSTIC) Opérateurs de symétrie médiane pour la surveillance des systèmes en réseau à l'aide des FSM, B. Birregah (IDC) Etude de politiques de maintenance basées sur une loi de défaillance dynamique et sur un horizon de temps fini, J. Schutz (LGIPM)
--	--	--

IV. Evolution du GT, Projets, Perspectives.

Le GT INCOS a vocation à poursuivre l'animation de la communauté de l'Automatique des SED autour des deux axes identifiés préalablement : « commande sûre des SED » et « diagnostic et reconfiguration des SED ».

Dans le cadre des journées de travail INCOS, nous souhaitons réserver une part plus importante (1/2 journée) au travail par projets. Un projet est actuellement en voie d'élaboration : il s'agit du projet « Diagnostic des SED » visant à comparer les modèles et méthodes de diagnostic des SED sur un benchmark proposé par le CReSTIC. D'autres projets sont envisagés, citons de manière non exhaustive :

- projet « définition et implantation d'un processus de reconfiguration »,
- projet « équivalences sémantiques et transformations de modèles »,
- projet « commande répartie »,
- projet « enseignement » visant à partager des expériences, modèles et outils dans l'enseignement de l'automatique des SED ou de manière plus large dans l'enseignement de l'automatisation des systèmes industriels (commande, supervision, MES).

Par ailleurs, trois actions ponctuelles seront proposées aux membres INCOS afin :

- d'établir un panorama de la recherche française dans le domaine de l'Automatique des SED (laboratoire, thèmes de recherche, permanents impliqués, thèse soutenues ou en cours) afin de mieux cerner les attentes d'une communauté aujourd'hui relativement dispersée,
- d'identifier les **groupes de recherche européens** œuvrant dans le domaine de l'Automatique des SED en vue de tisser, à terme, des relations avec ces communautés,
- d'améliorer la communication du groupe vis-à-vis de la communauté scientifique nationale (constitution du groupe, travaux, outils scientifiques...) notamment au travers de la mise en œuvre d'un **site internet du groupe**. Des démarches ont été engagées en ce sens mais sont actuellement retardée pour des raisons techniques et administratives d'hébergement.

Enfin, l'organisation d'une journée de travail commune avec le GT MACOD lors des journées STP de Metz a montré l'intérêt de poursuivre cette collaboration, **dans le cadre des journées STP et indépendamment des activités propres de chaque GT.**

Sur un autre plan, nous souhaitons que l'animation puisse déboucher sur une dynamique permettant de répondre à un appel à projet ANR sur les 2 ans à venir ainsi que la publication dans des revues internationales et la participation active à la rubrique "conduite des systèmes industriels" de la revue TI.