

PRESENTATION DE L'AXE

SUPERVISION, IDENTIFICATION ET MAINTENANCE

Didier Maquin¹

¹CRAN, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS, 2 avenue de la forêt de Haye, 54516 Vandœuvre-lès-Nancy cedex, didier.maquin@ensem.inpl-nancy.fr

Présentation

L'axe 4 intitulé "Supervision, identification et maintenance" (SIM) est constitué de 5 groupes de travail (GT) :

- Identification Identification et modélisation expérimentale des systèmes dynamiques
- MEA Méthodes ensemblistes pour l'automatique
- S3 Sûreté, surveillance, supervision
- MACOD Modélisation et optimisation de la maintenance coopérative et distribuée
- INCOS Ingénierie de la commande et de la supervision des SED

La majorité de ces groupes de travail fonctionne depuis de nombreuses années. Seul le GT MEA est de création plus récente (septembre 2001). La plupart des groupes sont rattachés à plusieurs axes du GdR, le tableau ci-dessous récapitule ces appartenances :

	MEMO	SIM	SC1
Identification		x	x
MEA	x	x	
S3		x	
MACOD	x	x	
INCOS		x	x

MEMO : Modélisation, évaluation et méthodes d'optimisation

SC1 : Systèmes de commande 1 : théories et méthodes

Selon la nature des travaux développés au sein des différents groupes, ces derniers peuvent être scindés en deux catégories. Les GT Identification et MEA sont pourvoyeurs de méthodes génériques qui peuvent être appliquées dans des contextes très variés de l'automatique. En témoignent par exemple les relations importantes du GT Identification avec de nombreux autres groupes du GdR appartenant à des axes différents. En revanche, l'activité des trois autres GT, MACOD, INCOS et S3 est beaucoup plus directement guidée par la finalité. Il s'agit de développer des méthodes permettant d'avoir une approche globale de la conception et de l'exploitation (surveillance, maintenance, reconfiguration) des systèmes industriels complexes automatisés.

Bilan et positionnement

De nombreux renouvellement d'animateurs de groupe sont survenus au cours de la période récente témoignant ainsi de la vitalité des différents groupes de travail. C'est ainsi que, pour le GT INCOS, Armand Toguyeni (LAGIS) et Nidhal Rezg (LGIPM) ont transmis le témoin, en janvier 2008, à Pascal Berruet (Lab-STICC) et Jean-François Pétin (CRAN). Pour le GT Identification, Marion Gilson (CRAN), Francisco Carrillo (LGP) et Guillaume Mercère (LAI) ont relayé, en janvier 2008, Hugues Garnier (CRAN), Mohammed M'Saad (GREYC) et Thierry Poinot (LAI). Luc Jaulin (DTN) et Nacim Ramdani (LIRM) ont succédé, pour le GT MEA, à Olivier Adrot (LAG) et Isabelle Braems (LEMHE), en juillet 2007.

Sur la période considérée (juin 2007 – décembre 2008), tous les groupes de travail ont eu une activité soutenue qui s'est déclinée selon différentes formes :

- 22 réunions de travail au cours desquelles 79 exposés scientifiques ont été présentés ;
- des sessions invitées organisées dans différentes manifestations scientifiques internationales et nationales (IFAC World Congress, IMS'08, MED'08, PENTOM'07, MOSIM'08) ;
- la participation active (initiation ou contribution importante) à l'organisation de manifestations scientifiques internationales et nationales (DMD'08, MED'08, SWIM'08, PENTOM'07, MOSIM'08) ;
- la rédaction d'ouvrages collectifs ;
- la participation au Groupement d'Intérêt Scientifique « Sûreté, Surveillance et Sécurité des Grands Systèmes »¹⁾

Toutes ses actions ont concouru à l'animation de la communauté scientifique et à la dissémination des connaissances à destination des universitaires, mais également à destination du monde industriel. En examinant l'origine des intervenants ou des auditeurs des réunions de travail, on constatera que le monde est industriel est bien représenté. En effet, de grandes sociétés comme Arcelor Mittal, CEA, DCN, DGA, EADS (Airbus, Eurocopter), EdF, PSA, ACTIA, INRETS et ONERA sont régulièrement représentées au cours de ces échanges.

Compte tenu du rayonnement de certains membres des groupes de travail, on notera également l'invitation de chercheurs étrangers à certaines réunions de travail (Xavier Bombois de l'Université de Delft aux Pays Bas, Herbert Sira-Ramirez du Cinvestav, IPN au Mexique, Michel Kinnaert de l'université Libre de Bruxelles en Belgique, Marco Lovera de Polytechnique de Milan).

D'un point de vue académique, les travaux développés au sein de l'axe SIM s'inscrivent très clairement dans les objectifs du département ST2I « Sciences et Technologies de l'Information et de l'Ingénierie » concernant le *développement d'une approche systémique pour concevoir, produire et exploiter des systèmes plus sûrs, plus communicants, plus économes, plus performants, plus respectueux de l'environnement*. Les travaux de recherches développés par les groupes de travail de l'axe SIM instancient la démarche commune :

- *pour comprendre : modéliser et observer*
- *pour concevoir et construire : spécifier et*
- *pour maîtriser, optimiser et gérer la complexité*

Ceux-ci s'inscrivent également clairement dans la politique de *ruptures scientifiques et technologiques en Sciences et Technologies pour l'Ingénierie* prônée par le département essentiellement à travers la composante *sécurité, fiabilité et sûreté de fonctionnement*.

Ces ruptures émergeront de l'interdisciplinarité nécessaire à la conception et l'exploitation des systèmes complexes ayant des implications industrielles. En effet, d'ores et déjà, les réunions des différents GT rassemblent des chercheurs d'horizons divers : mathématiques appliquées, statistiques, traitement du signal, automatique, mécanique, informatique, électronique, génie informatique et génie industriel, production automatisée, électrotechnique, etc.

Le renforcement des relations inter-GT évoqué lors du dernier rapport et devant permettre l'émergence de nouvelles idées préfiguratrices des ruptures évoquées précédemment a été mis en œuvre. Le lecteur trouvera ces informations dans les rapports respectifs des différents groupes (on peut recenser des réunions communes entre les GT de l'axe et les GT MOSAR, SYSME, SDH, mais

¹ Les partenaires du GIS 3SGS sont l'Université de Technologie de Troyes, l'Université de Reims Champagne-Ardenne, l'Université Henri Poincaré, Nancy 1, l'Institut National Polytechnique de Lorraine, l'Institut National de Recherche en Informatique et Automatique, l'Université des Sciences et Technologies de Lille, L'École Centrale de Lille, l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis, le Commissariat à l'Énergie Atomique, Électricité de France, le Centre National de la Recherche Scientifique et l'Université de Technologie de Compiègne.

également avec des GT d'autres GdR comme le GT CE2 du GdR SEEDS ou le GT 6 du GdR Robotique, ainsi que des groupes de travail émanent d'autres structures comme le GT « fiabilité et domaines connexes ». L'attribution, par le responsable d'axe, de soutiens financiers pour l'organisation de manifestations scientifiques diverses a également constitué un moyen d'action qu'il convient de faire perdurer.

Perspectives

Les GT de l'axe "Supervision, identification et maintenance" souhaitent contribuer modestement au renforcement de la présence du CNRS en Europe et à l'international. En effet, plusieurs groupes de travail ont d'ores et déjà œuvré en ce sens. Les actions entreprises par le GT MEA (workshop SWIM), le GT MACOD (conférence PENTOM et DMD, création de GT soutenu par des comités techniques de l'IFAC), le GT Identification (invitation régulière d'étrangers aux exposés du groupe) seront renforcées de façon à mieux utiliser le levier que représente une communauté Française structurée pour être représenté dans des structures européennes ou internationales.

L'amplification des partenariats avec les collectivités territoriales et les entreprises reste une préoccupation constante des groupes de travail de l'axe. Bien que l'on puisse déjà noter des réussites en ce domaine comme, par exemple et de façon non exhaustive, l'implication des nombreux chercheurs et laboratoires actifs dans le GIS 3SGS, Surveillance Sûreté et Sécurité des Grands Systèmes (<http://www.gis-3sgs.fr/>) ou des réponses concertées inter-laboratoires par l'intermédiaire de certains GT à des appels d'offres industriels (DCN, Thales Alenia Space, Airbus France), cette politique de réponse concertée continuera à être fortement encouragée.

PRESENTATION DU GROUPE DE TRAVAIL

IDENTIFICATION

Francisco Carrillo¹, Marion Gilson Bagrel² et Guillaume Mercère³

¹LGP, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes, 47, avenue Azereix, 65000 Tarbes, francisco.carrillo@enit.fr

²CRAN, Nancy Université, 54506 Vandœuvre-lès-Nancy cedex, marion.gilson@cran.uhp-nancy.fr

³LAI, Université de Poitiers, 40 avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers guillaume.mercere@univ-poitiers.fr

Site Web : <http://gtident.cran.uhp-nancy.fr/>

Présentation: contexte, problématique, thématique scientifique, objectif

Historiquement, le groupe de travail Identification, dédié à la modélisation et à l'identification des systèmes, a été créé en juin 1996. Jean-Claude Trigeassou en a été l'initiateur et l'animateur jusqu'en mars 2001. Alain Barraud et Alain Richard ont ensuite assuré l'animation jusqu'en janvier 2005. Hugues Garnier, Mohammed M'Saad et Thierry Pointot ont alors pris le relais et animé le groupe jusqu'en janvier 2008. Depuis, Marion Gilson, Francisco Carrillo et Guillaume Mercère sont en charge du groupe.

La construction et l'utilisation de modèles constituent, de nos jours, des étapes incontournables de nombreuses disciplines scientifiques et technologiques (physique, chimie, biologie, économie...). La modélisation permet en effet de formaliser le comportement du processus étudié à l'aide d'une représentation, baptisée « modèle », à partir de laquelle il est possible de comprendre, commander ou améliorer le fonctionnement du procédé analysé. Deux approches, souvent complémentaires, peuvent être envisagées pour modéliser un système :

- la première, qui fait appel aux connaissances des spécialistes du domaine considéré, consiste à regrouper, généralement sous forme de systèmes différentiels, algébriques ou graphiques, les lois et relations de la physique qui décrivent le comportement du processus ;
- dans de nombreuses situations pratiques, la complexité du procédé à modéliser est telle qu'il est difficile, voire impossible, de connaître ou d'associer les lois physiques gouvernant la dynamique du système. Il est alors nécessaire de faire appel à un modèle construit à partir de mesures des données d'entrée-sortie du procédé. L'objectif majeur de ce modèle est de reproduire au mieux le comportement du processus identifié. On parle plus particulièrement, dans ce cas, « d'identification du système ». Elle consiste finalement à rechercher un modèle mathématique capable de reproduire aussi fidèlement que possible le comportement dynamique d'un système à partir de données expérimentales et de connaissances *a priori*.

La modélisation est souvent considérée comme la phase initiale de l'automatique moderne. Elle permet en effet de déterminer le modèle du procédé qui sera utilisé pour prédire son comportement futur, diagnostiquer ses évolutions de fonctionnement ou synthétiser son régulateur et sa loi de commande. Puisque les processus industriels sont généralement complexes, il est nécessaire de posséder des connaissances approfondies dans des domaines aussi variés que la mécanique, l'électronique, l'énergétique, la biologie ou la chimie pour obtenir un modèle boîte blanche efficace. La modélisation expérimentale ou identification des systèmes est donc devenue une alternative logique à la modélisation classique fondée sur l'exploitation des lois physiques.

La démarche classique employée en identification repose principalement sur :

- la formalisation des connaissances disponibles *a priori* ;
- le recueil des données expérimentales ;

- l'estimation de la structure, des paramètres et des incertitudes d'un modèle ;
- enfin la validation (ou l'invalidation) de celui-ci.

Cette multiplicité d'étapes variées faisant appel à de nombreuses disciplines scientifiques conduit à un grand nombre de problèmes théoriques et pratiques, allant de l'analyse des phénomènes à identifier, de l'acquisition de données et du traitement des signaux d'entrée-sortie au problème d'identifiabilité, du choix du critère à minimiser et de l'algorithme d'optimisation ou de l'analyse critique des résultats obtenus. Ces différents points constituent les principaux thèmes abordés par le groupe de travail. Il est important de noter que ce champ thématique à caractère pluridisciplinaire (automatique, traitement du signal, statistique, analyse numérique, génie des procédés, ...) trouve ses applications dans des domaines très variés allant des processus de fabrication aux systèmes de transport, en passant par les processus environnementaux.

Pratiquement, les objectifs du groupe concernent aussi bien le développement de nouvelles méthodes d'identification, leur mise en œuvre pratique (développement d'outils logiciels) que des actions d'animation auprès des communautés nationale et internationale.

Organisation, animation et mode de fonctionnement

Le groupe de travail Identification fait partie de deux axes : l'axe Supervision, Identification et Maintenance (SIM) et l'axe Systèmes de Commande 1 : théories et méthodes (SC1). Il compte plus de 380 membres inscrits à la liste de diffusion provenant d'une vingtaine de laboratoires français : *CRAN, LAII, LGP, LAPS, L2S, GREYC, LAG, LAAS, LSIS, LAGIS, LaMCoS, LASL, LSIIT, LIX INRIA futurs*. Cette liste n'est pas exhaustive mais reflète les laboratoires les plus actifs dans les réunions des deux dernières années

Les relations sont importantes avec d'autres groupes de travail notamment le groupe MEA (Méthodes Ensemblistes pour l'Automatique), le groupe S3 (Sûreté, Surveillance, Supervision), le groupe AA (Automatique et Automobile) et l'action thématique « Les systèmes à dérivées non entières ». Plus récemment, cette collaboration s'est étendue au groupe MOSAR (Méthodes et Outils pour la Synthèse et l'Analyse en Robustesse) au travers d'une réunion commune en juin 2008.

Les activités du groupe de travail Identification sont rythmées par des réunions tri-annuelles, qui réunissent en moyenne 20 personnes et durant lesquelles sont présentés, sous forme d'exposés, les résultats de différents laboratoires.

Ces réunions sont organisées autour de quatre présentations aussi bien de doctorants que de chercheurs confirmés. Les présentations ont une durée moyenne de 40 minutes suivies d'une discussion de 20 min permettant de véritables échanges scientifiques. Ce mode de fonctionnement, très apprécié des participants, sera reconduit lors des réunions à venir.

Bilan et faits marquants

Le fait marquant de la période 2005-2006 est l'organisation des deuxièmes Journées Identification et Modélisation Expérimentale (JIME'2006) à Poitiers en novembre 2006. Ces 2^{èmes} Journées Identification et Modélisation Expérimentale (<http://lail.univ-poitiers.fr/jime06/>) s'inscrivaient dans la continuité des premières journées organisées à Nancy en 2001. Elles avaient pour objectifs de rassembler les acteurs francophones du domaine de l'identification des systèmes, de présenter un bilan scientifique, le plus large possible, des activités du groupe et de proposer une image de la recherche en identification et en modélisation expérimentale, grâce à des présentations orales, des sessions posters et des démonstrations logicielles. Le programme de ces journées se trouve en annexe.

En 2007 et 2008, deux éléments principaux ont marqué l'animation du groupe de travail :

- la publication d'un numéro spécial de la revue Journal Européen des Systèmes Automatisés (JESA) regroupant une sélection d'articles des deuxièmes JIME. Ces deuxièmes Journées

Identification et Modélisation Expérimentale (<http://laii.univ-poitiers.fr/jime06/>), qui se sont déroulées à Poitiers en novembre 2006, s'inscrivaient dans la continuité des premières journées organisées à Nancy en 2001. Elles avaient pour objectifs de rassembler les acteurs francophones du domaine de l'identification des systèmes, de présenter un bilan scientifique, le plus large possible, des activités du groupe et de proposer une image de la recherche en identification et en modélisation expérimentale, grâce à des présentations orales, des sessions posters et des démonstrations logicielles. Ce numéro spécial, rédigé sous la direction de Hugues Garnier, Mohammed M'Saad et Thierry Poinot, regroupe huit articles sélectionnés parmi les trente-cinq articles des JIME'06. Une seconde révision a été réalisée après sélection. La liste des articles composant ce numéro spécial est présentée au sein du Tableau 1 ;

<i>Auteurs</i>	<i>Titres</i>
P. Young	The refined instrumental variable method unified estimation of discrete and continuous-time transfer function models
E. Walter, M. Kieffer	Sur quelques idées fausses ayant des conséquences en identification
M. Fliess, S. Fuchshumer, K. Schlacher, H. Sira-Ramirez	Discrete-time linear parametric identification: an algebraic approach
H. Garnier, M. Gilson, T. Bastogne	Identification de modèles à temps continu. méthodes, outil logiciel et avantages
G. Mercère, R. Ouvrard, M. Gilson, H. Garnier	Identification de systèmes multi-variables à temps continu par approche des sous-espaces
M. Pouliquen, M. M'Saad, P. Dorléans, J. F. Massieu	Estimation des paramètres électriques de la machine asynchrone à partir des méthodes des sous-espaces à temps continu
A. Benchellal, T. Poinot, J. C. Trigeassou	Opérateur d'intégration fractionnaire simplifié pour la modélisation des interfaces de diffusion
C. Join, J. Masse, M. Fliess	Commande sans modèle pour l'alimentation de moteurs : résultats préliminaires et comparaisons

Tab 1 : Auteurs et titres du numéro spécial JESA, Vol. 42, n° 2-3/2008

- La réunion commune des groupes de travail Identification et MOSAR en juin 2008. Cette réunion avait pour objectif de
 - o présenter quelques outils d'identification pour la commande ;
 - o mettre en évidence les besoins des automaticiens en charge du développement des lois de commande.

L'organisation d'une telle réunion découle d'un constat simple : les travaux développés dans la communauté de la commande supposent l'accès à un modèle nominal consistant associé à une borne sur le modèle d'erreur fiable. Dans de nombreuses situations, ces incertitudes sur les paramètres sont calculées d'après une expertise du domaine. D'un autre côté, les « identificateurs » fournissent des modèles en proposant, pour chaque paramètre, une caractérisation particulière de la confiance portée sur cette estimation (biais, variance). Toutefois, ces deux problématiques interdépendantes sont souvent considérées de manières disjointes. Cette réunion a ainsi permis d'ouvrir la discussion sur des problèmes communs. Elle a également été l'occasion de proposer l'intervention d'un collègue étranger spécialiste de l'identification des systèmes LPV : Marco Lovera, professeur associé de Politecnico di Milano (Italie).

Au niveau logiciel, le développement de la boîte à outils Matlab d'identification directe de modèles à temps continu CONTSID (<http://www.cran.uhp-nancy.fr/contsid/>) s'est poursuivi.

Au niveau rayonnement, de nombreux chercheurs du groupe ont participé significativement à l'animation de la communauté internationale en organisant des sessions invitées dans des conférences et notamment :

- IFAC World Congress 2008, Seoul, Corée, 6-8 juillet 2008 ;

- 16th IEEE Mediterranean Conference on Control and Automation, MED'08, Ajaccio France, 25-27 juin 2007 ;
- 15th IFAC Symposium on System Identification, SYSID'09, Saint-Malo France, 6-8 juillet 2009.

Le rayonnement international du groupe est également visible par la participation de certains de ces membres aux comités scientifiques suivants :

- l'IFAC Technical committee on "Modelling, Identification and Signal Processing" (<http://sigpromu.org/ifactc/>) ;
- IEEE technical committee on "System Identification and Adaptive Control" (<http://sigpromu.org/ieetc/>) ;
- l'International Program Committee de l'IFAC Symposium on System Identification (SYSID) (<http://sysid2009.org/>).

Par ailleurs, Hugues Garnier (CRAN, Nancy), en collaboration avec Liuping Wang (RMIT Melbourne) a assuré la direction d'un ouvrage collectif sur l'identification de modèles à temps continu comprenant des contributions des experts mondiaux en identification (cf sommaire en annexe). Cet ouvrage a été l'occasion de synthétiser les travaux récents développés par les membres du GT et d'affirmer leur place dans le contexte de la recherche internationale en identification des systèmes.

Le site web du groupe (<http://gtident.cran.uhp-nancy.fr/>) rassemble les copies des présentations exposées lors des différentes réunions, l'annonce et le programme des réunions à venir, les thèses récemment soutenues dans le domaine, les références d'ouvrages de synthèse, les liens vers les conférences à venir, et divers liens vers d'autres sites en rapport avec l'identification des systèmes (lien vers des bases de données, des benchmarks, ...).

Programme des journées organisées par le groupe Identification depuis 2006

Sont résumés ci-dessous les programmes des journées scientifiques organisées par le groupe depuis mars 2006. Au total, sept réunions ont été organisées durant cette période, toutes dans les locaux de l'ENSAM à Paris. A ces 7 journées, s'ajoutent les deuxièmes Journées Identification et Modélisation Expérimentale (JIME) organisées à Poitiers en novembre 2006.

Programme de la réunion du 9 mars 2006

- E. Tohme, R. Ouvrard, T. Poinot et J-C. Trigeassou (LAI, Poitiers), *Initialisation des algorithmes à erreur de sortie pour la convergence globale*
- D. Henry (LAPS, Bordeaux), *Analyse vibratoire des turbomachines d'hélicoptère par utilisation des modèles paramétriques et du test de rupture fréquentiel*
- J.-C. Carmona (LSIS, Marseille), *Estimation robuste: quelques résultats formels et méthodologiques*
- P. Sibille (CRAN, Nancy), *Un outil de calcul symbolique pour l'automatique des systèmes linéaires*

Programme de la réunion du 8 juin 2006

- X. Bombois (Delft Center for Systems and Control, Pays-Bas), *Least costly identification for Control*
- G. Mercère (LAI, Poitiers), M. Gilson (CRAN, Nancy), *Identification des systèmes par approche des sous-espaces : un état de l'art en boucle ouverte et de nouveaux développements en boucle fermée*
- S. Thil, H. Garnier, M. Gilson (CRAN, Nancy), *Identification de modèles linéaires à temps continu dans un contexte erreurs en les variables*
- Préparation des JIME'2006

JIME'2006 – 16 et 17 novembre 2006

- Voir programme complet en annexe

Programme de la réunion du 14 juin 2007

- Hassan Abouassa (LGI2A, Béthune), Michel Fliess (LIX INRIA Futurs, Paris), Cédric Join (ALIEN INRIA Futurs & CRAN, Nancy) *Premières applications de nouvelles techniques algébriques d'identification paramétrique au trafic routier*

- Didier Rémond, Marie-Ange Andrianoely, Gwenaëlle Aridon, Régis Dufour (LaMCoS, INSA-Lyon) *Comment améliorer l'identification de systèmes mécaniques à l'aide des polynômes de Chebyshev*
- Jérôme Antoni (UTC, Compiègne), Johan Schoukens (Vrije Universiteit Brussel) *Réglages optimaux pour la mesure non-paramétrique des fonctions de réponse en fréquence*
- Mohammed M'Saad et Mondher Farza (GREYC, Caen) *Sur la synthèse d'observateurs adaptatifs du type grand gain*

Programme de la réunion du 6 décembre 2007

- Béatrice Laroche (L2S, Gif-sur-Yvette) *Réduction d'ordre d'un modèle paramétrique de dynamique des populations en épidémiologie pour l'identification*
- Laurent Bako (LAGIS, Lille), René Vidal (Johns Hopkins University, USA) et Stéphane Lecoeuche (LAGIS, Lille) *Identification de systèmes MIMO ARX commutants*
- Edouard Laroche et Julien Delavigne (LSIIT, Strasbourg) *Analyse des effets dynamiques de la mesure par caméra*
- Stéphane Victor, Rachid Malti, Alain Oustaloup (LAPS, Bordeaux) et Hugues Garnier (CRAN, Nancy) *Variable instrumentale optimale pour l'identification de systèmes à dérivées fractionnaires*

Programme de la réunion du 13 mars 2008

- Afzal Chamroo (LAIL, Poitiers) *Identification et commande en temps réel par les systèmes à fonctionnement par morceaux*
- Baptiste Chomette, Didier Rémond, Simon Chesné et Luc Gaudiller (LaMCoS, Lyon) *De l'intérêt de l'identification dans le contrôle actif modal de structures – Influence de la variation des paramètres modaux sur les performances et le coût énergétique du contrôleur.*
- Fabien Lauer, Gérard Bloch (CRAN, Nancy) *Une approche basée sur les machines à vecteurs de support (SVM) pour l'identification des systèmes hybrides*

Programme de la réunion commune GT Identification et MOSAR du 26 juin 2008

- Dimitri Peaucelle (LAAS, Toulouse) *Modèles LTI incertains en commande robuste*
- Carine Jauberthie-Salsmann (LAAS, Toulouse) *Estimation garantie d'état dans un contexte à erreurs bornées*
- Marco Lovera (Politecnico di Milano, Italie) *LPV/LFT modelling and identification: an overview*
- Gilles Ferreres (ONERA-DCSD, Toulouse) *Techniques d'estimation d'un modèle LPV et/ou LFT.*

Programme de la réunion du 27 novembre 2008

- Firas Khemane, Rachid Malti, Magalie Thomassin, Tarek Raïssi (LAPS, Bordeaux) *Identification fréquentielle par modèle non entier utilisant une approche ensembliste*
- Laurent Bourgois, Gilles Roussel (LASL, Calais) *Inverseur neuronale semi-physique*
- Jean Duplaix (LSIS, Toulon) *Historique et résultats expérimentaux de l'identification d'un système MIMO dans un contexte ouvert, peu stationnaire, non linéaire et très perturbé, identification fréquentielle par modèle non entier utilisant une approche ensembliste*
- Alexandre Janot (HAPTION S.A., Soulgé Sur Ovette) *Modélisation et identification des interfaces haptiques*

Evolution du groupe de travail et perspectives

Le groupe souhaite développer ses activités d'animation aux niveaux national et international et ainsi poursuivre sa mission d'échange, d'ouverture et de rayonnement à travers les actions suivantes :

- réaliser chaque année une réunion commune avec un autre groupe de travail. Le succès de la réunion avec le groupe de travail MOSAR nous incite en effet à réitérer l'expérience dès 2009. Plus particulièrement, nous souhaitons nous rapprocher de la communauté s'intéressant à la mécanique. Plusieurs discussions avec nos collègues du LaMCoS nous ont montré que ces derniers avaient de nombreux problèmes de modélisation expérimentale à résoudre. Du côté de notre communauté, ces échanges nous ont permis de mettre en évidence que certains aspects, peu traités par les chercheurs en identification, étaient fondamentaux d'un point de vue pratique. Il semble donc que cette complémentarité soit une base solide à l'organisation d'une réunion

commune. Nous sommes actuellement en cours d'organisation de cette réunion qui devrait se dérouler en mai 2009 ;

- inviter des scientifiques étrangers de haut niveau à venir faire des exposés de synthèse. Ceci peut permettre d'initier des collaborations avec ces chercheurs de haut niveau mais également d'augmenter la visibilité internationale des activités du groupe. Des actions dans ce sens ont été récemment initiées : Xavier Bombois (TU Delft, Pays-Bas), Peter Young (Lancaster University, U.K.), Marco Lovera (Politecnico di Milano, Italie) ont en effet exposé leurs travaux entre 2006 et 2009 ;
- diffuser les acquis et le savoir-faire auprès du monde industriel. La visibilité des travaux de recherche menés par le groupe Identification auprès des industriels doit être améliorée. Des actions sous la forme de journées ouvertes ou spécifiques, d'écoles d'été, ... sont à envisager avec l'objectif de diffuser sous forme accessible les méthodes et outils logiciels d'identification et ainsi améliorer la visibilité des recherches conduites par les membres du groupe ;
- profiter d'un créneau horaire lors de nos réunions pour présenter un état de l'art de problèmes classiques d'identification sous forme de mini cours à l'attention des doctorants mais également de chercheurs confirmés. Le groupe de travail doit en effet conserver son rôle pédagogique ;
- poursuivre les développements logiciels comme par exemple la boîte à outils CONTSID. Cette boîte est téléchargeable sur le site <http://www.iris.cran.uhp-nancy.fr/contsid/> .

ANNEXE

Programme des Journées Identification et Modélisation expérimentale (JIME'2006)

Poitiers – 16 et 17 novembre 2006

Jeudi 16 novembre 2006

Plénière

Peter Young (Lancaster University, U.K.). Refined instrumental variable estimation: a general approach to transfer function modelling from time series data

Session orale 1

Hugues GARNIER, Marion GILSON et Thierry BASTOGNE. Identification de modèles paramétriques à temps continu. Méthodes, outil logiciel et avantages

Julien NEYRAND, Marie-Ange ANDRIANOELY et Didier REMOND. Identification continue du comportement mécanique sur une base polynomiale de Chebyshev

Alexandre JANOT, Catherine BIDARD et Maxime GAUTIER. Modélisation, identification d'une interface médicale

Elie TOHME, Régis OUVARD, Jean-Claude TRIGEASSOU, Antoine ABCHE et Thierry POINOT. Initialisation des algorithmes d'optimisation - Comparaison de deux approches à erreur d'équation

Patrick SIBILLE. Estimation de la matrice de covariance du modèle à temps continu dans une procédure d'identification indirecte

Cédric JOIN, John MASSE et Michel FLIESS. Commande sans modèle pour l'alimentation de moteurs : résultats préliminaires et comparaisons

Session 2

François MALBURET et Jérôme MONTAGNY. Identification modale d'un hélicoptère : problématique et aspects expérimentaux

Elie TOHME, Régis OUVARD, Jean-Claude TRIGEASSOU, Antoine ABCHE et Thierry POINOT. Une méthodologie pour l'amélioration de la convergence des algorithmes à erreur de sortie

Mathieu GILLET, Laurent AUTRIQUE et Laetitia PEREZ. Modélisation expérimentale de revêtements intumescents et identification de propriétés thermiques

Imene BAZINE B.AMEUR, Jean Claude TRIGEASSOU, Thierry POINOT et Khaled JELASSI. Identification de la machine à courant continu en boucle fermée par erreur de sortie

Abdelbaki DJOUAMBI et Alina VODA BESANÇON. Identification récursive des systèmes à dérivée non entière

Amel BENCHELLAL, Thierry POINOT et Jean-Claude TRIGEASSOU. Opérateur d'intégration fractionnaire simplifié pour la modélisation des interfaces de diffusion

Session Poster & logiciel

Charles-Eric LEMAIRE, Pierre-Olivier VANDANJON et Maxime GAUTIER. Estimation du torseur des efforts de contact d'un compacteur vibrant en utilisant un modèle dynamique

Yvon THARRAULT, Gilles MOUROT, José RAGOT, David FIORELLI et Serge GILLE. Identification de relations de redondance analytique pour le diagnostic de fonctionnement de capteurs d'une station d'épuration

Laurent SIGNAC et François BENOIT-MARAND. Identification d'un système non linéaire de vases communicants par réseaux de neurones à temps continu

Julien CAROUX, Eduardo HARO, Michel BASSET et Gérard-Léon GISSINGER. Méthodologie d'identification pour l'estimation des paramètres physiques d'un véhicule à partir d'essais réels

Alexandre CHIBANE, Pierre GRANGEAT et Laurent DESBAT. Inversion d'un problème électrochimique à partir d'un modèle temporel explicite non entier

Abdallah HABBADI, Francisco CARRILLO et Arnaud BAYSSE. Une nouvelle approche d'identification pour la surveillance d'un entraînement électrique à courant continu

M.K. BEN GAYED, B. BOUSSAID, R. BEN HASSINE et M.N. ABDELKRIM. La modélisation Bond Graph d'un échangeur thermique à plaques

Boumedyen BOUSSAID, Charfeddine TAHRI, M. Koni BEN GAYED et M. Naceur ABDELKRIM. La modélisation Bond Graph des phénomènes de commutation dans les procédés pétrochimiques

Minh Tu PHAM, Mohamed SMAOUI, Xavier BRUN et Sylvie SESMAT. Modélisation en vue de la commande et identification paramétrique d'un vérin électropneumatique

Riad RIADI, Rousseau TAWEGOUM, Ahmed RACHID et Gérard CHASSERIAUX. Identification du modèle non linéaire NARX d'un groupe de conditionnement d'air passif

Edouard LAROCHE et Philippe CELKA. Identification des dynamiques d'un manipulateur grâce à la vision

Magalie THOMASSIN, Didier GEORGES, Gildas BESANÇON et Xavier LITRICO. Modélisation et identification d'un bief d'irrigation par une méthode de collocation

Gaétan VIDEAU, Tarek RAISSI et Ali ZOLGHADRI. Détection de défauts par analyse par intervalles

Luc JAULIN, Michel LEGRIS et Frédéric DABE. GESMI, un logiciel pour l'aide à la localisation de mines sous-marines

Hugues GARNIER, Marion GILSON, Thierry BASTOGNE et Hamza ZBALI. CONTSID : un outil logiciel pour l'identification de modèles paramétriques à temps continu à partir de données expérimentales

Vendredi 17 novembre 2006

Plénière

Eric WALTER. Sur quelques idées fausses ayant des conséquences en identification

Session 3

Michel FLIESS, Stefan FUCHSHUMER, Kurt SCHLACHER et Hebertt SIRA-RAMIREZ. Discrete-time linear parametric identification: An algebraic approach

Philippe NEVEUX, Eric BLANCO et Gérard THOMAS. Application du filtrage robuste à l'identification

Fabien LAUER et Gérard BLOCH. Méthodes SVM pour l'identification

Rodolfo ORJUELA, Didier MAQUIN et José RAGOT. Identification des systèmes non-linéaires par une approche multi-modèle à états découplés

Session 4

Guillaume MERCÈRE, Régis OUVRARD, Marion GILSON et Hugues GARNIER. Identification de systèmes multivariés à temps continu par approche des sous-espaces

Mathieu POULIQUEN, Mohammed M'SAAD, Philippe DORLÉANS, Malek GHANES et Jean François MASSIEU. Identification d'une classe de système par les méthodes des sous-espaces, cadre pour l'estimation des paramètres électriques d'un moteur asynchrone

Laurent BAKO, Guillaume MERCÈRE et Stéphane LECOEUCE. Identification en ligne de systèmes commutants à structure variable

Nacim MESLEM, Nacim RAMDANI et Yves CANDAU. Identification ensembliste de systèmes à temps continu par atteignabilité hybride

Référence de l'ouvrage cité dans le rapport

Identification of Continuous-time Models from Sampled Data.

H. Garnier and L. Wang (Eds.)

Springer-Verlag, London, 2008.

Series: Advances in Industrial Control

XXVI, 413 p. 105 illus., Hardcover

ISBN: 978-1-84800-160-2

<http://www.springer.com/engineering/book/978-1-84800-160-2>

Sommaire

Chapter 1. Direct Identification of Continuous-time Models: Issues, Basic Solutions and Relevance

H. Garnier, L. Wang, P.C. Young

Chapter 2. Estimation of continuous-time stochastic system parameters

E.K. Larsson, M. Mossberg, T. Söderström

Chapter 3. Robust Identification of Continuous-time Systems from Sampled Data

J.I. Yuz, G.C. Goodwin,

Chapter 4. Refined Instrumental Variable for Identifying Continuous-Time Hybrid Box-Jenkins Models

P.C. Young, H. Garnier, M. Gilson

Chapter 5. Instrumental variable methods for continuous-time closed-loop model identification

M. Gilson, H. Garnier, P.C. Young, P. Van den Hof

Chapter 6. Model Order Identification for Continuous-time Models

L. Wang, P.C. Young

Chapter 7. Estimation of the Parameters of Continuous-time Systems Using Data Compression

L. Wang, P. Gawthrop

Chapter 8. Frequency-domain Approach to Continuous-time System Identification: Some Practical Aspects

R. Pintelon, J. Schoukens, Y. Rolain

Chapter 9. The CONTSID Toolbox : A Software Support for Data-based Continuous-time Modelling

H. Garnier, M. Gilson, T. Bastogne, M. Mensler

Chapter 10. Subspace-based Continuous-time Identification

R. Johansson

Chapter 11. Process Parameter and Delay Estimation from Non-uniformly Sampled Data

S. Ahmed, B. Huang, S. Shah

Chapter 12. Iterative Algorithms for Identification of Continuous-time Systems with Unknown Time Delays from Sampled Input-output Data

Z.J. Yang

Chapter 13. Closed-loop Parametric Identification for Continuous-time Linear Systems via New Algebraic Techniques

M. Fliess, H. Sira-Ramirez

Chapter 14. Continuous-time model identification using spectrum analysis with passivity preserving model reduction

R. Johansson

PRESENTATION DU GROUPE DE TRAVAIL

MEA : METHODES ENSEMBLISTES POUR L'AUTOMATIQUE

Luc Jaulin¹, Nacim Ramdani²

¹ ENSIETA, 2 rue François Verny, 29806 Brest cedex 09, Luc.Jaulin@ensieta.fr

² LIRMM, 161 Rue Ada, 34392 Montpellier cedex 5, nacim.ramdani@lirmm.fr

Site Web : <http://www.lirmm.fr/ensemble/spip.php>

Présentation scientifique

Le groupe MEA recense à l'heure actuelle 251 membres avec une progression d'environ 35 personnes par an. Il appartient aux deux axes suivants du GdR MACS :

- MEMO : Modélisation, évaluation et méthodes d'optimisation (responsable Yannick Frein)
- SIM : Supervision, Identification et Maintenance (responsable Didier Maquin).

Les méthodes ensemblistes, qui permettent la manipulation de sous-ensembles de \mathbb{R}^n , sont dédiées à la caractérisation de l'ensemble de toutes les solutions d'un problème donné. Cet ensemble peut être représenté de façon exacte, ou encadré par deux approximations intérieure et extérieure (ellipsoïdes, zonotopes, polytopes convexes ou unions de pavés). Ces méthodes permettent ainsi :

- de déterminer si un ensemble de points vérifie une propriété donnée,
- de garantir l'approximation extérieure, et donc de détecter la non-véracité d'une propriété du système lorsque cette approximation est vide,
- de caractériser numériquement cet ensemble tout en contrôlant la qualité de la solution obtenue selon le seuil de tolérance imposé ou choisi par l'utilisateur.

Initialement développés par les informaticiens dans le cadre de l'analyse des intervalles, afin de tenir compte de la propagation des imprécisions liées aux valeurs numériques (représentation machine des nombres, gestion des erreurs d'arrondis), ces outils permettent également de gérer les imprécisions issues d'une chaîne d'instrumentation (qualité des capteurs, précision technologique, conditions opératoires, présence de signaux parasites), en quantifiant l'erreur sur le résultat final. Ont ainsi pu être traités des problèmes intrinsèquement mathématiques, mais surtout issus de l'automatique. Le calcul par intervalles permet ainsi de résoudre une grande classe de problèmes non-linéaires, comme par exemple le calcul de tous les minima globaux d'un critère non-convexe ou bien le calcul de toutes les solutions d'un système de n équations à n inconnues. Contrairement aux méthodes numériques classiques (méthodes de MontéCarlo, par exemple), le résultat est obtenu de façon globale et garantie en un temps fini, même lorsque des fonctions trigonométriques ou discontinues apparaissent dans le problème.

L'outil ensembliste est ainsi particulièrement utilisé en estimation paramétrique : en optimisation globale, où il fournit un encadrement garanti de tous les optimiseurs globaux d'un problème donné, et dans le contexte de l'estimation à erreurs bornées, où il permet de déterminer l'ensemble des valeurs acceptables des paramètres du modèle (c'est-à-dire cohérentes avec les mesures, le modèle et les bornes sur l'erreur d'équation) en appréhendant les incertitudes sur ces paramètres. Les modèles traités sont tout aussi bien linéaires, que non linéaires, et une amélioration continue de ces techniques a permis de les étendre à des problèmes de plus grande dimension en termes de variables bornées à traiter (propagation de contraintes). Les principaux domaines d'étude de ces méthodes sont :

- **l'estimation et la modélisation** (estimation paramétrique, estimation d'état, problème inverse) avec prise en compte de l'incertain,
- **la commande** (analyse de stabilité, synthèse de lois de commande, validation des systèmes de commande),
- **La robotique** (planification de chemin, analyse de l'espace de configuration, localisation et cartographie)

- **la surveillance** (analyse de sûreté, analyse de risques, modélisation des effets pour les études de dangers, détection et diagnostic de défauts).

Les progrès combinés de l'algorithmique et de la vitesse de calcul des ordinateurs permettent une diffusion toujours plus grande de l'outil ensembliste et d'envisager un nombre croissant de problèmes à traiter.

Organisation du GT

Luc Jaulin et Nacim Ramdani animent le GT actuellement. Les animateurs sont renouvelés en moyenne tous les 2 ans. Les informations sont généralement diffusées par email (mea-gdrmacs@univ-valenciennes.fr). Nous nous réunissons en moyenne deux à trois fois par an à Paris ou en province avec en plus le workshop international SWIM qui nous permet de communiquer avec les communautés scientifiques extérieures. Cette gestion relativement simple nous permet de nous concentrer que les objectifs scientifiques.

Les laboratoires qui participent activement à notre GT sont le LISA (Angers), le LIRMM (Montpellier), DTN (Brest), Heudiasyc (Compiègne), le L2S (Paris), le LINA (Nantes), l'ECS (Cergy) et Coprin (Nice).

Parmi les industriels présents à nos réunions, nous avons Dassault et AC-système.

Notre GT représente la France au sein d'une communauté internationale sur le calcul par intervalles <http://www.cs.utep.edu/interval-comp/> qui regroupe environ 1000 chercheurs internationaux. La particularité de la recherche française dans ce domaine est son application des méthodes ensemblistes à l'automatique et à la robotique ainsi que la propagation de contraintes.

Programme des journées et réunions organisées par le GT

Tout d'abord comme prévu dans notre dernier rapport d'activité, nous avons organisé la première édition du workshop international SWIM (**Workshop SWIM 08**: Small Workshop on Interval Methods), 19-20 juin 2008, qui s'est tenu les 19 et 20 Juin 2008 à Montpellier ([LIRMM](http://www.lirmm.fr)) <http://www.ensieta.fr/jaulin/swim08.html>. Le programme est donné ci-dessous.

Session CSP , nonlinear system and intervals arithmetics

- ▶ Jamila Sam-Haroud, Artificial Intelligence Laboratory, Lausanne (Switzerland) : Enhancing numerical constraint propagation using multiple inclusion representations
- ▶ Gilles Trombettoni, Gilles Chabert : Constructive Interval Disjunction : past, present, and future
- ▶ Ignacio Araya, Bertrand Neveu, Gilles Trombettoni : Exploiting Common Subexpressions in Numerical CSPs
- ▶ Jean-Pierre MERLET, INRIA Sophia Antipolis : Influence of uncertainties on ultrasonic localisation systems
- ▶ Milan Hladik, David Daney : Computing the range of real eigenvalues of an interval matrix
- Nathalie Revol, INRIA Rhones Alpes : Standardization and interval arithmetics
- ▶ Dominique LOHEZ, ISEN-Lille : Relational and Algebraic Concepts for Automated Interval Reasoning
- ▶ Guillaume Verger, LIRMM, Montpellier : CSPs and Quantified CSPs
- ▶ Maëleonn AUFRAY (ENSIACET - Toulouse), Adrien BROCHIER and Wulff POSSART : S.I.V.I.A. Applied to Dielectric Spectroscopy : a Guaranteed Parameter Estimation Using Interval Analysis

Plenary Talk

- ▶ Ned Nedialkov, Dept Computing & Software, McMaster Univ., Canada : Interval Tools for ODEs and DAEs

Session Continuous Reachability and Verification

- ▶ Nacim Ramdani, INRIA Sophia-Antipolis Mediterranee and LIRMM UMR 5506, CNRS UM2 Montpellier : Reachability of uncertain nonlinear systems using a nonlinear hybridization
- ▶ Olivier Bouissou, CEA Saclay - DRT/DTSI/SOL/MeASI Gif-sur-Yvette : Using guaranteed integration of ODEs for the verification of embedded software.

- ▶ Nicolas Delanoue, LISA, Angers : Attraction domain of a nonlinear system using interval analysis.
- ▶ M. Lhommeau, LISA Angers : Inner and outer approximation of the capture basin of a state space model using interval analysis

Session Estimation, uncertainty and CSP

- ▶ Olivier STRAUSS, LIRMM UMR CNRS Univ. Montpellier : Imprecise estimation in signal processing.
- ▶ Emmanuel Bénazéra, Louise Trave-Massuyes, LAAS, Toulouse : Set-Theoretic Estimation of Hybrid System Configurations.
- ▶ Farah Mourad, Fahed Abdallah, Hichem Snoussi, Cédric Richard, UTC, LM2S, UTT : Guaranteed boxed localization in MANETs by interval analysis and constraints propagation techniques.
- ▶ Philippe Langlois (DALI, Univ Perpignan) and Nicolas Louvet (Arénaire, INRIA & ENS Lyon) : Accurate results with compensated algorithms and validated error bounds in floating point computation
- ▶ Jorge Florez, Mateu Sbert, Josep Vehí (University of Girona) : Improving ray tracing of implicit surfaces using interval arithmetic.
- ▶ Jan Sliwka, ENSIETA, Brest : SAUC'ISSE : our interval robot
- ▶ Luc Jaulin, Gilles Chabert, ENSIETA : Resolution of nonlinear interval problems using symbolic interval arithmetic
- ▶ Gilles Chabert and Luc Jaulin, DTN, ENSIETA : Interval and Boolean constraint propagation for simultaneous localization and map building
- ▶ Sébastien LENGAGNE, Nacim RAMDANI, Philippe FRAISSE (LIRMM / INRIA) : Application of Interval Analysis : safe path planning.

Nous pensons que ce workshop a été un succès et nous avons décidé de proposer une seconde édition de ce workshop. SWIM'09 se tiendra à Lausanne, EPFL les 10,11,12 juin 2009.

Programme des journées organisées par le groupe MEA depuis 2006

Réunion du 16 mars 2006 (16 participants)

- G. Chabert, A. Goldsztejn, *Interval hull for a class of quantified linear systems*
- N. Delanoue, *Interval analysis for proving asymptotic stability of a nonlinear system*
- A. Gning, P. Bonnifait, *Solving CSP involving cycles*
- M.K. Didi Alaoui, *Estimation d'état dans les graphes d'événements à flux temporels. Application à la détection de défaillances*

Réunion du 18 mai 2006 (12 participants)

- C. Combastel, *Fault diagnosis based on set-membership approaches*
- L. Jaulin, *interval constraint propagation for the SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) of a marine robot*
- A. Goldsztejn, L. Jaulin, *Inner and Outer Approximations of Existentially Quantified Equality Constraints*
- S. Lagrange, N. Delanoue, L. Jaulin, *Interval Analysis for testing injectivity of a differentiable function*

Réunion du 07 décembre 2006 (9 participants)

- G. Melquiond, *Proposing Interval Arithmetic for the C++ Standard*
- O. Adrot, F. Chamieh, B. Boudevillain, M. Gosset, J-M. Flaus, *Rain rate estimation from weather radar measurements*
- N. Meslem, N. Ramdani, *Identification ensembliste de systèmes à temps continu par atteignabilité hybride*
- E. Walter, M. Kieffer, *Sensitivity analysis for the guaranteed estimation of the parameters of nonlinear continuous-time knowledge-based models*

Réunion du 19 juillet 2007 (16 participants)

- M. Lhommeau. *Characterization of capture basins via interval methods.*
- A. Goldsztejn. *A new containment method for rigorous shadowing.*
- T. Dang. *Reachability computation using set integration.*
- O. Nasri. *Reachability analysis of nonlinear systems by warranty piecewise affine approximation.*
- N. Meslem. *Reachability analysis of nonlinear systems via interval analysis.*
- L. Jaulin. *Embedded intervals.*
- G. Soares. *An interval-based approach vs. particle filtering : comparison and application to range-only target tracking with multistatic radar.*

Réunion du 1er octobre 2007 (23 participants)

Cette réunion a été conjointement organisée par les GT SYSME et GT MEA du GDR MACS et le GT6 "Conception Innovante et Mécatronique" du GDR Robotique. Les exposés proposés offrent un large spectre de méthodes (arithmétique par intervalles, calcul ellipsoïdal, optimisation, satisfaction de contraintes ...) dans le but de contribuer à la résolution de problèmes concrets, en particulier la conception, estimation et commande en robotique. Elle s'est déroulée à l'INSA de Lyon

- Nathalie REVOL, *Optimisation globale sans et avec contraintes : résolution à l'aide de l'arithmétique par intervalles.*
- Luc JAULIN, *Interval analysis and constraint propagation ; applications to robotics*
- Jean-Pierre MERLET, *Conception appropriée et analyse par intervalles*
- Nacim RAMDANI, Suzanne LESECQ, *Estimation et observation ensembliste ellipsoïdale : application à l'identification de paramètres en robotique.*
- Nacim RAMDANI, *Intégration numérique garantie d'équations différentielles ordinaires en présence d'incertitude. Application à l'atteignabilité continue non linéaire en présence d'incertitude.*

Réunion du 22 novembre 2007 à Paris

- Guillaume Revy, *FLIP - Software support for single precision floating-point arithmetic on integer processors*
- Raphael Pereira, David Daney, *Int4Sci, a Scilab interface for interval analysis*
- Gilles Chabert, *IBEX, an Interval-Based Explorer*
- Thomas Douillard, *Résolution de problème de contraintes disjonctifs - Heuristiques de splitting.*
- Luc Jaulin, Gilles Chabert, *Resolution of nonlinear interval-valued problems using symbolic interval arithmetic*
- Sébastien Lengagne, Nacim Ramdani, Philippe Fraisse *Guaranteed computation of constraints for safe path planning*
- Stéphane Pikorski, Lionel Lacassagne, Michel Kieffer, Daniel Etiemble, *Efficient 16-bit floating point interval processor for embedded systems and applications*

Réunion du 13 mars 2008 au LISA-Angers

- Marc Gouttefarde, *Analyse par intervalles appliquée à la détermination de l'espace de travail des robots parallèles à câbles.*
- Luc Jaulin, Gilles Chabert, *QUIMPER : a new programming language for set computation*
- Luc Jaulin, Gilles Chabert, *Quelques applications d'intelligence artificielle en automatique.*
- Alexandre Goldsztejn, *On the parallelepiped methods and higher order methods*
- Nicolas Delanoue et Didier Henrion, *Set convexity analysis with Interval Analysis*

Réunion du 13 novembre 2008 à Paris (25 participants)

- Michael Soullignac, Patrick Taillibert, Michel Rueher, *Trajectory Planning for UAVs in Presence of Winds*
- Nicolas Goze, Elisabeth Remm, Michel Goze, *On an algebra whose elements are intervals.*
- Dominique LOHEZ (ISEN-Lille), *Relational and Algebraic Concepts for Automated Interval Reasoning.*
- Amory Bisserier, Sylvie Galichet and Reda Boukezzoula, *Identification of fuzzy regression models*
- Alexandre Goldsztejn, *A New Framework for Sharp and Efficient Resolution of NCSP with Manifolds of Solutions.*
- Mehdi Lhommeau, *A new interval/graph approach for nonlinear control*
- Gilles Chabert, *QUIMPER, A new constraint tool*
- Luc Jaulin et Stéphane Bazeille, *Image Shape Extraction using Interval Methods.*

Perspectives

Les méthodes ensemblistes sont largement appliquées dans les domaines de la robotique et de l'automatique en France, mais très peu à l'étranger. Nous souhaitons étendre l'utilisation des méthodes ensemblistes pour d'autres domaines d'applications (comme le traitement du signal, la biologie ; ...), mais aussi, nous voudrions que les roboticiens ou roboticiens étrangers se mettent à utiliser plus largement les méthodes par intervalles. C'est à travers le workshop SWIM et les publications des membres de notre GT que nous espérons parvenir à atteindre nos objectifs.

En effet, malgré, toutes ses bonnes propriétés, le calcul par intervalles est resté relativement confidentiel dans la communauté automaticienne pour les raisons suivantes :

- *Trop coûteux*. Le nombre de variables doit être faible car sinon le temps de calcul est beaucoup trop grand.
- *Pas robuste*. Lorsque des bornes sur les erreurs de mesures ne sont pas rigoureusement respectées ou lorsque des données aberrantes existent, l'ensemble des solutions est vide et le résultat est difficilement exploitable.
- *Difficiles à mettre en œuvre*. L'implémentation efficace des méthodes intervalles est laborieuse et demande des connaissances approfondies en informatique.
- *Peu d'applications réalistes*. Il n'existe pas ou peu d'applications industrielles utilisant le calcul par intervalles et qui pourraient difficilement fonctionner sans un tel outil. Ce fait n'encourage pas un investissement lourd dans les intervalles lorsqu'on doit se confronter à une application d'envergure.

Quelques avancées récentes nous ont permis d'éliminer ces verrous dans le but de diffuser les méthodes ensemblistes.

- Il a été montré récemment que les méthodes par intervalles pouvaient s'avérer très efficaces même quand le nombre de variables est très grand (>100 000, par exemple). Il suffit pour cela de les combiner à des méthodes de propagation de contraintes.
- Lorsque des données aberrantes sont présentes, en cherchant à être cohérent, non pas avec toutes les mesures, mais avec un maximum d'entre-elles, on peut obtenir des méthodes d'estimation très robustes, qui fonctionnent dans des situations incertaines.
- Une nouvelle méthode a été proposée pour calculer de manière efficace l'espace atteignable des systèmes continus non linéaires en présence d'incertitude. Cette méthode associe les modèles de Taylor intervalles avec les théorèmes de comparaison des inégalités différentielles et la théorie des systèmes dynamiques hybrides.
- Ces deux dernières années, des outils informatiques ont été développés dans le cadre de notre groupe de travail (Int4Sci, QUIMPER, Alias). Ces outils permettent de programmer rapidement et aisément des algorithmes ensemblistes.
- Des applications réelles convaincantes utilisant le calcul par intervalles commencent à voir le jour. Des robots utilisant le calcul par intervalles pour se localiser existent. Le SLAM avec des méthodes ensemblistes est utilisé pour la localisation de mines sous-marine, etc.

PRESENTATION DU GROUPE DE TRAVAIL

SURETE – SURVEILLANCE – SUPERVISION

Christophe Bérenguer¹ et Vincent Cocquempot²

¹Institut Charles Delaunay, 12, rue Marie Curie, BP2060, 10010 Troyes Cedex, christophe.berenguer@utt.fr

²LAGIS - Université de Lille 1, Polytech'lille, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, vincent.cocquempot@univ-lille1.fr

Site Web : <http://www.ensem.inpl-nancy.fr/gts3/>

Présentation générale

Le groupe de travail S3, « Sûreté, Surveillance, Supervision » rassemble les chercheurs de la communauté française intéressés par la sûreté de fonctionnement des systèmes et par l'élaboration d'une approche globale de conception et d'exploitation sûre des systèmes industriels complexes. Lors de la phase de conception, il s'agit de garantir que le système fonctionnera selon un cahier des charges précis (en fonctionnement normal) et de prévoir les modes de repli si une partie des fonctions n'est plus assurée (modes de défaillance). En phase d'exploitation, il faut surveiller le comportement du système afin de détecter et de localiser précocement les défauts. Cette surveillance peut avoir plusieurs objectifs : maintenir certaines performances du système en fonctionnement défaillant en utilisant une commande adaptée (commande active tolérante aux défauts), reconfigurer le système ou les objectifs, prévenir l'occurrence de défaillances majeures par des opérations de maintenance adaptées. Les chercheurs d'une trentaine de laboratoires français, dont les thèmes de recherche concernent l'automatique, le traitement du signal, les statistiques, la fiabilité ou l'intelligence artificielle, participent régulièrement aux activités du groupe. Celles-ci se concrétisent essentiellement par des réunions au cours desquelles sont présentés des exposés scientifiques faisant le point sur les recherches en cours.

Problématique et objectifs

La sûreté de fonctionnement caractérise les performances d'un système et rend compte de son aptitude à remplir sa(ses) mission(s) en présence de défaillances matérielles, logicielles et humaines, et aux agressions de son environnement.

Initialement, le problème de sûreté était seulement étudié lors de la conception d'un système (matériaux, dimensionnement, fabrication). Avec le développement rapide de l'électronique et de l'informatique, le traitement de l'information issue de l'instrumentation des processus joue un rôle important pour la surveillance du fonctionnement de celui-ci (détection et diagnostic de défaillance) et sa supervision (maintenance conditionnelle, accommodation aux défaillances), d'où la nécessité d'étudier, à toutes les étapes de conception, d'exploitation, voire de démantèlement d'un système, les problématiques suivantes :

- *Sûreté*. Il s'agit de la fiabilité technique et humaine d'un processus. La conception d'un système sûr de fonctionnement doit évaluer les risques de défaillances matérielles, logicielles et humaines, ainsi que les conditions environnementales.
- *Surveillance*. C'est le traitement de l'ensemble des informations concernant le fonctionnement d'un processus, issues des instruments de mesure et émises par l'opérateur, pour la détection, la localisation et le diagnostic de défaillances, et pour le suivi des conditions de fonctionnement liées au vieillissement des composants du processus et au changement de l'environnement.
- *Supervision*. En fonctionnement normal, le dispositif de supervision assure la planification de la maintenance en fonction des résultats de surveillance. Suite à la détection d'une défaillance, le dispositif de supervision réagit pour l'accommodation de la défaillance, à l'aide des informations fournies par l'étude de sûreté et par le dispositif de surveillance. Les interventions peuvent être la

reconfiguration de la commande, la reconfiguration du processus lui-même, ou la reconfiguration des objectifs du fonctionnement du processus.

Le traitement de l'information au sens le plus large (mesures quantitatives délivrées par des capteurs, mais aussi informations plus qualitatives issues d'opérateurs par exemple), qui constitue un volet important des STIC, joue un rôle essentiel dans l'amélioration des performances des systèmes. L'exploitation rationnelle de l'ensemble des informations disponibles constitue donc un enjeu important tant sur le plan économique, qu'environnemental ou social. En raison de la diversité des systèmes concernés par cette problématique, de la multiplicité des objectifs poursuivis et de la nécessaire utilisation d'outils théoriques de nature différente, ce groupe attire des chercheurs de communautés très différentes : automatique, traitement du signal, statistiques, fiabilité, intelligence artificielle, etc.

Avec comme but la recherche de méthodologie de conception et de gestion de systèmes sûrs de fonctionnement, les principaux objectifs du groupe S3 sont les suivants :

1. Mettre en évidence les complémentarités des approches apportées par ces diverses communautés dans le cadre d'une conception intégrée;
2. Faire émerger l'unité des concepts mis en oeuvre pour établir un corpus scientifique cohérent relatif à la conception intégrée de systèmes sûrs de fonctionnement;
3. Optimiser les méthodes existantes et développer de nouvelles approches permettant de répondre aux exigences croissantes de sûreté de fonctionnement pour des systèmes de plus en plus complexes.

Comme le souligne le rapport de synthèse du comité d'experts du CNRS en « Diagnostic et Sûreté de Fonctionnement », la recherche dans ce domaine doit faire face aussi bien à des verrous et défis mono-disciplinaires qu'à des verrous et défis multi/disciplinaire. Un des intérêts et une des ambitions du GT S3 est de permettre des échanges entre chercheurs de communautés différentes automatique, électrotechnique, signal, informatique et fiabilité/probabilité/statistiques. Cette situation à l'interface offre la possibilité de développer des recherches intégrant les méthodes issues de ces diverses disciplines.

Ces échanges permettent d'initier des projets de recherche impliquant les différents laboratoires du GT. Ainsi, un GIS (groupement d'intérêt scientifique) sur les thématiques de S3 : GIS 3SGS Surveillance Sûreté et Sécurité des Grands Systèmes (<http://www.gis-3sgs.fr/>) a été mis en place afin de fédérer les recherches multidisciplinaire dans ce domaine. Deux projets du GIS, réalisés en 2008, ont particulièrement concerné les thématiques du GT S3 :

- **COSMOS** : Conception et Observation de Systèmes à Modes multiples de fonctionnement Sûrs. Laboratoires impliqués : CRAN, CRESTIC, ICD, LAGIS. Responsable José Ragot (CRAN Nancy-Université) ;
- **DEPRADEM** : Modélisation de la Degradation et du PRonostic pour l'Aide à la DEcision de Maintenance Le projet DEPRADEM est piloté par A. Barros de l'UTT/ ICD de Troyes et E. Levrat du CRAN Nancy-Université. Les acteurs principaux de DEPRADEM qui sont EDF, le CRAN, l'UTT, le LAGIS et le LAMIH, partagent des problématiques communes qui se structurent dans le projet autour de 3 thèmes principaux et de leurs interactions :
 - la modélisation des dégradations/détériorations des systèmes ;
 - la modélisation du processus de pronostic de l'état de systèmes (suivi de la détérioration, évaluation de la durée de vie résiduelle, ...) ;
 - la modélisation du processus d'aide à la décision de maintenance et de l'évaluation des performances des politiques de maintenance.

Par le biais de ce projet, des liens ont également été établis avec des membres du GT MACOD.

Le GT S3 constitue également un vecteur déterminant de communication et d'échanges scientifiques entre les différents laboratoires. Ainsi indirectement, il soutient l'implication des animateurs (issus de deux laboratoires CRAN-Nancy et GIPSA-Lab-Grenoble) du groupe de travail *Intelligent Control and Diagnosis* au sein de l'*Institute for Automation and Robotics* regroupant des chercheurs de Mulhouse, Strasbourg, Karlsruhe, Duisburg (Allemagne), Coventry et Hull (Angleterre), Zielona Gora (Pologne), Barcelone-Terrassa (Espagne) dans l'organisation d'un *Annual Workshop on Advanced Control and*

Diagnosis. Ce workshop regroupant en moyenne 60 chercheurs européens aborde les problématiques scientifiques de S3 dans un cadre européen. Les précédentes versions organisées à Grenoble en novembre 2007 et à Coventry en novembre 2008 ont donné lieu à des sessions invitées (*Fault diagnosis, Fault tolerant control, Network control system, FDI based on reliability analysis*) durant lesquelles les jeunes doctorants ou chercheurs des membres actifs du groupe S3 ont présenté des travaux récents.

Participants au GT S3

Sans prétendre dresser une liste exhaustive, les membres actifs du groupe S3 sont principalement issus des laboratoires suivants : LAGIS-Lille, CRAN-Nancy, LAAS-Toulouse, LSIS-Marseille, IRISA-Rennes, LAPS-Bordeaux, ICD-Troyes, GIPSA-Lab-Grenoble, LMSP ENSAM-Paris., LVR-Bourges (qui depuis le 01/01/08 est devenu l'Institut PRISME), GREAH-Le Havre, ESIGELEC-Rouen, ENSEA-Cergy, SATIE-Cachan. Les réunions du GT sont aussi l'occasion d'échanges directs avec des participants industriels : CEA, EADS (Airbus, Eurocopter), PSA, ...

Thèmes couverts par le GTS3

- T1 : Méthodes de détection, de localisation et d'identification des défauts (*FDI : Fault Detection and Isolation*)
TECHNIQUES UTILISEES : observateurs ou filtres, redondance analytique, identification de paramètres, détection de rupture, traitement/décomposition de signal, reconnaissance des formes, apprentissage, classification.
- T2 : Tolérance aux fautes : méthodes de reconfiguration, commandes actives et passives tolérantes aux fautes (FTC)
- T3 : Sécurité de fonctionnement : modélisations fonctionnelles et dysfonctionnelles

Les thématiques T1, T2 et T3 se prêtent bien au développement de travaux à l'interface de la fiabilité et de l'automatique. En effet, les caractéristiques « dynamiques » des systèmes tolérants aux fautes (provenant par exemple de leurs capacités d'auto-diagnostic et de reconfiguration) sont dans l'ensemble mal prises en compte par les méthodes classiques d'évaluation de fiabilité, souvent trop « statiques ». Le GT S3 s'intéresse donc, d'une part, au développement de méthodes plus « dynamiques » d'évaluation de la fiabilité, utilisables sur des systèmes FTC et, d'autre part, au développement d'approches visant à utiliser les analyses de fiabilité pour guider des stratégies actives de tolérance aux fautes.

- T4 : Interaction surveillance des systèmes & maintenance : les tendances actuelles des pratiques de maintenance vers une prise de décision dynamique (maintenance conditionnelle, voire prévisionnelle, et *health monitoring*) ouvrent un espace de recherche dans lequel les interactions entre les thématiques « surveillance et FDI » et « maintenance » sont appelées à se développer de façon très significative. En effet, dans ces approches de type « maintenance conditionnelle ou prédictive » (ou encore *health monitoring*), les décisions de maintenance se basent sur un diagnostic ou un pronostic de l'état du système, établi à partir des données de surveillance. L'optimisation globale des performances du système maintenu passe donc par une optimisation conjointe de la surveillance et de la maintenance. Il est dès lors nécessaire de mobiliser conjointement des compétences sur l'identification et la modélisation des processus de détérioration et de défaillance, sur les méthodes de surveillance et FDI, sur le pronostic, sur l'évaluation des performances des politiques de maintenance.

Ces compétences sont classiquement mises en œuvre de façon séparées, ce qui rend difficile une approche complète du problème de maintenance. Le GT S3 rassemble les compétences sur ces différents domaines, renforcées par ses liens avec d'autres GT (GT Fiabilité et domaines connexes, GT MACOD) et peut ainsi contribuer au développement de solutions innovantes à ces problèmes. Une telle démarche a commencé à être mise en œuvre par exemple au sein du projet DEPRADEM du GIS 3SGS auquel participent plusieurs membres du GT S3, ou dans la thèse de K. Bouvard (co-encadrement LAGIS/ICD).

Animation et mode de fonctionnement

Les activités essentielles du GT S3 sont :

- l'organisation de journées scientifiques consacrées à des exposés et à des discussions qui constituent une bonne opportunité de présentation de leurs travaux pour les jeunes chercheurs et permettent également de faire mûrir de nouveaux projets de recherche. La présence de plusieurs industriels à chaque réunion permet de nouer des contacts qui se concrétisent ensuite dans les laboratoires ;
- la diffusion d'informations intéressant spécifiquement les membres du GT ;
- l'organisation d'écoles destinées à des chercheurs débutants ou confirmés une thématique relative à S3 ;
- l'organisation de sessions invitées dans diverses conférences ;
- le soutien scientifique de colloques ou workshops. Ce soutien permet d'appuyer des demandes de subvention auprès du GDRMACS ;
- la rédaction de publications communes ou d'ouvrages de synthèse.

Détails des activités du groupe depuis 2006

Organisation de journées d'échanges

Au total 8 journées ont été organisées durant la période concernée, essentiellement dans les locaux de l'ENSAM à Paris. Chaque journée a rassemblé entre 20 et 30 personnes, universitaires et industriels. Les journées ont été consacrées à des exposés scientifiques, des discussions sur l'organisation du groupe, l'élaboration de projets. Les programmes des exposés scientifiques de ces journées sont rappelés ci-dessous. Des détails, en particulier les transparents des exposés ainsi que la nature des discussions abordées lors de ces journées, peuvent être téléchargés à partir de l'adresse internet <http://www.ensem.inpl-nancy.fr/gts3>.

Réunion du 15 mars 2006

- Igor Nikiforov (LM2S, Troyes) *Détection - localisation en présence de paramètres de nuisance*
- Michèle Basseville (IRISA, Rennes) *Traitement statistique de signaux pour la surveillance d'intégrité de structures*
- José Ragot (CRAN, Nancy) *Validation de données et diagnostic de systèmes à paramètres incertains*
- Midzodzi Pékpe (LAGIS, Lille) *Détection et isolation de défauts de capteurs à base de données*

Réunion du 27 septembre 2006

- Anne Barros (ICD-LM2S, Troyes) *Optimisation conjointe des performances de surveillance et de maintenance: position du problème et application à deux composants en redondance*
- Fateh Guenab, Didier Theilliol, Philippe Weber (CRAN, Nancy) *Système tolérant aux défauts : reconfiguration et/ou restructuration basée sur la fiabilité sous contrainte de performances dynamiques*
- Michel Kinnaert, Joseph Yamé et Thomas Delwiche (ULB, Bruxelles et CRAN, Nancy) *Transition sans à-coup entre régulateurs*
- Abdel Aitouche, Pierre-Emmanuel Dumont, Mireille Bayart (LAGIS, Lille) *Temps disponible pour la reconfiguration d'un système suite à la perte de capteurs*

Réunion du 23 janvier 2007

- Mohand Djeziri, Belkacem Ould Bouamama, Rochdi Merzouki (LAGIS, Lille) *Diagnostic des systèmes incertains, approche bond graph*
- Alain Glumineau (IRCCyN, Nantes), Luc Loron (IREENA, Nantes), Demba Diallo (LGEP, Gif-sur-Yvette) *Présentation des activités du groupe Inter GDR CE2 (Commande des Entraînements Electriques) et du projet "Observateurs pour une Approche Globale du Diagnostic et de la Commande des Systèmes de Conversion et d'Entraînements Electriques" supporté par le GDR MACS. Présentation du banc d'essai de Nantes*
- Estelle Cherrier (CRAN, Nancy) *Estimation d'état non linéaire : application à la synchronisation et aux cryptosystèmes chaotiques*
- Michel Vergé (ENSAM, Paris) *Présentation et démonstration d'une plateforme expérimentale : la machine MACHA*

Réunion du 14 mai 2007

- Philippe Goupil (EYC-CC Flight Control System - Airbus France) *Tolérance aux pannes, détections et surveillances dans les systèmes de commandes de vol*
- Mehdi Bayouh, Louise Travé-Massuyès (LAAS, Toulouse) *Diagnosticabilité des systèmes multimodes et diagnosticabilité hybride*
- François Bateman, Hassan Noura, Mustapha Ouladsine (LSIS, Marseille) *Diagnostic et tolérance aux fautes appliqués à un drone*
- Fabrice Auzanneau, Marc Olivas (Laboratoire de Fiabilisation des Systèmes Embarqués - CEA Saclay) *Diagnostic de réseaux filaire complexes*

Programme de la réunion du 4 octobre 2007 à Paris

- Oussama Mustapha, Mohamad Khalil, Ghaleb Hoblos, Houcine Chafouk, Dimitri Lefebvre (IRSEEM, Rouen et GREAH, Le Havre) *Détection et diagnostic par combinaison d'un banc de filtres et de l'algorithme séquentiel DCS*
- Rodolfo Orjuela, Benoît Marx, José Ragot et Didier Maquin (CRAN, Nancy) *De l'identification au diagnostic des systèmes non linéaires à l'aide d'un multimodèle découplé*
- Alexandre Falcoz, David Henry, Ali Zolghadri (IMS-LAPS, Bordeaux) *Diagnostic des actionneurs d'un RLV - Approche Hinf/H-*
- Mohammed Oudghiri, Mohammed Chadli, Ahmed El Hajjaji (CREA, Amiens) *Commande multimodèle tolérante aux défauts capteurs pour la dynamique latérale du véhicule automobile*

Programme de la réunion du 31 janvier 2008 – Journée commune avec le GT Fiabilité, Paris

- Christiane Coccozza, Sophie Mercier, Michel Roussignol (LAMA, Marne-la-vallée) *Processus de Markov déterministes par morceaux - Fiabilité dynamique*
- Philippe Weber (CRAN, Nancy-Université) *Réseaux bayésiens et applications en fiabilité et maintenance*
- Jean-Marc Thiriet (GIPSA Lab, Grenoble) *Réseaux et sûreté de fonctionnement : enjeux, problématiques, approches*
- Mitra Fouladirad (UTT, Troyes) *Détection en ligne et maintenance conditionnelle*

Programme de la réunion du 30 mai 2008 à Paris

- Jawad Karim, Carine Jauberthie, Michel Combacau (LAAS, DISCO, Toulouse) *Détection de défauts à base de modèle par approche ensembliste : application à un banc d'essai aéronautique*
- Michel Schieber, Marc Plantive (EADS Test & Services /EL/S) *Modélisation du diagnostic : vers un atelier de traitement de l'information*
- Abbas Chamseddine, Hassan Noura, Mustapha Ouladsine (LSIS, Aix-Marseille) *Instrumentation de systèmes complexes pour l'observabilité et la tolérance aux défauts*
- Gaétan Videau, Tarek Raissi, Ali Zolghadri (IMS, LAPS, ARIA, Bordeaux) *Contrôle d'intégrité paramétrique par satisfaction de contraintes : cas des systèmes non linéaires à temps continu*

Programme de la réunion du 5 décembre 2008 à Paris

- Dalil Ichalal, Benoît Marx, José Ragot, Didier Maquin (CRAN, Nancy-Université) *Diagnostic des systèmes non linéaires par une approche multimodèle*
- Roland Donat (INRETS-LTN & RATP, Arcueil) *Modélisation de la fiabilité à partir de réseaux bayésiens dynamiques particuliers : introduction aux modèles graphiques de durée*
- Marcel Staroswiecki (SATIE, Cachan) *Approche passive / active pour la tolérance aux fautes : application aux systèmes LTI sous défaillances complètes d'actionneurs*
- He-Xuan Hu, Anne-Lise Géhin, Mireille Bayart (LAGIS, Lille) *Analyse de la reconfigurabilité d'un système à partir d'une description en termes d'actions*

Organisation de journées thématiques

En association avec la [SEE](#), le GT S3 a organisé le 4 mars 2008 à l'[ESIEE](#) de Noisy-le-Grand une journée sur le thème « Les nouveaux outils de diagnostic dans les processus industriels »

Huit exposés d'enseignants/chercheurs et d'industriels ont été présentés :

- Frédéric Grzesiak (PROSYST) « *Diagnostic Automatique* » une nouvelle approche de diagnostic machine basée sur l'exécution d'un modèle structurel
- Zahi Sabeh, José Ragot, Didier Maquin (CRAN) *Modélisation et surveillance de la boucle des gaz dans un moteur diesel suralimenté à injection directe. Principes généraux du diagnostic de systèmes*

- Nasser Charkaoui (PSA) *Amélioration de la démarche de recherche de pannes en après-vente*
- Belkacem OuldBouamama, Mohand Djeziri, Rochdi Merzouki (LAGIS) *Conception intégrée des systèmes de supervision industrielle: théorie et application*
- Patrice Kiener (NETRAL) *Implémentation de réseaux de neurones pour le diagnostic sur co-processeur AIDIAG*
- Didier Theilliol, Christophe Aubrun, Philippe Weber (CRAN) *Surveillance de systèmes industriels fondée sur les méthodes de diagnostic à base de modèles*
- Jean-Baptiste Léger (PREDICT) *Surveillance et diagnostic de dégradation basés sur le couplage d'approches quantitative et qualitative : plate-forme CASIP/KASEM et applications industrielles*
- Jérôme Thomas (ACTIA) *Diagnostic à base de connaissances hétérogènes: application au domaine de l'automobile*

Liens avec d'autres GT

GT fiabilité et domaines connexes (UPE-MLV/UTT). Le groupe de travail « fiabilité et domaines connexes » a pour objectif de faire collaborer des personnes issues des communautés ST2I et Mathématiques appliquées sur des thématiques liées à la fiabilité et à l'optimisation de la maintenance pour des systèmes industriels au sens large. Ce groupe de travail qui existe depuis 1992 (<http://umr-math.univ-mlv.fr/seminaires/>), s'est recentré en 2007 sur les collaborations entre l'UTT, département STII du CNRS, et l'UMLV, département MPPU (Mathématiques, physique, planète et univers) du CNRS. Ses membres ont déjà reçu le soutien d'une Action Spécifique CNRS (MathStic) sur la période 2004-2005 intitulée « Mathématiques et Algorithmique de la Sûreté de Fonctionnement ». Les principales thématiques couvertes par le GT « fiabilité et domaines connexes » sont multiples : modélisation des phénomènes de dégradation et de vieillissement, étude fiabiliste des systèmes à comportement dit « dynamiques », étude des systèmes avec composants dépendants, étude des systèmes instrumentés de sécurité. Ces thématiques, ainsi que les compétences mobilisées au sein de ce GT sont très complémentaires de celles du GT S3. La collaboration avec ce GT (qui s'est concrétisée par une journée commune en janvier 2008) doit permettre de faire émerger des collaborations sur des projets à l'interface entre automatique et mathématiques appliquées par exemple sur des problématiques de surveillance/maintenance des systèmes, ou sur la fiabilité des systèmes dynamiques.

Groupe CE2 : Commande des entraînements électriques des GDRMACS et SEEDS. Une réunion commune entre les deux groupes a été organisée le 23 janvier 2007. Cette réunion a permis de présenter les activités des deux groupes et en particulier le projet du GT CE2 *Observateurs pour une approche globale du diagnostic et de la commande des systèmes de conversion et d'entraînements électriques*. Plusieurs chercheurs de S3 participent activement et régulièrement à ce projet.

GT SDH : Systèmes Dynamiques Hybrides. De nombreux chercheurs de S3 participent régulièrement aux activités du GT SDH. La surveillance et la tolérance aux fautes des systèmes dynamiques hybrides nécessitent de développer des méthodes et concepts spécifiques à ce type de système, tenant compte à la fois des dynamiques continues (ou discrétisées) et des dynamiques événementielles. Cette thématique a été initiée par l'action spécifique du CNRS : AS193 (2004-2005). Le projet COSMOS du GIS 3SGS (2008) se situe dans cette lignée.

Organisation de sessions invitées dans des conférences internationales

Plusieurs sessions ont été organisées dans des conférences internationales, sous l'égide du GTS3 :

- Session *Monitoring and fault-tolerant control design for hybrid dynamical systems*, Safeprocess 2006 (Pékin, Chine), organisateurs : V. Cocquempot (LAGIS) et B. Jiang (CAE-NUAA) ;
- Session *Fault detection and accommodation for nonlinear systems*, IFAC World Congress, 2008, Séoul, juillet 2008, organisateurs : V. Cocquempot (LAGIS) et B. Jiang (CAE-NUAA) ;
- Proposition de 7 sessions invitées à la conférence IFAC Safeprocess 2009 :
 - *Active fault tolerant control design for hybrid dynamical systems*. Proposée par V. Cocquempot (LAGIS) ;
 - *Fault detection and isolation based on set-membership techniques*. Proposée par T. Raissi (LAPS) ;
 - *Bond graphs for supervision design*. Proposée par B. Ould Bouamama (LAGIS) ;

- *Diagnosis and environmental issues. Proposée par D. Lefebvre (GREAH) et H. Chafouk (IRSEEM) ;*
- *Fault tolerant control & fault detection/isolation design for LPV systems. Proposée par D. Theilliol (CRAN);*
- *AI methods for model-based diagnosis. Proposée par Louise Travé-Massuyès (LAAS-CNRS, France), M. Nyberg (Linköping Univ., Suède), B. Pulido (Univ. de Valladolid, Espagne) ;*
- *Bridge between control theory and AI methods for model-based diagnosis. Proposée par Louise Travé-Massuyès (LAAS-CNRS), M. Nyberg (Linköping Univ., Suède), B. Pulido (Univ. de Valladolid, Espagne).*

Organisation d'écoles

- organisation d'un module de l'école des JDMACS'07 sur le thème : Diagnostic à base de modèles (responsables : Didier Maquin - CRAN et Vincent Cocquempot - LAGIS).
- organisation d'une école à Hammamet en Tunisie sur le thème du « Diagnostic à base de modèles » (responsables : Didier Maquin - CRAN et Vincent Cocquempot - LAGIS). 116 participants. Ecole soutenue par le GDRMACS et le Réseau de Formation de Jeunes Chercheuses et chercheurs en Automatique et Productique ;
- organisation d'un module de l'école des JDMACS'09 sur le thème : Méthodes de diagnostic de fonctionnement de systèmes sans modèle a priori. (responsables : José Ragot - CRAN et Vincent Cocquempot - LAGIS).

Ouvrages/articles collectifs

Supervision des procédés complexes. B. Celse, S. Charbonnier, V. Cocquempot, S. Gentil, S. Lesecq, D. Maquin, J. Montmain, J. Ragot, Hermès Science Publications, Traité IC2, série systèmes automatisés, sous la direction de Sylviane Gentil, 2007

Diagnostic des systèmes complexes. Ed. D. Lefebvre, H. Chafouk, A. El Hami, M. Bennouna, ISBN 9954-8992-0-0, 2008. Laboratoires ayant participé : CRAN Nancy, GREAH Le Havre, Groupe THALES, IRSEEM / ESIGELEC Rouen, LAAS Toulouse, Laboratoire d'Automatique de Tripoli Liban, LAGIS Lille, LASQUO / ISTIA Angers, LGPE / INSA Rouen, LSIS Marseille, LVR Bourges.

Diagnostic des SDH. Quelques contributions issues des approches continues. D. Lefebvre, D. Aubry, H. Chafouk, C. Combastel, E. Domlan, G. Graton, G. Hoblos, R. Kajdan, F. Kratz, A. Lalami, M. Lebbal, D. Maquin, J. Ragot, Journal Européen des Systèmes Automatisés, numéro spécial Systèmes dynamiques hybrides, vol. 41, n° 7-8, 2007.

4e colloque interdisciplinaire en instrumentation. J. Ragot, M. Robert, Lavoisier, 646 p., Paris, 2007.

Surveillance et diagnostic. D. Maquin, J. Ragot, B. Marx. In « Automatique : du cahier des charges à la réalisation de systèmes », R. Husson ed., Dunod, ISBN 978-2-10-050397-1, 2007.

Sélection d'articles pour revue internationale

Suite à la session spéciale *Design of fault tolerant control and fault diagnosis system using reliability analysis* organisé par Didier Theilliol au cours du 6th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety of Technical Processes - SAFEPROCESS 2006, August 30 September 1, 2006 Beijing, PR China, trois articles en version étendue ont été publiés dans le cadre d'un *special topic* proposé par D. Theilliol et C. Bérenguer pour le GT S3 au *Journal of Risk and Reliability - Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O*. Ces trois articles ont été publiés dans le volume 222 (2008) de JRR :

- Maintenance modelling and scheduling in fault-tolerant control, H. Li, Q. Zhao ;
- Component reliability in fault-diagnosis decision making based on dynamic Bayesian networks, P. Weber, D. Theilliol and C. Aubrun ;

- Reliable fault diagnosis scheme for a spacecraft attitude control system, R.J. Patton, F.J. Uppal, S. Simani and B. Polle.

Cette action résulte de la volonté de promouvoir et de développer au sein du GT des passerelles entre les thématiques « détection et localisation de défaillances », « contrôle tolérant aux fautes », « fiabilité (dynamique) » et « maintenance (conditionnelle/prévisionnelle) ».

Evolution du GT, projets, perspectives

- nous souhaitons décentraliser certaines réunions du groupe (1 sur 2) dans les laboratoires partenaires, sur une ou 2 journées. Ces réunions comporteront deux parties : la première sera consacrée à la présentation de l'équipe qui nous accueille (présentation de l'équipe, des projets, des matériels), la deuxième sera consacrée comme classiquement à des exposés d'autres laboratoires. L'objectif de ces réunions décentralisées est de renforcer encore davantage les échanges et de faire émerger des thématiques et/ou matériels pouvant faire l'objet de collaborations ;
- au-delà de l'activité d'animation de S3, nous souhaitons développer l'activité d'émergence de projets de S3, aussi bien entre les participants académiques de S3 qu'avec des partenaires industriels. Dans cet objectif, nous cherchons à faire participer aussi souvent que possible des industriels aux journées du GT ;
- comme évoqué dans ce rapport, nous souhaitons mettre en place des actions permettant de promouvoir et de développer au sein du GT des passerelles entre les thématiques « détection et localisation de défaillances », « contrôle tolérant aux fautes », « fiabilité (dynamique) » et « maintenance (conditionnelle/prévisionnelle) ». Ainsi, nous organiserons des réunions du GT ou des sessions invitées permettant de faire le point sur les travaux menés à l'interface de ces thématiques.

PRESENTATION DU GROUPE DE TRAVAIL

MACOD : MODELISATION ET OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE COOPERATIVE ET DISTRIBUEE

ZINEB SIMEU-ABAZI¹, KONDO ADJALLAH²

¹G-SCOP, 46, avenue Félix Viallet, 38031 Grenoble Cedex 1, zineb.simeu-abazi@g-scop.inpg.fr

²LGIPM, Ile du Saulcy, 57045 Metz Cedex 1, adjallah@enim.fr

Site Web : <http://www.univ-valenciennes.fr/GDR-MACS/macod/>

1. Présentation Scientifique

1.1- Contexte

La maintenance a souvent été réduite à l'application de résultats théoriques de différentes disciplines (parmi lesquelles la modélisation systémique et fonctionnelle, la recherche opérationnelle, les modèles statistiques et stochastiques d'analyse de fiabilité, le traitement du signal, l'automatique, mécanique, etc.), et à l'exploitation de méthodes de gestion (incluant par exemple les démarches d'assurance qualité, de juste à temps, de comptabilité analytique, etc.) Mais il faut noter qu'elle a connu au cours de cette dernière décennie des évolutions considérables aux niveaux organisationnel, stratégique et technologique.

Les facteurs à l'origine de cette véritable mutation sont liés d'une part à la situation transversale de la maintenance au sein des entreprises industrielles, car ses actions interfèrent avec les activités de production, les produits par la qualité et les équipements dans leur complexité par conception. D'autre part ces évolutions s'expliquent par une forte exigence d'expertises pluridisciplinaires qui caractérise par définition les équipements concernés (mécanique, physique, mécatronique, électromécanique, électrique, électronique, cognitive, etc.). Par ailleurs, ces évolutions ont été accélérées par les TIC qui ont forcé le développement de nouvelles formes d'organisation des activités de maintenance identifiées sous le vocable "*e-maintenance*".

Dans ce contexte, le nouveau paradigme de maintenance doit être conçu comme un levier d'action sur la performance globale de l'entreprise dans une logique de développement durable. Ainsi, au delà des applications d'outils existant, la maintenance aujourd'hui exige de développer des recherches spécifiques pour élaborer de nouvelles politiques et stratégies de diagnostic, de pronostic, d'actions préventives, de dimensionnement des ressources et de gestion des informations et connaissances.

1.2- Problématique et Objectifs

Les recherches sur la modélisation et l'optimisation des activités de maintenance coopérative et distribuée visent à élaborer un ensemble d'outils permettant de mieux comprendre et concevoir ce type de processus de maintenance. Les développements scientifiques tournent autour de la modélisation des systèmes techniques complexes, la prise en compte des phénomènes de propagation des défaillances, de la modélisation des processus de dégradation et des phénomènes de propagation des conséquences socio-économiques de l'activité de maintenance. De plus, il est nécessaire d'étudier les processus de décisions coopératives dans le cadre de la surveillance, du diagnostic, du pronostic et de l'intervention corrective ou préventive. Les recherches visent également à adapter des approches issues des sciences et techniques d'information et de communication, des sciences pour l'ingénieur et des sciences humaines et sociales, pour les besoins spécifiques liés à l'optimisation de la maintenance. C'est là l'objectif du groupe de travail MACOD qui concentre ses efforts sur deux concepts importants qui sont l'approche coopérative des décisions en maintenance et la notion de maintenance distribuée. Le premier concept va dans le sens d'une intégration réelle et efficace à tous les niveaux décisionnels et au sein de

chaque fonction des contraintes liées au maintien d'un système en condition opérationnelle (disponibilité opérationnelle). Le deuxième s'attache à la caractérisation des modes de fonctionnements selon des logiques organisationnelle et opérationnelle réparties c'est-à-dire avec des possibilités de délocalisation voire d'externalisation des processus relatifs à la maintenance (surveiller, diagnostiquer, réparer, planifier l'utilisation, remettre en cycle, ...).

1.3- Thématique scientifiques

L'objectif des travaux du GT concerne le développement de méthodes et techniques de modélisation et d'optimisation des systèmes de maintenance pour la maîtrise des installations de production par le maintien en état de disponibilité opérationnelle optimale.

Huit thèmes (T1 à T8) ont été retenus par le GT, sur la base des compétences des différentes équipes impliquées. Par rapport à ces thématiques, les verrous scientifiques (V1 à V7) ont été identifiés.

- T1 : Maintenance des systèmes distribués
- T2 : Pronostic et aide au diagnostic
- T3 : Processus d'agrégation et de déploiement des performances en maintenance
- T4 : Maintenance coopérative, e-maintenance
- T5 : Optimisation des stratégies de maintenance (décision)
- T6 : Intégration de la maintenance en conception
- T7 : Planification intégrée Production/Maintenance
- T8 : Soutien Logistique

Verrous Scientifiques :

- V1 : Modélisation de la dégradation et de son évolution (associé à T2 et T5)
- V2 : Formalisation des mécanismes d'agrégation et des performances (T1 et T7)
- V3 : Représentation et capitalisation de connaissances (T2 et T6)
- V4 : Modèle multi-vue / système multi-acteur (T1 T4 et T8)
- V5 : Méthodes d'apprentissage (T2 et T3)
- V6 : Ordonnancement dynamique (T4 et T7)
- V7 : Décision multi-critère (T1 T5 et T8)

Pour répondre à leur problématique, les membres du GT utilisent communément les outils suivants :

- O1. **Modélisation** : Modèles de produits et de processus, modèles fonctionnels, structurels, événementiels, comportementaux (réseaux de Petri, graphes d'états), modèles stochastiques (chaînes de Markov, ...), réseaux bayésiens, automates hybrides, logique floue, ...
- O2. **Analyse de risques** : arbres de défaillances, diagrammes de fiabilité, ...
- O3. **Evaluation** : systèmes d'indicateurs de performance, suivi de la performance, ...
- O4. **Optimisation** : recherche opérationnelle, programmation mathématique, heuristiques, ...
- O5. **Simulation** : outils de simulation des flux physiques, d'informations, ...
- O6. **Décision** : Intelligence artificielle (réseaux neuronaux, algorithmes génétiques, systèmes experts, RàPC, propagation de contraintes, systèmes multi-agents, ...)
- O7. **Information et Communication** : systèmes d'information, systèmes de gestion des données techniques, gestion des connaissances, REX

Mots clés : Optimisation de la maintenance, maintenance coopérative et distribuée, e-maintenance, systèmes intelligents, pronostic/diagnostic, technologies d'information et de communication, ingénierie des connaissances, retour d'expérience.

2. Organisation, animation et mode de fonctionnement

Outre une activité normale de groupe de travail, le groupe MACOD a particulièrement agi et poursuivi son action dans les directions suivantes :

- rédaction en cours d'un ouvrage sur la e-maintenance.
- projet de « Maintenance et Développement Durable » (MD2)
- coordination entre groupes de travail,

- organisation du colloque international PENTOM initié par le GT,
- l'organisation de sessions invitées (PENTOM'07, MOSIM'08, INCOM'2009)
- Participation active dans la mise en place du WG MES de l'IFAC
- L'organisation des workshops DMD'2007, DMD'2008 et DMD'2009

2.1- Élaboration d'un ouvrage scientifique sur la e-maintenance

L'objectif est de définir les principes de la e-maintenance et de son implémentation dans l'entreprise. Il s'agit de présenter une définition de la e-maintenance, les problématiques associées et l'influence de son implémentation sur l'organisation dans l'entreprise. De plus une attention particulière est accordée aux investissements technologiques et aux points durs scientifiques qui nécessitent une adaptation d'outils spécifiques. L'ouvrage ainsi défini est destiné entre autre à la formation aux nouveaux concepts de e-maintenance.

Plan de l'ouvrage :

0. Introduction
1. La fonction maintenance
2. La maintenance coopérative et distribuée
3. La e-maintenance
4. Les processus de la e-maintenance
5. Organisation de la e-maintenance
6. Informations / Connaissances de e-maintenance
7. Techniques de e-maintenance

2.2- Troisième et quatrième édition du colloque international francophone PENTOM (Performances et Nouvelles Technologies en Maintenance)

C'est à travers les travaux développés dans le GT MACOD en mars 2003 qu'est né à Valenciennes, le colloque international francophone PENTOM (Performances et Nouvelles Technologies en Maintenance). Il a pour vocation de donner à la maintenance sa véritable place en tant que thème de recherche, de levier d'action sur la performance des entreprises, et de sujet d'enseignement de haut niveau. PENTOM est un colloque francophone qui réunit les communautés académique et industrielle. Le succès des deux premières éditions (2003 à Valenciennes, 2005 à Marrakech) a amené le GT MACOD à poursuivre l'organisation de cet événement et ce, tous les deux ans en partenariat avec l'AFIM (Association Française des Ingénieurs et responsables de Maintenance), la BEMAS (Belgian Maintenance Association), l'Université de Valenciennes et l'Ecole Nationale de l'Industrie Minérale (ENIM) de Rabat. En juillet 2007, c'est à Mons qu'a eu lieu cette troisième édition de PENTOM. La quatrième édition est prévue du 7 au 9 décembre à Grenoble.

2.3- Relations industrielles

- Partenariat MACOD – DCN dans le cadre d'une étude pour le développement d'une plateforme de e-maintenance (définition d'une solution un système navires armés)
- Collaboration avec l'Association Française des Ingénieurs et responsables de Maintenance (AFIM)
- Collaboration avec la "Belgian Maintenance Association"

De plus, on peut citer qu'en termes de transfert industriel il y a la création de l'entreprise Em@systeme issue des membres actifs de MACOD qui a été lauréate de l'édition 2008 du concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes.

2.4- Proposition d'une session de formation pour les prochains JN-JD

Le GT MACOD propose un module de formation pour la prochaine école des JD MACS à Angers. Ce module aura pour thème « La maintenance prévisionnelle : méthodes et outils », et comportera une expérimentation pratique. Les grandes lignes du programme et les éventuels intervenants ont été proposés. Ainsi les thèmes identifiés sont :

- Optimisation de la maintenance (Z. Simeu-Abazi)
- Maintenance coopérative et distribuée (D. Noyes – F. Pérès)
- De la maintenance à la e-maintenance – Systèmes intelligents de maintenance (B. Iung)

- Ingénierie des connaissances, Retour d'expérience (B. Chebel Morello)
- Diagnostic et pronostic en maintenance (E. Levrat – K. Adjallah – R. Gouriveau)
- Plateforme Telma– démonstration web service (E. Levrat)

2.5- Mode de fonctionnement

- Journées thématiques (jumelées aux réunions du comité de pilotage) / 3 mois : exposés scientifiques/thèmes ouvrant vers les échanges avec les autres GT.
- Journées techniques avec les industriels (attentes/évolutions des besoins, diffusion/validation des résultats).
- Réunion inter-GT

2.6- Laboratoires participants activement au GT

Laboratoires G-SCOP de Grenoble, LOSI Troyes, Laboratoire, FEMTO de Besançon, LAHMI de Valenciennes, CRAN de Nancy, LGIPM de Metz et LGP Tarbes.

2.7- Délivrables (sessions de congrès, publication, ouvrage),

- Compte rendu de toutes les réunions
- Ouvrage en cours de rédaction sur la « e-maintenance » : L'objectif de cet ouvrage est de poser dans les grandes lignes mais avec un langage scientifique les principes de la e-maintenance et de son implémentation dans l'entreprise.
- Proceedings PENTOM 2007
- Numéros spéciaux : Computers In Industry 2006, EJOR
- Sessions spéciales : IFAC IMS 2008, IFAC MOSIM 2008, Symposium International sur la Maintenance et la Maîtrise des Risques 2008
- Sessions de formation à l'Ecole des JDMACS -2009
- Proceeding du DMD'2008 et 2009

2.8- Relations Internationales

Les Workshop DMD (Diagnostic et Maintenance des Systèmes Décentralisés) est une initiative pour établir une collaboration avec des partenaires en Afrique afin de promouvoir la diffusion des approches développées au sein du GT et initier des travaux de recherche en coopération. Cette opportunité permet également aux membres du GT d'établir des contacts utiles pour la formation en Master et doctorat.

2.8.1- Groupe de travail A-MEST IFAC

Le GT MACOD, à travers Benoit Jung, a été un des principaux acteurs d'une session dédiée à la création du groupe de travail "Advanced Maintenance Engineering, Services and Technology" (A-MEST), lors de la conférence **IFAC-CEA** "Cost Effective Automation in Networked Product Development and Manufacturing, Monterrey, N.L. México, October 2-5". Ce groupe de travail est soutenu par les Comités Techniques TC4.4 et TC5.1 de l'IFAC. A cette occasion, le GT MACOD a également participé activement à l'organisation de deux sessions "diagnostic et maintenance". L'initiative de création du groupe de travail A-MEST a été concrétisée lors du 9^{ème} Workshop IMS'2008 de l'IFAC organisé à Szczecin en Pologne du 9 au 10 octobre 2008, par une réunion pilotée par B. Jung (CRAN, GT MACOD) et Marco Garetti (Politecnico di Milano).

2.8.2-Collaborations

Du point de vue Européen, les membres du GT MACOD ont initié depuis la création du groupe, une démarche d'ouverture et de confrontation de leur vision avec les industriels et académiques Européens du domaine de la « maintenance ». Ceci s'est traduit concrètement au delà de la participation à des conférences dédiées au diagnostic, maintenance et fiabilité des systèmes :

- par une participation de quelques membres Européens francophones aux réunions MACOD (Université de Mons, FUCAM, CEMI, ...),
- d'un point de vue lien avec des fédérations scientifiques internationales comme IFAC, des membres MACOD ont publié plusieurs articles et comptent s'impliquer davantage en proposant un TC autour de la e-maintenance.

- Co animation du Groupe de Travail et de Réflexion régional Rhône-Alpes de l'IMdR : Institut pour la Maîtrise des Risques FIMA (Modèles Aléatoires pour la Fiabilité et la Maintenance des Systèmes).

3. Programme des journées et réunions organisées par le GT

PARIS, 9-10 MARS 2006 (JOURNEES STP)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Bilan des thématiques scientifiques du GT 2. Proposition d'une école d'été sur la e-maintenance 3. Organisation du congrès PENTOM 2007 4. État d'avancement de l'ouvrage.
VALENCIENNES, 16-17 NOVEMBRE 2006 (JOURNEES STP)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Thème : Maintenance Distribuée 2. Ordonnancement dynamique des actions de maintenance Exposé de François MARNIER du LAB 3. Thème : Maintenance dans l'aéronautique 3. Mise en place de nouveaux concepts de maintenance dans l'aéronautique - Samir GHELLAM – (LAG – EUROCOPTER) 4. Méthodes de diagnostic des pannes pour les équipements avioniques - Arnaud LEFEBVRE - (LAG – EUROCOPTER) 5. RdPC appliqué au diagnostic 6. Exposé de Karim HAOUCHINE - (LAB) 7. Avancement de l'ouvrage « La e-maintenance » 8. Discussion sur les fiches « outils »
PARIS, 1 JUIN 2006
<ol style="list-style-type: none"> 1. Réorganisation du GT MACOD 2. Avancement de l'ouvrage MACOD 3. Réunion commune GISEH – MACOD
LA ROCHELLE, 15-16 MARS 2007 (JOURNEES STP)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Avancement de l'ouvrage « La e-maintenance »- François Peres 2. Discussion sur les fiches « outils » - Expertise des fiches 3. Contribution à une maintenance préventive opportuniste basée sur l'algorithme de BRUSS. Edouard Thomas – (CRAN - Nancy) 4. Exposé 2 : Les réseaux de Petri Stochastiques pour l'ordonnancement de tâches de maintenance dans un contexte distribué.- Allali Ahmad- (Laboratoire GSCOP) 5. NemoSciences - Rafaël Gouriveau et Kamel Madjaher 6. Présentation des activités d'EADS IW – exposé des besoins Claude Reyterou (EADS)
AIX EN PROVENCE, 22-23 NOVEMBRE 2007 (JOURNEES STP)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Point sur l'ouvrage en cours sur la e-maintenance 2. Informations diverses concernant les activités du GT, proposition de projets 3. Par : Zineb SIMEU-ABAZI 4. PEGASE : Un nouveau pôle de compétitivité dans le domaine de l'aéronautique Par : Serge VALLET, Directeur délégué aux projets de R&D 5. Les besoins en maintenance chez EUROCOPTER : les principaux axes d'amélioration de la maintenance des hélicoptères Par : Mathieu GLADE (EUROCOPTER) – Responsable recherche en Maintenance & Diagnostic 6. Table ronde & débat
Paris, 30 mai 2008
<ol style="list-style-type: none"> 1. Bilan du workshop « Diagnostic & Maintenance des systèmes décentralisés » à Dakar 2. IFAC A-MEST : 3. Proposition d'une session école d'été pour les prochains JN-JD 4. Organisation du prochain PENTOM 09 5. Les projets en cours et demande de subvention 6. Le point sur les nouveaux thésards (1ère année)

METZ, 21-22 NOVEMBRE 2008 (JOURNEES STP)

1. “Le LGIPM en tant que membre actif des GT MACOD et INCOS” Nidhal Rezg (LGIPM)
2. “Elaboration de diagnostiqueurs locaux à partir de modèles distribuées de Partie Opérative”, par Alexandre PHILIPPOT (CReSTIC)
3. “Etude de politiques de maintenance basées sur une loi de défaillance dynamique et sur un horizon de temps fini”, par Jérémie Schutz (LGIPM)
4. “Opérateurs de symétrie médiane pour surveillance des systèmes en réseau à l’aide des FSM”, par Kondo H. Adjallah (LGIPM)
5. “Objectifs et activités du GT INCOS”, par Jean-François Pétin (CRAN)
6. “Objectifs et activités du GT MACOD” Kondo H. Adjallah (LGIPM)

Rencontres mensuels pour l’avancement de l’ouvrage depuis septembre 2008.

4. Perspectives

Le groupe de travail, poursuit son action habituelle et se focalisera davantage sur les points suivants :

- la diffusion des connaissances avec le colloque international PENTOM, la participation à différents congrès avec sessions invitées,
- la publication d’articles et de communications communes aux membres du groupe,
- la définition de sujets de thèses co-dirigées par des membres du groupe issus de différents laboratoires,
- Finalisation de l’ouvrage sur la « e-maintenance »
- Organisation de PENTOM 2009
- Organisation d’une session de formation dans le cadre de l’école des JDMACS 2009
- Finalisation du projet MD2 en cours avec perspective du montage d’une action ANR
- Perspectives – développement des contacts avec les industriels (EADS, Eurocopter, DCN,...)
- Développement des actions au niveau international via le WG A-MEST de l’IFAC

La participation active des membre du GT au réseau international de recherche coopérative pour la maîtrise des infrastructures durables et de développement, a permis de concrétiser des coopération université/industrie pour résoudre des problèmes de diagnostic, maintenance, sureté de fonctionnement. Plus de 10 universités sur 3 continents (Europe, Afrique et Amérique) y sont déjà impliquées. Cette initiative est actuellement portée par Kondo H. Adjallah. Différentes actions ont été concrétisées :

- Cotutelles de thèses : Besançon – Cameroun, Troyes - Sénégal
- Co- Direction de thèses Troyes – Togo, Grenoble - Cameroun
- Expertise et participation à des jurys de thèse (Sénégal, Cameroun et Togo)

PRESENTATION DU GROUPE DE TRAVAIL

INGENIERIE DE LA COMMANDE ET DE LA SUPERVISION DES SED

Pascal Berruet¹ et Jean-François Pétin²

¹ Lab-STICC, UMR 3192 CNRS, Université Européenne de Bretagne, Centre de Recherche, BP 92116, 56321 Lorient Cedex, pascal.berruet@univ-ubs.fr

² CRAN, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS, Faculté des sciences et techniques, BP 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy, jean-francois.petin@cran.uhp-nancy.fr

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. En 2006 et 2007, Le groupe INCOS a été animé par Nidhal Riz et Armand Toguyeni. Depuis janvier 2008, le groupe est animé par Pascal Berruet et Jean-François Pétin.

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 principal 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 à cause de leur taille ou de 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 appropriés 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 2007-2008, ce thème a fait l'objet de nombreux échanges à l'occasion des réunions organisées 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, un module de formation à l'école des JDMACS en 2007 et a fait une proposition de module pour l'école des JDMACS de 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 :

1. 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 ;
2. 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.

Plusieurs équipes du GT INCOS ont été impliquées sur ce thème (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 Evénements Discrets) soutenue par le GdR MACS.

Objectifs du GT INCOS

Le principal objectif du GT INCOS concerne l'animation de la communauté de l'**Automatique des Systèmes à Evénements 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 :

1. 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 ;
2. 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.

Positionnement au sein du GDR MACS

Les thématiques scientifiques développées positionnent clairement le GT INCOS :

1. 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) ;
2. 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.

Organisation du GT INCOS

Animation et mode de fonctionnement

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

1. **réunions de travail** d'une journée, à un rythme de 2 ou 3 réunions par an, consacrées 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 ;
2. **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.

Labos participants

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

Bilan

En termes de formation, Jean-Marc Roussel et Jean-François Pétin ont proposé un module de formation intitulé « Conception de la commande de SED sûrs de fonctionnement » à l'école des JDMACS de Reims en juillet 2007. Fort du succès rencontré, Pascal Berruet, Laurent Hardouin et Jean-Jacques Loiseau proposeront un nouveau module « Commande et surveillance des SED : Application aux systèmes manufacturiers » au cours de l'école des JDMACS qui se déroulera à Angers en mars 2009.

Eric Zamai, Fabien Rigaud, Jean-François Pétin, Pascal Berruet et Armand Toguyeni ont rédigé l'article « Principes des architectures de pilotage des procédés industriels » dans *Techniques de l'Ingénieur. Génie industriel/Conception et Production/Conduite des systèmes industriels*, juillet 2007.

Une session invitée, intitulée *Reconfiguration for discrete events control*, à la 2nd *IFAC Workshop on Conference on Dependable Control of Discrete Systems, DCDS'09* qui se déroulera à Bari en Italie en juin prochain, a été organisée par Pascal Berruet et Eric Niel.

Deux autres sessions invitées ont également été organisées par le GT INCOS au CESA'2006 :

- Session *Discrete Event Systems and Supervisory and Monitoring*, par N. Rezg (LGIM) et E. Craye (LAGIS).
- Session *Reconfiguration for complex discrete event systems*, par P. Berruet (LESTER) et E. Zamai (G-SCOP)

Programme des journées et réunions organisées par le GT depuis 2006

Réunion du 10 mars 2006 (pendant les journées STP)

- Saïd Amari (IRCCyN, Nantes) *Commande des graphes d'événements temporisés sous contraintes temporelles*
- Nadia Hamani (LAGIS, Lille) *Une approche de modélisation pour la gestion des modes des Systèmes Flexibles de Production Manufacturière*
- Al Saba Michel (LISA, Angers) *Modélisation et commande des systèmes flexibles de production manufacturière par l'algèbre des dioïdes*
- Israël Barragan (LURPA, Cachan) *Elaboration des propriétés formelles de sûreté des contrôleurs logiques à partir de l'analyse prévisionnelle des défaillances*
- Didi Alaoui Mohamed Khalid (LISA, Angers) *De la modélisation à l'analyse de la vivacité des graphes d'événements temporels*

Réunion du 26 octobre 2006 (journées « Enjeux de l'automatique embarquée »)

Cette journée a été organisée par l'AFSEC (Approches Formelles pour les Systèmes Embarqués Communicants <http://afsec.asr.cnrs.fr>), action inter GdR ALP, ASR (anciennement ARP) et MACS en collaboration avec le GT INCOS. Le programme de la journée est le suivant :

- Ludovic Augusto (Johnson Controls) *L'électronique embarquée automobile : vision d'un équipementier*
- PSA Peugeot Citroën
- Jean-Pierre Elloy (IRCCyN, Nantes) *Une spécification « complète » préalable à la sûreté de fonctionnement ? ... ou la mise en place des mécanismes de vérification dans le processus de développement*
- Eric Niel (AMPERE, Lyon) et Claude Jard (IRISA, Rennes) *Table ronde*

Réunion du 17 novembre 2006 (pendant les journées STP de Valenciennes)

- M. Hizem (LAGIS, Lille) *Interception d'un mobile dans un graphe pondéré*
- J.L. Lacan (LESTER, Lorient) *Approche par composant : un cadre pour l'ingénierie de la commande*
- E. Deschamps (LAG, Grenoble) *Synchronisation de modèles de parties opératives suite à l'occurrence de défaillances en contexte incertain*
- Aïssam Belabbas (LESTER, Lorient) *Système reconfigurable pour assistance technique aux personnes handicapées*

Réunion du 16 mars 2007 (pendant les journées STP – réunion commune INCOS - RdP)

- Siegfried Soldani (ACTIA/LAAS) *Diagnostic de fautes intermittentes dans les systèmes embarqués : application à l'automobile*
- Sébastien Henry (LIESP, Lyon) *Synthèse de lois de commande pour la configuration et la reconfiguration des systèmes industriels complexes*
- Thomas Bourdeaud'huy et Armand Toguyéni (LAGIS, Lille) *Décisions de reconfiguration basées sur l'exploitation de techniques d'optimisation*

Réunion du 17 janvier 2008, ENS de Cachan

- Appel à candidature pour le renouvellement de l'équipe d'animation

Réunion du 3 avril 2008, ENS de Cachan

- Panorama des activités de recherche dans le domaine de l'Automatique des SED par les laboratoires présents

- Eric Deschamps (G-SCOP) *Diagnostic de services pour la reconfiguration dynamique de SED*
- He-Xuan Hu (LAGIS) *Diagnostic décentralisé des systèmes à événements discrets*

Réunion du 12 juin 2008, ENS de Cachan

- Discussions autour des projets INCOS
- José Cury (LCMI / DAS / UFSC) *Some results on the supervisory control of discrete event systems: modular, hierarchical and multitasking control*
- Grégory Faraut (AMPERE) *Reconfiguration multi-mode dans le cadre de la théorie RW*

Programme de la réunion des 21 et 22 novembre 2008 – Journées STP, Metz (commune avec MACOD)

- Nidhal Rezg (LGIPM) *Le LGIPM en tant que membre actif du GT MACOD.*
- Alexandre Philippot (CReSTIC) *Elaboration de diagnostiqueurs locaux à partir de modèles distribués de Partie Opérative*
- Jérémie Schutz (LGIPM) *Etude de politiques de maintenance basées sur une loi de défaillance dynamique et sur un horizon de temps fini*
- Kondo H. Adjallah (LGIPM) *Opérateurs de symétrie médiane pour surveillance des systèmes en réseau à l'aide des FSM*
- Jean-François Pétrin (CRAN) *Objectifs et activités du GT INCOS*
- Kondo H. Adjallah (LGIPM) *Objectifs et activités du GT MACOD*

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 :

1. projet « définition et implantation d'un processus de reconfiguration » ;
2. projet « équivalences sémantiques et transformations de modèles » ;
3. projet « commande répartie » ;
4. 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 :

1. 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 ;
2. 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 ;
3. 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.

