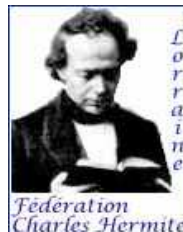


# Partenaires



Nancy-Université





# Le mot du Président

La Conférence Internationale Francophone d'Automatique fête cette année ses 10 ans. Mise en place sous l'égide de Dorothée NORMAND-CYROT, de Pierre BORNE, d'Alain OUSTALOUP et de Jean-Pierre RICHARD, cette conférence biennale, dont la première édition a eu lieu à Lille en 2000, s'est tenue ensuite successivement à Nantes (2002), Douz (2004), Bordeaux (2006), Bucarest (2008) avant que la candidature du CRAN ne soit retenue par le comité de pilotage pour organiser l'édition 2010 à Nancy.

Organisée en alternance avec les journées doctorales et les journées nationales du groupement de recherche « *Modélisation, Analyse, Conduite des Systèmes dynamiques* » (JD-JN-MACS), cette manifestation est l'occasion pour la communauté automatique francophone de faire le point des dernières avancées de la discipline et de ses applications les plus prometteuses. Les conférences plénières de l'édition 2010, présentées par des scientifiques de renom international, permettront notamment de dresser le panorama des recherches actuelles sur des thématiques variées allant des applications de la théorie des matrices positives (Rodolphe SEPULCHRE, Liège) à la robotique médicale (Michel DE MATHELIN, Strasbourg), en passant par la télédétection au sein des systèmes intelligents (Marek ZAREMBA, Hull Québec) sans oublier les dernières avancées sur les systèmes dynamiques hybrides (José C. GEROMEL, Campinas) ou l'approche graphique pour l'analyse structurelle des systèmes (Christian COMMAULT et Jean-Michel DION, Grenoble).

Le comité scientifique international a réalisé un travail très conséquent sous la houlette de Jean-Pierre RICHARD et Didier MAQUIN. Ce n'est pas moins de 641 expertises qui ont été réalisées pour les 269 communications soumises, ce qui a permis de retourner aux auteurs au minimum deux expertises, voire trois pour une bonne centaine de communications. Que l'ensemble des experts en soient sincèrement remerciés. Les responsables des 18 thématiques de la conférence ont sélectionné 200 communications pour le programme final après avoir sollicité les experts et ont été très réactifs dans les semaines les plus cruciales pour la programmation de la conférence. Un grand merci à eux, à Jean-Pierre et à Didier ! De la qualité de leur travail découle un programme attrayant montrant la richesse des contributions de la communauté francophone d'automatique. Ce n'est pas moins de 39 sessions qui sont ainsi proposées aux participants et je remercie chaleureusement les collègues qui se sont mobilisés pour organiser une session invitée ou qui ont accepté de présider une session.

La manifestation a obtenu le soutien de l'Institut National des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes (INSIS) du CNRS, du GDR MACS, de la Région Lorraine, de deux établissements de Nancy-Université (INPL et Université Henri Poincaré), de la Fédération de Recherche Charles Hermite Automatique, Informatique, Mathématiques de Lorraine et du Réseau de Formation des Jeunes Chercheuses et Jeunes Chercheurs en Automatique et Productique. Ce réseau encourage la participation des doctorants en subventionnant une partie conséquente de leurs frais d'inscription. Cette aide permet ainsi à plus de soixante-dix doctorants d'être présents à Nancy et de témoigner de la vitalité et des perspectives d'avenir de la discipline.

Je tiens à remercier très chaleureusement mes collègues du CRAN, membres du comité d'organisation, qui ont œuvré sans faillir durant deux ans pour la préparation de cette manifestation et qui sont sur le pont pour vous accueillir et rendre votre séjour lorrain le plus agréable possible.

Je souhaite à toutes les participantes et à tous les participants un agréable séjour à Nancy, des échanges scientifiques fructueux et de très bons moments de convivialité.

Alain RICHARD

# Les comités

## Comité de Pilotage

Pierre BORNE, (LAGIS, Lille)  
Dorothée NORMAND-CYROT, (L2S, Gif sur Yvette)  
Alain OUSTALOUP, (IMS-LAPS, Bordeaux)  
Jean-Pierre RICHARD, (LAGIS, Lille)

## Présidence Générale

Alain RICHARD (CRAN, Nancy)

## Comité International de Programme

**Président** Jean-Pierre RICHARD (LAGIS, Lille)

**Co-Président** Didier MAQUIN (CRAN, Nancy)

<b>Membres</b>	Hisham ABOU-KANDIL (FR)	Slim HAMMADI (FR)
	Patrice AKNIN (FR)	David HENRY (FR)
	Mazen ALAMIR (FR)	Claude IUNG (FR)
	Michel ALDANONDO (FR)	Luc JAULIN (FR)
	Brigitte D'ANDRÉA NOVEL (FR)	Guy JUANOLE (FR)
	Jean-Pierre BARBOT (FR)	Sergio JUNCO (AR)
	Anne BARROS (FR)	Wisama KHALIL (FR)
	Michel BASSET (FR)	Vladimir KUCERA (CZ)
	Michèle BASSEVILLE (FR)	Jean-François LAFAY (FR)
	Lotfi BELKOURA (FR)	Vincent LECUIRE (FR)
	Fayçal BEN HMIDA (TN)	Francis LEPAGE (FR)
	Marc BODSON (US)	Jean-Jacques LESAGE (FR)
	Philippe BONNIFAIT (FR)	Catherine MARQUE (FR)
	Jean-Paul BOURRIERES (FR)	Mamadou MBOUP (FR)
	Serge BOVERIE (FR)	Guillaume MERCÈRE (FR)
	Bernard BROGLIATO (FR)	Hassani MESSAOUD (TN)
	Eugênio B. CASTELAN (BR)	Claude MOOG (FR)
	Nicolas CHAILLET (FR)	Philippe MOUYON (FR)
	Ali CHARARA (FR)	Mohamed M'SAAD (FR)
	Ken CHEN (FR)	Nacer M'SIRDI (FR)
	Christine CHEVALLEREAU (FR)	Silviu-Iulian NICULESCU (FR)
	Vincent COCQUEMPOT (FR)	Eric NIEL (FR)
	Michel COMBACAU (FR)	Mustapha NOURELFATH (CA)
	Jamal DAAFOUZ (FR)	Jean-François PETIN (FR)
	Michel De MATHELIN (FR)	Henri PIERREVAL (FR)

Noureddine DOGHMANE (DZ)	Isabelle QUEINNEC (FR)
Luc DUGARD (FR)	Joseba QUEVEDO (ES)
Bogdan DUMITRESCU (FI)	Nacim RAMDANI (FR)
Didier DUMUR (FR)	Vladimir RASVAN (RO)
Jean-Pierre ELLOY (FR)	Pierre ROUCHON (FR)
Isabelle FANTONI (FR)	Jean-Marc ROUSSEL (FR)
Mondher FARZA (FR)	Nathalie SAUER (FR)
Jean-Marc FAURE (FR)	Frédéric SEMET (FR)
Jean-Louis FERRIER (FR)	Olivier SENAME (FR)
Michel FLIESS (FR)	Manuel SILVA (ES)
Thierry FLOQUET (FR)	Hebertt SIRA-RAMIREZ (MX)
Grégory FRANÇOIS (CH)	Ye Qiong SONG (FR)
Yannick FREIN (FR)	Michel SORINE (FR)
Hugues GARNIER (FR)	Marcel STAROSWIECKI (FR)
Didier GEORGES (FR)	Jean-Philippe STEYER (FR)
Malek GHANES (FR)	Moncef TAGINA (TN)
Antoine GIRARD (FR)	Sophie TARBOURIECH (FR)
Joao Manoel GOMES DA SILVA (BR)	Youssoufi TOURÉ (FR)
Philippe GOUPIL (FR)	Emmanuel TRÉLAT (FR)
Michel GOURGAND (FR)	Marius TUCSNAK (FR)
Maria da Graça RUANO (PT)	Costas TZAFESTAS (GR)
Malek GHANES (FR)	Eric WALTER (FR)
Martin GUAY (CA)	Didier WOLF (FR)
Hervé GUÉGUEN (FR)	Janan ZAYTOON (FR)
Thierry-Marie GUERRA (FR)	Ali ZOLGHADRI (FR)

## Comité d'organisation

Michel ALEXELINE (IMS-LAPS, Bordeaux)  
 Thierry BASTOGNE (CRAN, Nancy)  
 Taha BOUKHOBZA (CRAN, Nancy)  
 Mohamed BOUTAYEB (CRAN, Nancy)  
 Olivier CERVELLIN (CRAN, Nancy)  
 Jamal DAAFOUZ (CRAN, Nancy)  
 Mohamed DAROUACH (CRAN, Nancy)  
 Pascal GEND (CRAN, Nancy)  
 Marion GILSON-BAGREL (CRAN, Nancy)  
 Frédéric HAMELIN (CRAN, Nancy)  
 Christelle KONDRATOW - LHOSTE (CRAN, Nancy)  
 Nicolas KROMMENACKER (CRAN, Nancy)  
 Anne PIANT (CRAN, Nancy)  
 Françoise RUMEAU (CRAN, Nancy)

# Champs thématiques

## **Commande et optimisation des systèmes linéaires**

Didier HENRION (FR)

Giuseppe CONTE (IT)

## **Commande et optimisation des systèmes non linéaires**

Hugues MOUNIER (FR)

Joachim RUDOLPH (DE)

## **Domaines émergents**

Jean-Pierre RICHARD (FR)

Didier MAQUIN (FR)

## **Modélisation, identification, estimation**

Gildas BESANÇON (FR)

Marco LOVERA (IT)

## **Ordonnancement, optimisation et logistique**

Valérie BOTTA-GENOULAZ (FR)

Sophie D'AMOURS (CA)

## **Surveillance, sûreté et sécurité**

José RAGOT (FR)

Michel KINNAERT (BE)

## **Systèmes à événements discrets et génie informatique**

Jean-Jacques LOISEAU (FR)

José CURY (BR)

## **Systèmes de dimension infinie et systèmes à retards**

Michel DAMBRINE (FR)

Franck WOITTENNEK (DE)

## **Systèmes dynamiques hybrides**

Wilfrid PERRUQUETTI (FR)

Alessandro GIUA (IT)

# Champs d'application

## **Aéronautique et spatial**

Denis ARZELIER (FR)

Xavier OLIVE (FR)

## **Automobile et transports**

Xavier MOREAU (FR)

Frank GUILLEMARD (FR)

## **Energie, génie électrique et développement durable**

Alain GLUMINEAU (FR)

Maurice FADEL (FR)

## **Génie des procédés, bioprocédés et environnement**

Jean-Luc GOUZE (FR)

Denis DOCHAIN (BE)

## **Ingénierie pour la santé et sciences du vivant**

Didier VRAY (FR)

Lotfy SENHADJI (FR)

## **Réseaux et communications**

Thierry DIVOUX (FR)

Francisco VASQUES (PT)

## **Robotique, vision**

Etienne DOMBRE (FR)

Joël MORILLON (FR)

## **Systèmes de production, de biens et de services**

Bernard GRABOT (FR)

Fouad RIANE (BE)

## **Systèmes homme machine**

Frédéric VANDERHAEGEN (FR)

Peter WIERINGA (NL)

# **Programme**



## Mercredi 2 juin 2010

**8h30** Accueil et inscription

**8h40** Ouverture de la conférence

**9h15** Me-A1 : Commande et diagnostic des machines électriques (I) *La Croisée*  
Me-B1 : Modélisation expérimentale pour les systèmes  
environnementaux (I) *Rome*  
Me-C1 : Dynamique véhicule et suspension *Assise*  
Me-D1 : Systèmes de dimension infinie et systèmes à retards *Jérusalem*  
Me-E1 : SED et Génie informatique *Calcutta*

**11h15** Pause café

**11h30** Conférence plénière *La Croisée*  
Analyse structurelle des systèmes, une approche graphique

**12h30** Déjeuner

**13h55** Intervention de la DGA *La Croisée*  
Les possibilités de financement de la recherche par la DGA

**14h10** Conférence plénière *La Croisée*  
Sur la stabilité, commande et optimisation des systèmes  
dynamiques hybrides

**15h10** Me-A2 : Surveillance et diagnostic *La Croisée*  
Me-B2 : Commande par modes glissants *Rome*  
Me-C2 : Modélisation expérimentale *Assise*  
Me-D2 : Robotique *Jérusalem*  
Me-E2 : Ingénierie pour la santé et sciences du vivant *Calcutta*

**16h50** Pause café

**17h10** Me-A3 : Commande prédictive (I) *La Croisée*  
Me-B3 : Synthèse d'observateurs *Rome*  
Me-C3 : Automobile *Assise*  
Me-D3 : Génie des procédés *Jérusalem*  
Me-E3 : Ordonnancement et systèmes de production *Calcutta*

**19h15** Cocktail de bienvenue

## Jeudi 3 juin 2010

- 8h45** Je-A1 : Commande robuste et applications (I) *La Croisée*  
Je-B1 : Systèmes dynamiques hybrides *Rome*  
Je-C1 : Détection de défauts par observateurs *Assise*  
Je-D1 : Automatique et réseaux de communications (I) *Jérusalem*  
Je-E1 : Commande des convertisseurs statiques (I) *Calcutta*
- 11h05** Pause café
- 11h20** Conférence plénière *La Croisée*  
Géométrie des matrices positives semi-définies de rang fixé :  
un peu de théorie et beaucoup d'applications
- 12h20** Déjeuner
- 13h50** Conférence plénière *La Croisée*  
Compensation active des mouvements physiologiques en  
robotique médicale
- 14h50** Je-A2 : Estimation paramétrique *La Croisée*  
Je-B2 : Stabilisation de systèmes non linéaires *Rome*  
Je-C2 : Commande de systèmes : applications *Assise*  
Je-D2 : Véhicules aériens *Jérusalem*  
Je-E2 : Application de la dérivation non entière *Calcutta*
- 16h30** Pause café
- 16h50** Je-A3 : Aéronautique et spatial *La Croisée*  
Je-B3 : Commande de systèmes - 1 *Rome*  
Je-C3 : Synthèse de correcteurs *Assise*  
Je-D3 : Modèles de Volterra et bases orthogonales *Jérusalem*  
Je-E3 : Problèmes d'estimation liés aux systèmes  
mécaniques (I) *Calcutta*
- 19h15** Départ des bus (Gare routière – Place de la République – Nancy)
- 20h00** Dîner de Gala

## Vendredi 4 juin 2010

<b>9h00</b> Ve-A1 : Identification	<i>La Croisée</i>
Ve-B1 : Commande non linéaire	<i>Rome</i>
Ve-C1 : Diagnostic	<i>Assise</i>
Ve-D1 : Contrôle du trafic routier et évitement d'accidents	<i>Jérusalem</i>
Ve-E1 : Systèmes homme machine	<i>Calcutta</i>
<b>11h00</b> Pause café	
<b>11h15</b> Conférence plénière	<i>La Croisée</i>
Télé-détection - au cœur des systèmes intelligents	
<b>12h15</b> Déjeuner	
<b>14h05</b> Ve-A2 : Commande de système - 2	<i>La Croisée</i>
Ve-B2 : Vers le contrôle global du châssis (I)	<i>Rome</i>
Ve-C2 : Table ronde sur l'automatique	<i>Assise</i>
Ve-D2 : Analyse de données et diagnostic	<i>Jérusalem</i>
Ve-E2 : Analyse des systèmes	<i>Calcutta</i>
<b>15h45</b> Clôture de la conférence	



# **Session Me-A1 : Commande et diagnostic des machines électriques (I)**

Lieu : La Croisée

Heure : 9h15

Présidents : Alain GLUMINEAU et Demba DIALLO

## **9h15 - L'analyse de stabilité des machines asynchrones par le critère de Hurwitz complexe**

Marc BODSON<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Department of Electrical and Computer Engineering - University of Utah*

L'article montre comment la stabilité de certaines machines asynchrones peut être déterminée sur base des racines d'un polynôme à coefficients complexes. Il est possible de vérifier si les racines ont toutes des parties réelles strictement négatives en appliquant un résultat peu connu, c'est-à-dire le test de Hurwitz pour les polynômes à coefficients complexes. La méthode proposée dans l'article est utilisée pour trouver des conditions analytiques déterminant l'auto-excitation spontanée d'une génératrice asynchrone, ainsi que pour garantir la stabilité en boucle fermée d'une loi de commande proportionnelle intégrale pour une génératrice asynchrone à double alimentation. Dans le premier cas, des formules sont obtenues qui permettent de prédire l'auto-excitation en fonction de la résistance de charge, de la capacité et de la vitesse. Dans le second cas, des conditions sont obtenues sur les gains proportionnel et intégral de la loi de commande, garantissant la stabilité d'un algorithme proposé précédemment par d'autres, mais pour lequel une preuve de stabilité n'était pas disponible jusqu'à présent.

## **9h35 - Observateur super twisting pour un moteur synchrone à aimants permanents montés en surface**

Dalila ZALTNI<sup>1,2</sup>, Malek GHANES<sup>1</sup>, Jean-Pierre BARBOT<sup>1</sup>,

Mohamed Naceur ABDELKRIM<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ECS, ENSEA

<sup>2</sup>MACS, ENIG

Dans ce papier, une méthode d'estimation de la vitesse et de la position d'un moteur synchrone à aimant permanent monté en surface est proposée. La méthode utilise une structure de système avec un modèle de référence adaptatif (MRAS) basé sur un observateur super twisting (à mode glissant d'ordre 2) afin d'assurer la

robustesse tout en éliminant le phénomène du "chattering". Cet observateur permet d'estimer les Forces Contre Electromotrices (FCEMs) en utilisant comme seules mesures les courants statoriques. Cependant l'estimation de la vitesse provenant des FCEMs estimées pose un problème de signe pour l'estimation de la vitesse à basse vitesse. Ce problème est résolu en rajoutant à l'observateur une structure MRAS. Par ailleurs, un système de permutation Estimateur/Observateur est donnée pour l'estimation de la position et s'affranchir ainsi des problèmes à zéro vitesse du moteur synchrone. L'observateur proposé est testé en simulation sur les trajectoires du benchmark "commande sans capteur mécanique du moteur synchrone" de l'IRCCyN afin de montrer ses qualités de robustesse vis-à-vis des perturbations externes et des variations paramétriques et aussi de pouvoir la comparer ultérieurement avec d'autres techniques sur le même moteur avec un même cahier des charges.

### **9h55 - Comparaison de deux observateurs non linéaires pour la commande sans capteur de la MSAP : validation expérimentale**

Marwa EZZAT<sup>1</sup>, Alain GLUMINEAU<sup>1</sup>, Robert BOISLIVEAU<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes, IRCCyN, UMR CNRS 6597, Ecole Centrale de Nantes*

Dans cet article, après une analyse de l'observabilité de la machine synchrone à aimants permanents à pôles lisses, deux observateurs robustes de type modes glissants sont comparés pour la reconstruction de la vitesse de cette machine en particulier à vitesse faible ou nulle. Les qualités de robustesses de ces observateurs sont privilégiées. Le premier observateur est basé sur l'estimation de la force électromotrice puis de la vitesse alors que le second est basé sur le modèle complet. Les deux observateurs sont testés et validés sur un benchmark industriel définis dans le cadre du groupe inter GDR CE2 ([24]). Des résultats expérimentaux avec tests de robustesse sont présentés.

### **10h15 - Observateur à mode glissant d'ordre 2 pour la machine asynchrone sans capteur mécanique**

Sébastien SOLVAR<sup>1,2</sup>, Vu LE<sup>3</sup>, Malek GHANES<sup>1</sup>, Jean-Pierre BARBOT<sup>1</sup>,  
Gaetano SANTOMENNA<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>ECS, ENSEA*

*<sup>2</sup>GS Maintenance*

*<sup>3</sup>Département d'Automatique, Supélec*

Cet article présente un observateur à mode glissant du second ordre pour un moteur asynchrone sans capteur mécanique. Cet observateur converge en un temps fini et est robuste vis à vis des variations de paramètres. En utilisant

Matlab/Simulink, les résultats de simulations montrent les performances de l'observateur proposé. De plus au travers d'une application industrielle, l'intérêt technologique de la méthode proposée ainsi que les difficultés liées aux calculs en temps réel sont mis en évidence.

### **10h35 - Régulation de vitesse d'une machine asynchrone avec optimisation de la référence de flux**

Abderrahim ELFADILI<sup>1</sup>, Fouad GIRI<sup>1</sup>, Luc DUGARD<sup>2</sup>, Hamid OUADI<sup>1</sup>,  
Abdelmounime ELMAGRI<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>GREYC, Université de Caen  
<sup>2</sup>GIPSA lab, ENSIEG, INPG

Ce travail porte sur le problème de commande de vitesse de la machine asynchrone. La plupart des travaux antérieurs ont abordé ce problème en considérant un flux de référence constant et en supposant que la caractéristique magnétique de la machine est linéaire. Généralement, la référence de flux est choisie dans la région de 'coude' de la caractéristique magnétique, ce qui conduit, en présence d'un fonctionnement à faible couple de charge, à des performances non optimales de la machine. Dans le présent contexte, l'optimalité peut être définie par rapport à divers critères tels que le rendement, le facteur de puissance, le couple maximal, etc. De fait, la garantie d'un fonctionnement optimal passe par la mise en place d'un ajustement en ligne, à l'aide d'un générateur, de référence de flux en vue de suivre en temps réel le changement inévitable du couple de charge. Il va de soi que le calcul du flux optimal à chaque instant doit s'appuyer sur un modèle de la machine qui rend compte du caractère non linéaire de la caractéristique magnétique. Le but du présent travail est précisément de présenter une solution de commande comprenant un régulateur de vitesse doté d'un générateur de référence de flux optimal. Le premier est conçu par l'approche des modes glissants et le second par les techniques d'optimisation non linéaires. Les performances de la stratégie de commande proposée sont formellement analysées et leur suprématie, par rapport à celles d'autres stratégies à référence de flux fixe ou variable, est démontrée par simulation en utilisant un modèle non linéaire représentatif qui a été validé expérimentalement.

## 10h55 - Estimation de la vitesse d'une MSAP par observateur et Filtre de Kalman pour une interface haptique

Ziad JABBOUR<sup>1</sup>, Sandrine MOREAU<sup>2</sup>, Alain RIWAN<sup>1</sup>, Jonathan Van RHIJN<sup>1</sup>,  
Gérard CHAMPENOIS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CEA, LIST, Service de Robotique Interactive

<sup>2</sup>LAIH – Université de Poitiers

Une interface haptique à retour d'effort est un périphérique informatique qui permet à l'utilisateur d'interagir avec un logiciel ou avec un modèle numérique par l'intermédiaire du sens du toucher. Il s'agit d'une structure mécanique articulée, dotée de moteurs et de capteurs de position, ainsi que d'une électronique embarquée. La commande de ces systèmes à basse vitesse devient instable à cause de la vitesse faible imposée par l'utilisateur. Cet article présente l'implantation sur DSP d'un observateur d'état (déterministe) et d'un filtre de Kalman (stochastique) pour estimer la vitesse d'un Moteur Synchrone   Aimant Permanent (MSAP) utilisé dans le cadre d'une interface haptique à un seul degré de liberté. Les deux méthodes proposées offrent une bonne estimation de la vitesse et leur influence sur la raideur du système est analys e en tenant compte de la variation du moment d'inertie du système.

# **Session Me-B1 : Modélisation expérimentale pour les systèmes environnementaux (I)**

Lieu : Rome

Heure : 9h15

Présidents : Marion GILSON et Magalie THOMASSIN

## **9h15 - Modélisation boîte noire de la relation pluie-débit : un état de l'art**

Marco LOVERA<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano*

L'obtention de modèles mathématiques fiables de la relation pluie-débit est une problématique importante présente dans de nombreuses applications liés à la gestion des ressources en eau. Parallèlement aux approches classiques de modélisation fondées sur les lois de la physique se sont développées ces dernières années des méthodes de type boîte noire faisant appel, par exemple, à des structures de modèles non linéaires ou linéaires à paramètres variants. Dans cette communication, un état de l'art des techniques d'identification de modèle pluie/débit est proposé, puis une analyse des différents problèmes restant à traiter est exposée. Enfin, de nouvelles pistes de travail fondées sur des structures de modèles de type boîte grise sont discutées.

## **9h35 - Factorisation matricielle non négative sous contraintes. Application à l'identification de sources industrielles**

Gilles DELMAIRE<sup>1</sup>, Gilles ROUSSEL<sup>1</sup>, Dany HLEIS<sup>2</sup>, Dominique COURCOT<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Laboratoire d'Informatique Signal Image de la Côte d'Opale, EA 4491 - Université du Littoral Côte d'Opale*

*<sup>2</sup>Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant, EA 4492 - Université du Littoral Côte d'Opale*

Notre contribution concerne la factorisation d'une matrice d'observation  $X$  en deux matrices inconnues  $G$  (matrice de contribution) et  $F$  (matrice de profil) permettant d'identifier les différentes sources de pollutions. La recherche de  $G$  et  $F$  peut s'opérer grâce à des techniques de factorisation (PMF1 et NMF2) qui optimisent la recherche de manière alternée sur  $G$  et  $F$ . Un travail précédent a permis d'établir dans un contexte de type NMF pondérée les premiers résultats sur la recherche des profils contenus dans la matrice  $F$ . Cependant, certaines composantes des profils présentent des incohérences. Afin de résoudre ces conflits, il est proposé d'utiliser les techniques d'optimisation sous contraintes afin de laisser libre certains composés chimiques et d'en figer d'autres dont on a

la certitude. Le problème est alors équivalent à une famille de sous-problèmes quadratiques sous contraintes dont on peut exprimer la solution. Les contraintes s'expriment dans notre cas comme des contraintes linéaires égalité où une composante est forcée à zéro, ou bien à une valeur constante. Des expressions globales de mise à jours des matrices  $y$  sont proposés permettant une rapidité de calcul appréciable. Ces algorithmes sont utilisés pour une estimation des contributions de sources de particules en suspension dans l'air, alors que de mêmes espèces chimiques se trouvent à la fois dans des émissions naturelles et industrielles. Les résultats permettent de faire disparaître les composantes indésirables de certains profils, mais aussi d'obtenir des informations plus précises sur les profils les plus mal connus.

### **9h55 - Identification du microclimat d'une culture hors-sol sous serre : système hiérarchisé fortement perturbé**

Jean DUPLAIX<sup>1</sup>, Nathalie PESSEL<sup>1</sup>, Frédéric LAFONT<sup>1</sup>, Jean-François BALMAT<sup>2</sup>  
*<sup>1</sup>Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes - UMR 6168 Marseille, CNRS*  
*<sup>2</sup>UFRST*

Cet article traite de nos approches mises en œuvre pour résoudre le problème complexe de l'identification du microclimat d'une serre. Il correspond à une synthèse écrite dans l'esprit de la session invitée : "Modélisation expérimentale pour les systèmes environnementaux". Les références bibliographiques permettent d'avoir plus de détails pour chaque domaine retenu. Nous présentons ce système comme appartenant à la classe des systèmes hiérarchisés ouverts et très fortement perturbés. Nous insistons ensuite sur la nécessité d'obtenir un modèle de comportement dans le but de comparer différentes lois de commande. Une approche paramétrique d'identification en ligne sur un modèle global du microclimat permet de faire un premier point critique et surtout d'améliorer notre connaissance du système. Nous construisons et testons une approche par apprentissage sur la base d'une modélisation multi-structure. Avant de conclure et d'envisager quelques perspectives, nous essayons de dégager quelques pistes de réflexion pour l'automaticien dans la mise en place d'une boucle de recyclage de la solution nutritive imposée à court terme par les normes européennes de rejet zéro pour les cultures hors-sol sous serres.

## **10h15 - Identification de modèles LPV : application à la modélisation pluie/débit d'un bassin versant viticole**

Vincent LAURAIN<sup>1</sup>, Marion GILSON<sup>1</sup>, Sylvain PAYRAUDEAU<sup>2</sup>,  
Caroline GREGOIRE<sup>2</sup>, Hugues GARNIER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

<sup>2</sup>*Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Université de  
Strasbourg/ENGEES, CNRS*

L'identification de la relation pluie/débit dans un bassin versant pour la prédiction de débit est un problème stimulant de par la difficulté à caractériser un modèle les décrivant dans leur ensemble. Les modèles conceptuels, basés sur les lois et modèles hydrauliques simples sont souvent limités dans la précision de la prédiction qu'ils offrent. L'objectif de cet article est d'une part de montrer l'intérêt des modèles non linéaires de type Linéaires à Paramètres Variants (LPV) par rapport aux modèles linéaires, ainsi que la différence de qualité dans les résultats obtenus selon la méthode employée pour l'identification d'un modèle donné. D'autre part, cet article propose et analyse plusieurs variables de séquençement dont dépendent les paramètres variants des modèles LPV pour représenter les bassins versants ruraux.

## **10h35 - Application de deux approches d'interpolation pour la modélisation LPV d'un échangeur de chaleur**

Seïf Eddine CHOUABA<sup>1</sup>, Afzal CHAMROO<sup>1</sup>, Guillaume MERCERE<sup>1</sup>,  
Thierry POINOT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire d'Automatique et d'Informatique Industrielle, Université de Poitiers*

Cet article présente une procédure d'identification d'un modèle linéaire à paramètres variants (LPV) d'un échangeur de chaleur à courants croisés dont la dynamique évolue en fonction des entrées de débit massique. L'approche proposée consiste dans un premier temps à identifier des modèles linéaires à temps invariant en différents points de fonctionnement de l'échangeur. Deux techniques d'interpolation sont alors proposées pour déterminer le modèle LPV. La première consiste en l'interpolation polynomiale au sens des moindres carrés des pôles des modèles locaux en fonction des débits massiques. La seconde technique utilise l'interpolation affine entre les pôles et les paramètres du modèle LPV en formulant un problème d'optimisation non-linéaire. Une comparaison des résultats obtenus avec les deux techniques d'interpolation est présentée en se basant sur des données issues d'un simulateur d'échangeur à courants croisés.

## 10h55 - Modélisation de la dynamique des systèmes hydrauliques à surface libre par l'approche des systèmes hybrides

Khaled BOUKHAROUBA<sup>1</sup>, Eric DUVIELLA<sup>1</sup>, Laurent BAKO<sup>1</sup>,  
Stéphane LECOEUCE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*EMDouai, IA, Univ Lille Nord de France*

La modélisation des systèmes hydrauliques à surface libre sur de larges plages de fonctionnement est un problème encore largement ouvert. Ce sont des systèmes non linéaires et distribués, caractérisés en général par de grandes dimensions physiques ainsi que par des retards purs. En considérant une portion donnée d'un canal d'écoulement, nous nous intéressons spécifiquement à l'influence produite par un flux entrant à une extrémité du canal sur un flux sortant à l'autre extrémité. Dans cet article nous proposons une nouvelle approche de modélisation de cette relation dynamique, basée sur des modèles affines par morceaux. L'estimation du modèle proposé consiste à (i) résoudre un problème de classification de données dont le but est de séparer les données disponibles selon leurs sous-modèles affines respectifs, (ii) déterminer le nombre de sous-modèles nécessaires à l'obtention d'une bonne approximation du système, (iii) estimer les paramètres associés à ces sous-modèles. Enfin, un classifieur multi-classe à base de Support Vector Machines (SVM), à marge souple, est utilisé pour estimer les surfaces de changement de mode. Il permet de trouver une partition polyédrale de l'espace de régression en discriminant toutes les classes simultanément. La méthode proposée est ensuite appliquée avec succès à la modélisation de la galerie Lunax-Save située dans le sud-ouest de la France.

# Session Me-C1 : Dynamique véhicule et suspension

Lieu : Assise

Heure : 9h15

Présidents : Alain OUSTALOUP et Saïd MAMMAR

## 9h15 - Analyse de sensibilité pour l'étude des paramètres influents dans les modèles d'interface pneu/sol

Rimyalegdo KIEBRE<sup>1</sup>, Floriane ANSTETT COLLIN<sup>1</sup>, Michel BASSET<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Modélisation, Intelligence, Processus, Systèmes, Université de Haute Alsace, ENSISA

Le but du papier est d'étudier les paramètres influents de deux modèles de l'interface pneu/sol, le modèle de Fiala et le modèle de Pacejka, couramment utilisés dans les domaines automobile et aéronautique. Il s'agit de modèles non linéaires, dépendant de paramètres inconnus, à estimer. Afin de fixer au mieux le plan d'expériences, il convient de déterminer les paramètres responsables de l'incertitude sur la sortie du modèle. Pour cela, une analyse de sensibilité globale est effectuée. Elle est basée sur l'étude de la part de la variance de chaque paramètre sur la variance de la sortie. Il est ainsi montré que, dans le modèle de Fiala, les deux paramètres intervenant dans ce modèle influent de façon significative la sortie et dans le modèle de Pacejka dépendant de six paramètres, seuls deux paramètres sont influents.

## 9h35 - Contrôle longitudinal hiérarchisé d'un véhicule automobile : application au cas d'une motorisation essence

Bilel BEN SLIMEN<sup>1</sup>, Philippe CHEVREL<sup>1</sup>, Mohamed YAGOUBI<sup>1</sup>,  
Jean-Emmanuel GUY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut de Recherche en Communications et en Cybernétique de Nantes, UMR CNRS 6597, Ecole des Mines de Nantes

<sup>2</sup>PSA Peugeot Citroën, Direction Technique et Industrielle

Ce papier propose une architecture de commande hiérarchisée du contrôle longitudinal. On retrouve au sein de cette structure un niveau haut dit strate Groupe motopropulseur (GMP) et un niveau bas dit strate moteur. A l'interface, la strate moteur interroge le niveau GMP sur le couple requis sur un horizon temporel donné, et décompose la demande en couples « lent » et « rapide ». Cette architecture permet également d'anticiper la demande en coordonnant les actions air/essence et de moduler en conséquence le couple fourni par un moteur à essence. Le concept est illustré au moyen d'un modèle simplifié, et en tenant compte des contraintes systémiques (recherche de généricité) et de consommation de carburant.

## 9h55 - Contrôle LPV de la dynamique du véhicule

Abdelhamid RABHI<sup>1</sup>, Jérôme BOSCHE<sup>1</sup>, Ahmed EL HAJJAJI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Modélisation, Information et Systèmes (MIS)

Cette communication concerne l'assistance à la conduite du véhicule automobile en utilisant l'approche LPV. Un modèle simple à 4 degrés de liberté (4ddl) est considéré, prenant la variation dans le temps de la vitesse longitudinale en considération. Ensuite, une stratégie de commande basée sur le retour de sortie statique est proposée. Les conditions de synthèse sont formulées en termes d'Inégalités Matricielles Linéaires (LMI). Pour illustrer notre approche, des résultats validés sur le simulateur professionnel CarSim sont présentés.

## 10h15 - Contrôleur dynamique flou par retour de sortie pour le contrôle latéral des véhicules dans la dynamique non-linéaire

Saïd MAMMAR<sup>1</sup>, Nicoleta MINOIU-ENACHE<sup>2</sup>, Sébastien GLASER<sup>2</sup>,

Benoît LUSETTI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IBISC CNRS FRE-3190, Université d'Evry

<sup>2</sup>LIVIC LCPC - INRETS

Cet article présente une nouvelle approche du contrôle latéral des véhicules routiers, particulièrement adaptée pour les routes à forte courbure entraînant la saturation des forces de contact. Elle utilise un modèle flou de type Takagi-Sugeno à 4 règles permettant de couvrir les domaines linéaire et de saturation des forces latérales d'interaction. Le modèle est directement exprimé en fonction des angles de dérive des pneumatiques. La commande est synthétisée sous la forme d'un retour de sortie dynamique qui permet de tenir compte de contraintes sur l'état et la commande. Elle utilise plus particulièrement la notion d'ensembles positivement invariants. La commande est testée sur plusieurs manœuvres.

## **10h35 - Etude à l'aide des séries de Volterra des non-linéarités des composants hydropneumatiques de la suspension CRONE**

### **- Partie 1 : Modélisation -**

Xavier MOREAU<sup>1</sup>, Roy ABI ZEID DAOU<sup>1,2</sup>, Clovis FRANCIS<sup>3</sup>, Pascal SERRIER<sup>1</sup>,  
Alain OUSTALOUP<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire IMS, Département LAPS – UMR 5218 CNRS, Université Bordeaux I

<sup>2</sup>Département de Technologies Biomédicales, Faculté de Santé, Lebanese German  
University

<sup>3</sup>Université Libanaise, Faculté de génie

L'objectif de cet article en deux parties est d'expliquer à la fois d'un point de vue mathématique, à l'aide des séries de Volterra, et d'un point de vue physique, à l'aide de la simulation numérique, les raisons pour lesquelles les non-linéarités des cellules RC des réseaux hydropneumatiques de la suspension CRONE n'affectent pas la robustesse du degré de stabilité vis-à-vis des variations de la masse suspendue. Dans cette première partie, l'accent est particulièrement mis sur l'obtention d'un modèle de validation non linéaire, puis d'un modèle de synthèse linéaire, ces modèles étant utilisés dans la seconde partie pour analyser les performances obtenues.

## **10h55 - Etude à l'aide des séries de Volterra des non-linéarités des composants hydropneumatiques de la suspension CRONE**

### **- Partie 2 : Performances -**

Roy ABI ZEID DAOU<sup>1,2</sup>, Xavier MOREAU<sup>2</sup>, Clovis FRANCIS<sup>3</sup>, Pascal SERRIER<sup>2</sup>,  
Alain OUSTALOUP<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département de Technologies Biomédicales, Faculté de Santé, Lebanese German  
University

<sup>2</sup>Laboratoire IMS, Département LAPS – UMR 5218 CNRS, Université Bordeaux I

<sup>3</sup>Université Libanaise, Faculté de génie

Dans cette seconde partie l'analyse des performances est faite à la fois d'un point de vue mathématique, à l'aide des séries de Volterra, et d'un point de vue physique, à l'aide des domaines de fonctionnement de chaque élément Ri et Ci. La conclusion de cette analyse est que les non-linéarités des cellules RC des réseaux hydropneumatiques de la suspension CRONE n'affectent pas la robustesse du degré de stabilité vis-à-vis des variations de la masse suspendue, ne remettant pas ainsi en cause la mise en défaut de l'interdépendance masse-amortissement obtenue avec l'approche CRONE développée dans un contexte linéaire.



# **Session Me-D1 : Systèmes de dimension infinie et systèmes à retards**

Lieu : Jérusalem

Heure : 9h15

Présidents : Jean-François LAFAY et Mohamed M'SAAD

## **9h15 - Une approche Multi-modèles des équations de Saint-Venant : une analyse de la stabilité par techniques LMI**

Mamadou DIAGNE<sup>1</sup>, Valérie DOS SANTOS<sup>1</sup>, Mickael RODRIGUES<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>LAGEP; Université Lyon 1, CNRS, UMR 5007

Ce document traite de la stabilité des EDP non-linéaires de Saint-Venant. L'approche repose sur la conception d'une structure Multi-Modèles qui prend en compte les Linéarisés Tangents Invariants (LTI) du système autour d'un ensemble d'états d'équilibre. Cette méthode permet d'intégrer un ensemble de modèles pour décrire la dynamique de sortie sur toute la plage de variation. Au moyen d'une commande par modèle interne appliquée aux frontières (IMBC), la synthèse d'un gain qui stabilise le procédé est réalisée. Cette synthèse est basée sur la résolution d'une LMI qui découle de l'application du second principe de Lyapunov.

## **9h35 - Commande de systèmes linéaires en présence de retard et saturation sur l'entrée**

Vincent VAN ASSCHE<sup>1</sup>, Fouad GIRI<sup>1</sup>, Jean-Baptiste GNING<sup>1</sup>,  
Fatima-Zahra CHAOUI<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>GREYC, UMR 6072 – Université de Caen  
<sup>2</sup>ENSET, Rabat

Ce travail porte sur la commande des systèmes linéaires dont l'entrée fait l'objet d'un retard pur et d'une contrainte de type saturation. Le but étant de forcer la sortie du système à suivre une trajectoire de référence compatible avec la contrainte tout en préservant la stabilité en boucle fermée. A cet effet, un régulateur saturé est élaboré, dans le cadre de l'anneau des pseudo-polynômes, par la technique du placement de pôles. En utilisant des outils empruntés à l'approche de stabilité entrée/sortie, un voisinage des pôles en boucle ouverte est mis en évidence dans lequel doivent être assignés ceux de la boucle fermée afin que les objectifs de commande soient atteints.

## **9h55 - Design d'un observateur pour une classe triangulaire de systèmes non-linéaires à retard**

Boubekeur TARGUI<sup>1</sup>, Miloud FRIKEL<sup>1</sup>, Mohammed M'SAAD<sup>1</sup>,  
Carlos-M. ASTORGA-ZARAGOZA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Groupe de Recherche en Informatique, Image, Automatique et Instrumentation de Caen, UMR 6072*

<sup>2</sup>*Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Interior Internado*

Dans ce travail nous proposons un observateur pour une classe de systèmes non-linéaires triangulaires à retard variable simple et multiple. La principale caractéristique de l'observateur proposé est sa simplicité d'implémentation car il est basé sur un gain constant. La synthèse de l'observateur sera présentée pour les systèmes à retard variable et ensuite le résultat sera étendu aux systèmes soumis à des retards multiples. Les performances de l'observateur proposé sont illustrées en simulation à travers un exemple.

## **10h15 - Identification de paramètres d'un modèle d'échangeurs de chaleur**

Joachim RUDOLPH<sup>1</sup>, Frank WOITTENNEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Lehrstuhl für Systemtheorie und Regelungstechnik, Universität de la Sarre*

<sup>2</sup>*Institut für Regelungs- und Steuerungstheorie, TU Dresden*

Un échangeur de chaleur sert pour illustrer une approche par le calcul opérationnel à l'identification de paramètres de systèmes à paramètres répartis linéaires. Une simplification résulte de l'emploi de mesures en trois points, dont le point central se trouve à distance égale des deux autres. Une paramétrisation adaptée de la solution générale du système opérationnel ordinaire associé permet ainsi de trouver une équation d'identification linéaire en les paramètres à identifier. Ses coefficients sont quadratiques en les mesures. Ainsi, dans le domaine temporel, on obtient une solution basée sur la convolution temporelle de ces signaux et une intégration par rapport au temps. Une modification efficace de la méthode consiste à introduire une pondération exponentielle et une approximation. Ainsi on s'affranchit du calcul coûteux des convolutions. Quelques résultats de simulations permettent d'en voir l'utilité.

## **10h35 - Propriétés spectrales et entrées-sorties du modèle hamiltonien à ports réduit des équations de Saint-Venant**

Boussad HAMROUN<sup>1</sup>, Peng HUI<sup>2</sup>, Laurent LEFEVRE<sup>2</sup>, Eduardo MENDES<sup>1</sup>,  
Françoise COUENNE<sup>2</sup>, Yann LE GORREC<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*LCIS - Laboratoire de Conception et d'Intégration des Systèmes, Grenoble INP*

<sup>2</sup>*LAGEP - Laboratoire d'Automatique et de GENie des Procédés, UMR 5007 CNRS,  
Université Claude Bernard - Lyon 1*

On présente dans ce papier quelques propriétés importantes du modèle hamiltonien à ports réduit des équations de Saint-Venant qui donnent la dynamique de la hauteur et du débit d'eau dans un canal à surface libre. On montre la convergence du spectre du modèle hamiltonien à ports réduit vers celui en dimension infinie. Une comparaison entre les fonctions de transfert du modèle réduit et celui en dimension infinie montre la convergence des fonctions de transfert du modèle réduit vers celles en dimension infinie lorsque le nombre d'éléments du modèle réduit augmente.

## **10h55 - Stabilisation d'une classe de systèmes non linéaires à retards : approche du type Jurjevic-Quinn**

Woihida AGGOUNE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Equipe Commande des Systèmes (ECS), ENSEA*

Dans cet article nous nous intéressons au problème de la stabilisation de systèmes non linéaires à retards. Les systèmes considérés sont non affines en la commande mais la méthodologie présentée peut s'appliquer à ce type de systèmes. La méthode développée est une généralisation de la méthode dite de Jurjevic et Quinn aux systèmes à retards. En utilisant une approche de type Lyapunov Razumikhin, nous développons des conditions générales pour garantir la stabilité du système en boucle fermée. Une classe particulière de lois de commande stabilisantes est également proposée.



# Session Me-E1 : SED et Génie informatique

Lieu : Calcutta

Heure : 9h15

Présidents : Jean-Louis BOIMOND et Jean-Marc FAURE

## 9h15 - Analyse de la fluidification de réseaux de Petri stochastiques par régions

Edouard LECLERCQ<sup>1</sup>, Dimitri LEFEBVRE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*GREAH - Université du Havre*

Les réseaux de Petri stochastiques permettent de modéliser les processus de pannes et réparations pour les systèmes réparables. Dans cet article on s'intéresse à la fluidification de réseaux de Petri stochastiques permettant ainsi une étude aisée de leur comportement asymptotique à l'aide d'outils liés à l'automatique continue. La contribution de cet article porte sur l'étude des limites de la fluidification selon la structure du réseau qui est analysé à l'aide d'une découpe de l'espace des marquages en différentes régions. La notion de région critique permet de caractériser certains réseaux pour lesquels la fluidification n'est pas possible.

## 9h35 - Commande supervisée des automates (max,+)

Jan KOMENDA<sup>1</sup>, Sébastien LAHAYE<sup>2</sup>, Jean-Louis BOIMOND<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Mathematics - Brno Branch, Czech Academy of Sciences*

<sup>2</sup>*Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Automatisés*

Dans ce papier, on étudie la commande des automates (max,+). La commande proposée consiste à réaliser la composition parallèle de l'automate (max,+) du contrôleur (superviseur) avec celui du système en présence d'événements incontrôlables. Cette approche présente l'avantage de traiter à la fois des aspects logiques et temporels de la commande des systèmes dynamiques à événements discrets considérés. Un superviseur le plus permissif et répondant à des exigences de fonctionnement en "juste-à-temps" a été établi dans des travaux précédents et est rappelé ici. Une contribution de ce papier consiste en la synthèse d'un superviseur le moins permissif et en "juste-après". Un deuxième résultat nouveau est de spécifier la méthode pour obtenir un superviseur de comportement décroissant.

## 9h55 - Formalisation et vérification de contraintes fonctionnelles dans le cadre d'un contrôle par le produit

Pascale MARANGE<sup>1</sup>, David GOUYON<sup>2</sup>, Jean-Francois PETIN<sup>2</sup>, Francois GELLOT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre de Recherche en STIC - URCA

<sup>2</sup>Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS

La validation par filtrage robuste de la commande consiste à déployer, en ligne, un ensemble de règles de sécurité et/ou fonctionnelles interdisant l'exécution de commandes illicites. Cette communication porte sur la formalisation des contraintes fonctionnelles en s'attachant à vérifier à l'aide de techniques de model-checking que, quelle que soit la commande, ces contraintes sont suffisantes pour prévenir toute action non-conforme au regard des spécifications tout en garantissant l'existence d'au moins une trace d'exécution conduisant à l'état final du produit. Cette approche de filtrage fonctionnel s'avère particulièrement pertinente pour la commande de systèmes fabriquant des produits à très forte variabilité qui requiert de nombreuses reconfigurations des lois de commande, sources importantes d'erreurs et de non conformité. Dans ce contexte, l'implantation du filtre de validation fonctionnelle sur chaque produit lui confère un rôle actif de contrôle et de surveillance des opérations qu'il subit. Un cas d'étude proposé par la société TRANE illustre la démarche.

## 10h15 - Modèles commutatifs pour l'optimisation

Laurent THIRY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire MIPS, ENSISA

Cet article s'intéresse aux modèles  $P, M$  tels que  $(P \circ M) = (M \circ P)$ . Par exemple, un polynôme  $P$  dont les coefficients sont des matrices  $M$  peut être réécrit comme une matrice de polynômes, ou réciproquement. Si les deux représentations sont équivalentes, la seconde présente l'avantage de pouvoir être simplifiée - ce qui conduit à moins de calculs. L'article montre alors comment utiliser le concept de "foncteur" pour  $\phi : (P \circ M) - \text{décrire } (P, M)$  et établir des isomorphismes  $\gamma : (M \circ P)$  qui soient des optimisations. Un algorithme permettant de réduire certaines expressions symboliques est proposé comme application des éléments présentés.

## **10h35 - Modélisation de réseaux de Graphes d'Événements Temporisés avec Conflits dans l'algèbre (Max,+)**

Boussad ADDAD<sup>1</sup>, Saïd AMARI<sup>1</sup>, Jean-Jacques LESAGE<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée, LURPA – Ecole Normale Supérieure de Cachan*

Les Graphes d'Événements Temporisés (GET) sont une classe de Réseaux de Petri (RdP) auxquels on peut aisément associer une représentation d'état (Max,+) linéaire qui facilite leur étude. Cependant, les GET ne permettent pas de modéliser des systèmes avec partage de ressources et/ou gestion de conflits. Pour y remédier, nous proposons une modélisation (Max,+) pour les Réseaux de Graphes d'Événements Temporisés avec Conflits (RGETC). Dans un premier temps, nous développons des équations (Max,+) récurrentes régissant l'évolution des RGETC quelque soit la règle d'arbitrage des conflits appliquée. Nous considérons ensuite des règles particulières et aboutissons à des équations semblables à la forme d'état (Max,+) classique.

## **10h55 - Modélisation et évaluation des performances d'un système de signalisation ferroviaire intégrant BAL et ETCS par réseaux de Petri colorés**

Jérôme LALOUETTE<sup>1</sup>, Nicolae BRINZEI<sup>2</sup>, Olaf MALASSE<sup>3</sup>, Régis CARON<sup>1</sup>,  
Francis SCHERB<sup>1</sup>, Jean-François AUBRY<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>SNCF, Direction de l'Ingénierie*

*<sup>2</sup>Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

*<sup>3</sup>Arts et Métiers ParisTech*

Le futur système de signalisation ferroviaire ETCS (European Train Control System) qui doit assurer au niveau de l'Union Européenne l'interopérabilité des corridors ferroviaires européens sera superposé, en France, aux systèmes de signalisation nationaux déjà existants. L'impact de cette coexistence doit être évalué, notamment en termes de performances et de robustesse. Dans ce but, un modèle de cantonnement BAL (Block Automatique Lumineux) puis ETCS niveau 1 ont été développés sous forme de réseaux de Petri colorés. Ce modèle permet de prendre en compte toutes les spécifications fonctionnelles et, ensuite, d'évaluer quantitativement le comportement dynamique de la ligne ferroviaire et des systèmes de signalisation. Pour valider notre approche, nous l'avons appliquée à une ligne ferroviaire réelle, la ligne Zoufftgen-Woippy située à la frontière franco-luxembourgeoise.



# Conférence plénière : Analyse structurelle des systèmes, une approche graphique

Lieu : La Croisée

Heure : 11h30

Président de session : Didier MAQUIN

Christian COMMAULT<sup>1</sup>, Jean-Michel DION<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*GIPSA-Lab Département d'Automatique, Grenoble INP-CNRS-UJF*

Cette présentation se décompose en deux parties. Dans une première partie nous présentons la problématique de la modélisation structurelle et nous introduisons le modèle associé, celui des systèmes structurés. Un modèle structuré est un modèle d'état linéaire dans lequel les matrices classiques de la représentation sont composées de zéros ou de paramètres indépendants. Nous nous intéressons aux propriétés génériques de tels modèles, c'est-à-dire à des propriétés vraies pour presque toutes les valeurs des paramètres. Il a été montré que beaucoup de ces propriétés peuvent être analysées par l'étude d'un graphe associé de manière très naturelle au système structuré. Nous illustrons ceci sur quelques propriétés classiques et nous montrons à quel point les résultats ont des interprétations physiques intéressantes. Les algorithmes de résolution et leur complexité sont également évoqués. Dans la deuxième partie nous nous intéressons, toujours dans l'esprit structurel, au problème de classification de capteurs. Soit un système avec son réseau de capteurs et une propriété qui est satisfaite pour ce système avec les capteurs existants (par exemple observabilité, détection de défauts), on s'intéresse à la classification des capteurs selon leur importance relativement à la préservation de cette propriété en cas de panne éventuelle de ceux-ci. Plus précisément on caractérise les capteurs critiques (essentiels) dont la panne implique la perte de la propriété considérée et ceux qui sont inutiles dans le sens où dans tous les cas leur perte ne fait pas perdre la propriété. On caractérise également le degré d'importance des capteurs qui ne sont ni critiques ni inutiles. Cette approche très générale est illustrée, par exemple pour l'observabilité, sur les systèmes structurés introduits précédemment. L'exposé montre que l'analyse structurelle des systèmes dynamiques permet, à partir d'un modèle très simple, d'obtenir facilement des informations qualitatives importantes sur le comportement de ces systèmes.

## **Professeur Christian COMMAULT**

Gipsa-lab

Email: [christian.commault@gipsa-lab.grenoble-inp.fr](mailto:christian.commault@gipsa-lab.grenoble-inp.fr)

Tél: +33 4 76 82 64 16 Fax: +33 4 76 82 63 88



Christian COMMAULT est diplômé de l'INPG comme Ingénieur Electricien (1973), Ingénieur Automaticien (1974), Docteur-Ingénieur (1978) et Docteur d'Etat (1983). Sa carrière d'enseignant a commencé à Dakar, Sénégal (1974-1976) puis s'est poursuivie à l'ENSIEG-INPG de 1979 à maintenant. Ses enseignements concernent l'automatique, la recherche opérationnelle et les systèmes de production. Il a été Directeur-adjoint et Directeur des Etudes de l'ENSIEG de 1992 à 1998. Il a effectué un détachement à la Direction de Recherche de Renault (1986-1988). Sa recherche porte sur la commande, l'observation et le diagnostic des systèmes linéaires multivariables par différentes approches et sur la modélisation et l'évaluation de performances des systèmes de production. Il est actuellement directeur de l'Ecole Doctorale EEATS (Electronique, Electrotechnique, Automatique et Traitement du Signal) de Grenoble.

## **Professeur Jean-Michel DION**

Gipsa-lab

Email: [jean-michel.dion@gipsa-lab.grenoble-inp.fr](mailto:jean-michel.dion@gipsa-lab.grenoble-inp.fr)

Tél: +33 4 76 82 71 18 Fax: +33 4 76 82 63 88



Jean-Michel DION a reçu le titre de docteur de l'Institut National Polytechnique de Grenoble en 1977. De 1977 à 1979 il a été professeur visitant au CINVESTAV de Mexico. Depuis 1979 il est chercheur au CNRS et est actuellement directeur de recherche au laboratoire Gipsa-lab (CNRS-INPG-UJF) de l'Université de Grenoble. Il a été directeur du Laboratoire d'Automatique de Grenoble et vice-président de l'Institut National Polytechnique de Grenoble. Il a été adjoint du directeur général de l'enseignement supérieur et chef du service de la recherche universitaire au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Il est actuellement administrateur de l'Agence Nationale pour la Recherche.

Jean-Michel Dion a été éditeur associé à Automatica, chairman du TC « linear systems » de l'IFAC et est IFAC fellow depuis 2007. Il est docteur Honoris Causa de l'Université Politehnica de Bucarest. Ses thèmes de recherche actuels concernent les propriétés structurelles des systèmes et l'étude des systèmes à retard.

# Conférence plénière : Sur la stabilité, commande et optimisation des systèmes dynamiques hybrides

Lieu : La Croisée

Heure : 14h10

Président de session : Jamal DAAFOUZ

José C. GEROMEL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Faculté de Génie Electrique et Informatique, Université de Campinas*

Dans cet article on considère les systèmes dynamiques hybrides et, plus particulièrement, les systèmes linéaires à commutation en temps continu et en temps discret. Le but principal est d'exposer d'une façon simple et la plus rigoureuse possible les résultats les plus récents d'un sujet vaste, riche et important soit dans l'aspect théorique soit pour la possibilité réelle d'applications pratiques. D'autre part, notre objectif est aussi de mettre en évidence plusieurs possibilités actuellement envisagées pour la détermination d'une règle de commutation de telle façon à assurer en même temps la stabilité et la minimisation d'un coût garanti indicatif de la qualité des performances. Cela est traduit par l'existence d'une solution définie positive d'un ensemble d'inégalités dénommées inégalités de Lyapunov-Metzler. Les résultats théoriques sont illustrés par quelques exemples numériques extraits de la littérature. Finalement, deux applications pratiques sont présentées.

## Professeur José Claudio GEROMEL

DSCE / School of Electrical and Computer Engineering – UNICAMP

Email: [geromel@dsce.fee.unicamp.br](mailto:geromel@dsce.fee.unicamp.br)

Tél: (019) 3521-3763 Fax: +33 3 90 24 44 80



José C. GEROMEL est né au Brésil à Itaba en 1952. Il a obtenu un Doctorat d'État au LAAS, Toulouse, France en 1979. Il est professeur titulaire à l'École de Génie Électrique de l'Université de Campinas, Brésil depuis 1990 et chercheur titulaire du Conseil National de Recherche Scientifique depuis 1991. En 1999 il a été nommé chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques, France. Il est membre titulaire de l'Académie Brésilienne des Sciences depuis 1998. Prof. Geromel est éditeur associé de *l'International Journal of Robust and Nonlinear Control* et de *European Journal of Control*. En 2003, il a été membre élu de l'*IFAC Council* pour le mandat 2003-2005. Prof. GEROMEL a publié plus de 180 articles techniques dont 80 dans des revues internationales. Il est co-auteur des livres *Control Theory and Design* - avec P. COLANERI et A. LOCATELLI, Academic

Press Inc., 1997 et *Análise Linear de Sistemas Dinâmicos*, en Portuguais, - avec A.G.B. PALHARES, Edgard BLÜCHER, Ltda, 2004. Ses sujets actuels de recherche concernent ta théorie de la programmation convexe, le filtrage robuste et la conception de commande ainsi que les systèmes à commutations.

# Session Me-A2 : Surveillance et diagnostic

Lieu : La Croisée

Heure : 15h10

Présidents : Belkacem OULD BOUAMAMA et Didier THEILLIOL

## 15h10 - Diagnostic prédictif sous contrainte temporelle

David GUCIK-DERIGNY<sup>1</sup>, Rachid OUTBIB<sup>1</sup>, Mustapha OULADSINE<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes, UMR CNRS 6168 –  
Université Aix-Marseille*

Ce papier est dédié au diagnostic prédictif sous contrainte temporelle à base de modèle. La démarche est fondée sur la synthèse d'observateurs. La méthodologie proposée concerne les systèmes à échelle de temps multiple. L'objectif est d'identifier les paramètres du modèle du sous-système à dynamique lente dont la structure est assumée être connue, à partir de la connaissance des entrées et sorties du sous-système à dynamique rapide. Le but principal est l'estimation du temps de vie restant de ce système. La méthodologie est illustrée sur un système non-linéaire d'oscillateur mécanique à double potentiels magnétiques non stationnaires.

## 15h30 - Planification dynamique d'opérations de maintenance tenant compte de la dégradation des composants d'un véhicule industriel

Keomany BOUVARD<sup>1,3</sup>, Samuel ARTUS<sup>1</sup>, Christophe BERENGUER<sup>2</sup>,

Vincent COCQUEMPOT<sup>3</sup>

*<sup>1</sup>Volvo Technology France*

*<sup>2</sup>ICD/Laboratoire de Modélisation et Sûreté des Systèmes, Université de Technologie de Troyes*

*<sup>3</sup>Laboratoire d'Automatique de Génie Informatique et Signal, FRE 3303 - Université Lille 1, Polytech'Lille*

Cet article présente une méthode de planification dynamique d'opérations de maintenance. Cette planification est adaptée aux conditions d'utilisation d'un véhicule industriel afin de garantir un coût de maintenance minimal. Un tel véhicule peut être considéré comme un système multi-composant. Regrouper des opérations de maintenance réduit le coût global de maintenance du système. Ce problème d'optimisation est généralement résolu en utilisant les caractéristiques a priori de fiabilité des composants. Pour les systèmes à détérioration graduelle, les caractéristiques de fiabilité des composants peuvent être estimées grâce à des modèles de dégradation et peuvent être remises à jour dès qu'une mesure de dégradation est disponible. Ces informations additionnelles sur la condition des composants permettent de construire des plannings de maintenance adaptés à l'utilisation réelle du système.

## **15h50 - Synthèse d'une loi de commande reconfigurable assurant la fiabilité des systèmes**

Ahmed KHELASSI<sup>1</sup>, Didier THEILLIOL<sup>1</sup>, Philippe WEBER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

Ce travail s'intéresse à la commande tolérante aux défauts des systèmes sur-actionnés en présence de défauts actionneurs. Le problème d'allocation et de ré-allocation de la commande est abordé en prenant en compte la dégradation des performances des actionneurs. Une solution au problème de ré-allocation de la commande avec comme objectif, d'assurer d'une part les performances désirées et d'autre part d'augmenter la fiabilité des systèmes est proposée. Cette solution requière une re-estimation des différents indicateurs de fiabilité afin d'intégrer ces derniers dans la synthèse de la loi de commande. Un exemple académique illustre les limites et les performances de l'approche proposée.

## **16h10 - Estimation de l'encrassement dans les échangeurs thermiques**

Sabrina Delrot<sup>1</sup>, Krishna BUSAWON<sup>2</sup>, Mohamed DJEMAI<sup>1</sup>, François DELMOTTE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Univ Lille Nord de France, UVHC, LAMIH, CNRS, FRE 3304*

<sup>2</sup>*Northumbria University, School of Computing, Engineering and Information Sciences*

<sup>3</sup>*Univ Lille Nord de France, LG2IA, Faculté des Sciences Appliquées*

Ce papier développe un observateur non linéaire pour un échangeur thermique. L'objectif visé est de pouvoir estimer et détecter l'encrassement dans les échangeurs thermiques et plus précisément les paramètres relatif à l'encrassement. Nous présentons en premier lieu le modèle de l'échangeur thermique et en second lieu un observateur non linéaire y est développé. Une fonction de Lyapunov non quadratique a du être construite pour prouver la convergence de l'erreur d'estimation.

## **16h30 - Détection de fautes par redondance analytique de l'alimentation en air d'une pile à combustible de type PEM**

Quan YANG<sup>1</sup>, Abdel AITOUCHE<sup>1</sup>, Belkacem OULD BOUAMAMA<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Laboratoire d'Automatique, Génie Informatique et Signal, UMR 8146 CNRS, Hautes Etudes d'ingénieur*

*<sup>2</sup>Laboratoire d'Automatique, Génie Informatique et Signal, UMR 8146 CNRS, Polytech-Lille*

Cet article présente une procédure de la génération des résidus basée sur les redondances analytiques non linéaires. Ces relations sont utilisées pour détecter et localiser des défaillances de capteurs et d'actionneurs. La méthode est basée sur l'élimination des variables inconnues du système et en particulier sur des états du système. Le système non linéaire d'alimentation en air de pile à combustible (PAC) est un système complexe initialement en 4 états que nous avons ramené en équation d'état classique en 3 états pour notre étude. L'algorithme d'espace de parité non linéaire est programmé sous Matlab et expliqué en détail. Des défauts de capteur de pression et une surtension du compresseur ont été simulés. Les résultats obtenus montrent l'efficacité de cette méthode.



## **Session Me-B2 : Commande par modes glissants**

Lieu : Rome

Heure : 15h10

Présidents : Joachim RUDOLPH et Abdelaziz HAMZAoui

### **15h10 - Commande sans capteur du moteur pas-à-pas à base de modes glissants d'ordre supérieur**

Christophe FITER<sup>1,2</sup>, Thierry FLOQUET<sup>1,2</sup>, Joachim RUDOLPH<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire d'Automatique, Génie Informatique et Signal, UMR 8146 CNRS, Ecole Centrale de Lille*

<sup>2</sup>*Équipe projet ALIEN INRIA*

<sup>3</sup>*Lehrstuhl für Systemtheorie und Regelungstechnik, Universität de la Sarre*

Nous proposons une commande robuste du moteur pas-à-pas sans capteur de position ni de vitesse, et ne nécessitant que des mesures des courants et des tensions. Nous présentons dans un premier temps des observateurs basés sur des modes glissants du 2e ordre estimant la position et la vitesse du rotor, puis nous établissons une loi de commande robuste, elle même basée sur des modes glissants, et faisant intervenir ces estimations. La stabilité des observateurs et de la loi de commande est ensuite traitée. Des résultats obtenus en simulation démontrent l'intérêt et la robustesse de ces méthodes.

### **15h30 - Commande par modes glissants d'ordre supérieur et observateur grand gain de la génératrice asynchrone double alimentation d'une éolienne**

Brice BELTRAN<sup>1</sup>, Mohamed BENBOUZID<sup>1</sup>, Tarek AHMED-ALI<sup>2</sup>, Omar BENZINEB<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Université de Brest, EA 4325 LBMS*

<sup>2</sup>*Université de Caen, UMR CNRS 6072 GREYC*

Le rendement d'une éolienne dépendant essentiellement de la puissance du vent, de la courbe de puissance de la turbine et de l'habilité de la génératrice à répondre aux fluctuations du vent, cet article propose alors une stratégie de commande robuste de la génératrice asynchrone double alimentation d'une éolienne qui permet d'optimiser sa production énergétique (rendement). Pour ce faire, il est mis en œuvre un observateur grand gain pour estimer le couple aérodynamique et des commandes par mode glissant d'ordre supérieur. La stratégie globale ainsi proposée a été validée sur une éolienne tripale de 1.5 MW en utilisant le simulateur FAST.

## **15h50 - Optimisation d'un système de pompage photovoltaïque sans batterie commandé par mode de glissement**

Mohamed-Abdellatif KHALFA<sup>1,2</sup>, Anis SELLAMI<sup>1,2</sup>, Ridha ANDOULSI<sup>2</sup>,  
Radhi M'HIRI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire de Nanomatériaux et de Systèmes d'Énergies au Centre de Recherches et des Technologies de l'énergie*

<sup>2</sup>*Unité de Recherche C3S, à l'école Supérieure des Sciences et Techniques de Tunis (ESSTT)*

<sup>3</sup>*Faculté des Sciences de Tunis*

Le travail présenté dans cet article étudie la modélisation et la commande par mode glissant (CMG) d'un système de pompage photovoltaïque (PV) au fil de soleil. Nous avons utilisé la structure du pompage PV à deux convertisseurs statiques pilotés par mode glissant de manière indépendante, c'est l'apport de notre papier par rapport à la littérature. Le système est constitué d'une pompe centrifuge entraînée par un moteur asynchrone triphasé à rotor à cage d'écureuil, lui-même alimenté en tension grâce à un onduleur de tension triphasé à modulation des largeurs des impulsions sinus triangle (MLI). Afin d'optimiser leur rendement énergétique quelque soient les conditions météorologiques, nous avons intercalé entre l'onduleur et le générateur photovoltaïque (GPV) un adaptateur de point de puissance maximale connue sous le nom de MPPT (Maximum Power Point Tracking). Parmi les diverses techniques des MPPT présentées dans la littérature, nous avons adopté l'algorithme de perturbation et observation (P&O). Enfin, des travaux de simulation fournis permettent de dégager les performances dynamiques de la structure proposée.

## **16h10 - Commande par pseudo régime glissant basée sur une approche multi-surfaces de glissement dynamiques**

Kamel BEN HAMOUDA<sup>1</sup>, Anis SELLAMI<sup>2</sup>, Mekki KSOURI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Unité de Recherche : Automatique et Commande des Systèmes (ACS), Ecole Nationale d'Ingénieur de Tunis (ENIT)*

<sup>2</sup>*Ecole Supérieure des Sciences et Techniques de Tunis*

Ce travail présente une nouvelle technique de commande conjuguant les concepts mode glissant intégral et multi-modèle. Cette stratégie de commande est basée sur un ensemble fini de fonctions de commutation dynamiques. Elle permet d'une part, d'avoir un comportement robuste par rapport à certaines classes d'incertitudes, et d'autre part d'éliminer complètement le phénomène de réticence.

## 16h30 - Réglage par mode glissant hybride d'un GPV interconnecté au réseau triphasé BT

Mohamed Habib BOUJMIL<sup>1</sup>, Mohamed Nejib MANSOURI<sup>1</sup>,  
Mohamed Faouzi MIMOUNI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Unité de Recherche Réseau et Machines Electriques RME, INSAT*

Dans cet article nous avons présenté le réglage hybride par mode glissant, appliqué à un système photovoltaïque interconnecté au réseau triphasé Basse Tension (BT). La Représentation Energétique Macroscopique, (REM) et son inverse la Structure Maximale de Commande (SMC), sont utilisés respectivement pour la modélisation et la commande du système global. Le modèle ainsi développé débouche sur une structure formée de boucles imbriquées qui s'adapte bien à la technique du réglage en cascade. Le réglage de la boucle interne où intervient l'organe de commande (Hacheur ou onduleur) a été traité analogiquement par mode glissant ; par contre le réglage superposé a été traité numériquement par des régulateurs d'état échantillonnés et leur dimensionnement selon les principes du placement de pôles. Des résultats de simulation, montrent les performances de ce type de réglage pour des creux de tension de réseau, et la robustesse pour des variations des paramètres (résistances et inductances).



# Session Me-C2 : Modélisation expérimentale

Lieu : Assise

Heure : 15h10

Présidents : Hugues GARNIER et Dumitru POPESCU

## 15h10 - Méthode générale de sélection de multimodèles

Anca M. NAGY<sup>1</sup>, Benoît MARX<sup>1</sup>, Gilles MOUROT<sup>1</sup>, José RAGOT<sup>1</sup>,  
Georges SCHUTZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS

<sup>2</sup>Centre de Recherche Public "Henri Tudor", LTI : Unité Business and Systems Analytics

Dans cet article, une méthode analytique est proposée en vue d'obtenir un multimodèle (MM) strictement équivalent à un modèle non-linéaire représentable sous une forme quasi-LPV. La méthode proposée ne produit pas de perte d'information, contrairement aux méthodes de réduction d'ordre existantes. Plusieurs formes multimodèle peuvent être obtenues. Pour cette raison on propose aussi une méthode de choix de la meilleure forme pour des études d'analyse et de contrôle basées sur la formulation LMI (inégalités matricielles linéaires).

## 15h30 - Modélisation neuronale avec une structure minimale

Ouahib GUENOUNOU<sup>1</sup>, Ali BELMEHDI<sup>1</sup>, Dahhou BOUTAIB<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de technologie industrielle et de l'information, Université A.Mira de Béjaïa

<sup>2</sup>LAAS, CNRS, Université de Toulouse, UPS, INSA, INP, ISAE

Le présent travail porte sur l'optimisation de la structure d'un réseau de neurones MLP (Multi-Layer Perceptron) à deux couches cachées par un algorithme hybride qui se déroule en deux étapes. Au cours de la première étape l'algorithme de rétropropagation est utilisé pour un premier ajustement des poids de connexions et des biais du réseau neuronal. Dans la deuxième étape on utilise le NSGA-II, algorithme génétique multi-objectifs (Nondominated Sorting Genetic Algorithm-II) pour l'optimisation simultanée des paramètres et du nombre de neurones dans chaque couche cachée du réseau. L'efficacité de cet algorithme hybride proposé est évaluée à travers un problème classique de modélisation d'un système non linéaire.

## **15h50 - Etude des Dépendances météo-paramètres de pollution pour la région d'Annaba, Algérie**

Soufiane KHEDAIRIA<sup>1</sup>, Mohamed Tarek KHADIR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire sur La Gestion Électronique du Document (LabGED), Université d'Annaba, Algérie*

Dans le but d'étudier l'influence des paramètres météorologiques sur la pollution atmosphérique au niveau de la région d'Annaba, une base de données captée pendant 2 ans par la station SAMASAFIA a été utilisée. L'approche considérée est basée sur l'utilisation des clusters météorologiques pour étudier l'influence des paramètres météorologiques (la vitesse du vent, la température et l'humidité relative) par cluster sur la pollution atmosphérique (monoxyde d'azote (NO), monoxyde de carbone (CO), l'ozone (O3), les particules en suspension (PM10), l'oxydes d'azote (NOx), le dioxyde d'azote (NO2) et le dioxyde de soufre (SO2)) dans cette région. Plusieurs rapports linéaires entre les trois paramètres météorologiques et les polluants considérés ont été identifiés ou plusieurs significations et conclusions ont été tirées. Ainsi, pour modéliser les relations non linéaires qui existent entre les paramètres météorologiques et les niveaux de concentration des polluants au niveau de chaque cluster météorologique, nous avons utilisé un modèle neuronal (PMC). Selon les indicateurs statistiques utilisés pour évaluer les performances des modèles neuronaux obtenus, les résultats sont très satisfaisants.

## **16h10 - Reconstitution de l'orientation et des accélérations corporelles à l'aide de capteurs inertiels et magnétiques : Application à l'écophysiologie de l'animal sauvage**

Hassen FOURATI<sup>1,2</sup>, Noureddine MANAMANNI<sup>1</sup>, Lissan AFILAL<sup>1</sup>,  
Yves HANDRICH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*CReSTIC, URCA, EA 3804 – Université de Reims Champagne-Ardenne*

<sup>2</sup>*Institut Pluridisciplinaire Hubert CURIE / Département Ecologie, Physiologie et Ethologie UMR 7178 CNRS – Université de Strasbourg*

L'objectif de ce travail est d'estimer les orientations (attitudes) ainsi que les accélérations corporelles (linéaires) dans l'espace 3D chez l'animal sauvage. L'approche proposée concerne le Bio-logging, une thématique qui s'intéresse à l'étude du comportement de l'animal et de son écophysiologie (localisation et monitoring de ses activités) en utilisant des microsystèmes électroniques. Généralement pour ce type d'application, l'estimation de l'attitude est obtenue en utilisant des capteurs inertiels tels que des accéléromètres et des magnétomètres. Cependant cette technique n'est valable que pour des mouvements basses fréquences de l'animal (quasistatique). Dans cet article, on propose d'étendre

cette estimation au cas dynamique en ajoutant des gyromètres. Ainsi, une méthode de fusion non linéaire de données inertielles provenant d'un accéléromètre, d'un magnétomètre, et d'un gyromètre triaxiaux est proposée. L'estimation de l'orientation servira au calcul des accélérations corporelles de l'animal. Cette information est souvent nécessaire aux biologistes pour évaluer les dépenses énergétiques de l'animal au cours de ses mouvements. Finalement, des essais expérimentaux réalisés sur un cheval illustreront la performance de l'approche proposée.

## **16h30 - Modélisation et simulation des barrages hydro-énergétiques**

Catalin DIMON<sup>1</sup>, Dumitru POPESCU<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Laboratoire d'Automatique, Control des Processus et Ordinateurs, Faculté d'Automatique et d'Ordinateurs, Université Polytechnique de Bucarest*

Le travail présente une stratégie de modélisation et simulation de la dynamique d'un barrage hydro-énergétique. L'information utilisée pour l'évaluation des modèles mathématiques est représentée par un ensemble de données recueillies sur une vingtaine d'années sur un des systèmes hydro-énergétiques de la Roumanie. Les résultats de notre recherche permet l'évaluation de l'état actuel du système et offre une information importante pour la conception et l'identification de systèmes similaires. Ces résultats ont été obtenus à l'aide des outils informatiques dédiés à l'acquisition de données, modélisation et identification qui existe dans la Faculté d'Automatique et d'Ordinateurs de l'UPB (SISCON et PIM software).



## **Session Me-D2 : Robotique**

Lieu : Jérusalem

Heure : 15h10

Présidents : Joël MORILLON et Yannick Aoustin

### **15h10 - Bipède 3D : Balancement optimal des bras**

Yannick Aoustin<sup>1</sup>, Alexander Formal'skii<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes, UMR 6597 – Ecole Centrale de Nantes, Université de Nantes, CNRS*

<sup>2</sup>*Institute of Mechanics, Moscow Lomonosov State University*

Un mouvement balistique est défini pour un robot bipède qui évolue dans un environnement 3D. Il dispose de deux jambes identiques avec des genoux mais sans pieds. Il a un tronc et deux bras identiques. Pour obtenir une allure de marche périodique des couples impulsions sont appliqués aux articulations lors de la phase instantanée de double appui. Une infinité de solutions existe pour le calcul de ces couples. Ces solutions sont calculées par la minimisation d'un critère d'énergie. Des tests numériques montrent que pour une période de mouvement et une longueur d'enjambée données, il existe une amplitude optimale de balancement des bras pour laquelle le critère d'énergie est minimal.

### **15h30 - Commande floue d'un robot mobile avec remorque**

Firas Rouissi<sup>1</sup>, Rafika El Harabi<sup>1</sup>, Saloua Bel Hadj Ali Naoui<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Unité de Recherche Modélisation, Analyse et Commande des Systèmes (MACS), Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès (ENIG)*

Dans cet article, est proposée, une stratégie de commande de robots mobiles basée sur l'approche floue pour assurer une navigation stable et précise, atteindre une cible et éviter un obstacle. Cette approche est appliquée à un robot mobile de type voiture avec remorque. Les résultats de simulation sont acceptables, le robot à remorque arrive en fait, à atteindre la cible en évitant parfaitement l'obstacle.

## **15h50 - Identification dynamique de robots avec un modèle de frottement sec fonction de la charge et de la vitesse**

Pauline HAMON<sup>1</sup>, Maxime GAUTIER<sup>2</sup>, Philippe GARREC<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*LIST, Laboratoire de Robotique Interactive, CEA*

<sup>2</sup>*IRCCyN, UMR CNRS 6597, Université de Nantes*

En robotique, les pertes dans la chaîne d'actionnement articulaire des robots sont généralement prises en compte dans le modèle dynamique par un effort de frottement visqueux proportionnel à la vitesse et par un effort constant de frottement sec. Pourtant, d'après la loi de Coulomb, le frottement sec de glissement varie avec les efforts de contact dans les éléments de transmission. Ainsi, cet effet est à prendre en compte pour les systèmes mécaniques soumis à de fortes variations de charge. Cet article présente un nouveau modèle dynamique dans lequel l'effort de frottement sec est proportionnel à la charge selon un coefficient dépendant de la vitesse. Une nouvelle procédure permet d'identifier ce modèle à partir de mesures faites sur le robot réalisant diverses trajectoires avec différents cas de charge. Une validation expérimentale est réalisée sur un robot industriel.

## **16h10 - Stabilité globale pour la navigation réactive d'un robot mobile en présence d'obstacles**

Ahmed BENZERROUK<sup>1</sup>, Lounis ADOUANE<sup>1</sup>, Zaher AL-BARAKEH<sup>1</sup>,  
Philippe MARTINET<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire des Sciences et Matériaux pour l'Electronique et d'Automatique UMR 6602 - Université Blaise Pascal, CNRS*

Ce papier traite la navigation d'un robot mobile dans un environnement en présence d'obstacles. Le robot doit alors atteindre une cible finale tout en évitant des obstacles. Il est proposé de briser la complexité de la tâche à réaliser en la décomposant en un ensemble de tâches élémentaires : Attraction vers une cible et évitement d'obstacles. Chacune de ces tâches est accomplie grâce à un contrôleur élémentaire dédié. L'activation d'un contrôleur à la faveur d'un autre se fera en fonction de la tâche prioritaire à réaliser. Pour assurer la stabilité globale du système notamment aux moments des transitions entre contrôleurs, les propriétés des systèmes hybrides permettant le passage d'un système continu à un autre en présence d'évènements discrets sont exploitées. Ici, il est proposé d'agir sur le gain de la loi de commande élaborée afin d'assurer la stabilité de l'architecture globale, et ce même aux instants des commutations. La stabilité est étudiée grâce à une fonction de Lyapunov commune à tous les contrôleurs. Des résultats de simulations et expérimentaux appuieront les résultats théoriques.

## 16h30 - Suivi de trajectoire d'un robot mobile non holonome en présence de retards sur les mesures

El-Hadi GUECHI<sup>1</sup>, Jimmy LAUBER<sup>1</sup>, Michel DAMBRINE<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Univ Lille Nord de France, UVHC, LAMIH, CNRS, FRE 3304*

Cet article présente la commande d'un robot mobile non-holonome de type unicycle pour le suivi de trajectoire. Cette dernière est une courbe de Bézier C5 déterminée de manière à prendre en compte les contraintes sur les vitesses de départ et d'arrivée. Dans ce papier, nous supposons que les mesures de la position et de l'orientation du robot par caméra et traitement d'image induisent un retard constant. La commande de systèmes non linéaires à retard est délicate, mais en utilisant la structure spéciale du modèle, nous développons un observateur prédictif non-linéaire. La commande est déterminée en utilisant la technique de platitude que l'on déterminerait s'il n'y avait pas de retard en remplaçant l'état par sa prédiction. La stabilité exponentielle asymptotique du système bouclé est prouvée. Finalement, des résultats de simulations pour le suivi de trajectoire sont présentés.



## **Session Me-E2 : Ingénierie pour la santé et sciences du vivant**

Lieu : Calcutta

Heure : 15h10

Présidents : Valérie LOUIS-DORR et Jacques FELBLINGER

### **15h10 - Etude de l'influence de la longueur du muscle peroneus digiti quarti sur le multi-modèle fractionnaire d'une unité motrice**

Mathieu PELLET<sup>1</sup>, Pierre MELCHIOR<sup>1</sup>, Julien PETIT<sup>2</sup>, Alain OUSTALOUP<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IMS – UMR 5218 CNRS, Université Bordeaux 1, IPB/ENSEIRB-MATMECA

<sup>2</sup>Laboratoire Mouvement Adaptation Cognition - UMR 5227 CNRS, Université Victor Ségalen Bordeaux 2

Les modèles du muscle squelettique ont de nombreuses applications, notamment en médecine, pour améliorer la compréhension de ces organes ou pour la stimulation électrique fonctionnelle de muscles déficients grâce à des modèles inverses. Ils sont également utiles en robotique bio-inspirée, pour permettre aux actionneurs de reproduire plus fidèlement des mouvements naturels. Lorsqu'ils sont utilisés en robotique, il est nécessaire que ces modèles soient compacts (peu de paramètres) et facilement embarquables. Ainsi un premier multi-modèle du peroneus a été déterminé. Ce modèle permet de prédire la réponse d'une unité motrice à une stimulation électrique pour des contractions de type isométrique (c'est-à-dire pour une longueur de muscle constante). Dans cet article, l'influence de la longueur sur notre modèle est étudiée et les limites du multi-modèle linéaire sont présentées.

### **15h30 - Etude de la normalisation spatiale en imagerie cérébrale de Tomographie par Emission de Positons**

Christophe PERSON<sup>1</sup>, Laurent KOESSLER<sup>1,2</sup>, Valérie LOUIS DORR<sup>1</sup>, Didier WOLF<sup>1</sup>,  
Louis MAILLARD<sup>1,2</sup>, Pierre-Yves MARIE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS

<sup>2</sup>Centre Hospitalier Universitaire de Nancy, Service de Neurologie

<sup>3</sup>Centre Hospitalier Universitaire de Nancy, Service de Médecine Nucléaire

Afin de garantir la meilleure précision spatiale possible dans l'évaluation pré-chirurgicale des épilepsies partielles pharmaco-résistantes, l'imagerie TEP (Tomographie par Emission de Positons) permet de localiser les zones hypométaboliques que l'on suppose liées aux régions responsables des crises. Nous proposons pour ce travail d'exploiter la méthode SPM (Statistical

Parametric Mapping) qui utilise des comparaisons voxel à voxel afin de mettre ces zones en évidence. Cependant, une étape préalable de normalisation spatiale est nécessaire afin de pouvoir effectuer des études interindividuelles. L'objectif dans ce cadre est de comparer deux méthodes de normalisation spatiale. La première, utilisée par SPM, opère globalement sur la totalité des images, alors que la seconde, développée par Commowick, s'applique sur des blocs de voxels avant une étape de régularisation. Les performances comparées sont évaluées sur une base de données patients.

### **15h50 - Evaluation subjective de la qualité de vidéos encodées MPEG2 dans un contexte de télé-robotique chirurgicale**

Nedia NOURI<sup>1</sup>, Denis ABRAHAM<sup>1</sup>, Jean-Marie MOUREAUX<sup>1</sup>, Michel DUFAUT<sup>1</sup>,  
Jacques HUBERT<sup>2</sup>, Manuela PEREZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS  
<sup>2</sup>INSERM, U947, CHU Nancy Brabois

La transmission de vidéos médicales sur de grandes distances est un sujet en plein développement, du fait de la « révolution numérique » que connaît le monde médical actuellement. La contrepartie de cette numérisation réside dans des volumes de données considérables nécessitant des capacités de transmission elles-mêmes très importantes, rendant la compression avec perte en amont inévitable. Celle-ci constitue un défi majeur dans un contexte aussi sensible que le contexte médical, celui de l'impact des pertes sur la qualité des données et leur exploitation. Le travail présenté ici concerne l'évaluation subjective, par un panel de chirurgiens, de séquences vidéo issues d'une application de télé-robotique chirurgicale et compressées avec pertes au format MPEG2. L'évaluation s'appuie sur les recommandations de l'ITU-R1 à travers le protocole DSCQS<sup>2</sup>, l'objectif étant de déterminer un seuil de compression permettant d'avoir une qualité perceptuelle de la vidéo chirurgicale compressée irréprochable, pour le bon déroulement de l'opération et pour assurer la sécurité des patients. Nous montrons qu'il existe un seuil de tolérance à la compression avec pertes de type MPEG2 autour de 3 Mbits/s pour les vidéos utilisées dans cette étude, ce qui équivaut à un taux de compression d'environ 90 :1 du flux vidéo initialement à 270 Mbits/s !

## **16h10 - Le modèle de Kuramoto sous retour du champ moyen réel n'admet pas de solutions à phases verrouillées**

Alessio FRANCI<sup>1</sup>, Antoine CHAILLET<sup>2</sup>, William PASILLAS-LEPINE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*LSS - Université Paris Sud 11*

<sup>2</sup>*LSS - EECI - Supélec - Université Paris Sud 11*

<sup>3</sup>*LSS - CNRS*

Motivés par le récent développement de la Stimulation Cérébrale Profonde pour le traitement de maladies neurologiques, nous développons un modèle descriptif de neurones interconnectés sous retour de leur champ moyen. Sous des hypothèses classiques, ce système peut être réduit à une version modifiée du modèle de Kuramoto pour oscillateurs non-linéaires couplés. Nous présentons une étude analytique de l'existence de solutions à phases verrouillées. En particulier, pour une configuration d'interconnexion et de commande générique, nous montrons que les solutions à phases verrouillées ne peuvent exister dès lors qu'un retour de sortie non nul est appliqué. Ces résultats préliminaires ouvrent le chemin à des études plus avancées, comme l'analyse de la robustesse de la synchronisation sous le retour du champ moyen et la synthèse d'un retour d'état désynchronisant, avec applications aux maladies neurologiques.

## **16h30 - Raisonnement à partir de scénarios pour l'anticipation de situations dynamiques**

Baptiste CABLE<sup>1</sup>, Sophie LORIETTE<sup>1</sup>, Jean-Marc NIGRO<sup>1</sup>, Yann BARLOY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institut Charles Delaunay, FRE 2848 - Université de Troyes, CNRS*

Dans cet article, nous proposons une solution pour la reconnaissance et l'anticipation de situations dynamiques dans le cadre de l'assistance au déplacement des personnes lourdement handicapées. Elle a pour but de mémoriser, sous forme de scénarios, les trajets parcourus pour les reproduire afin de limiter le nombre de commandes à entrer par l'utilisateur. Notre application est adaptée à un fauteuil équipé de capteurs à ultrasons qui détectent l'aspect de l'environnement sous forme de distances entre le fauteuil et les obstacles. Les données en entrée de notre application sont donc de bas niveau. Cependant, l'algorithme d'apprentissage et de maintenance des scénarios que nous proposons travaille sur des données simples de haut niveau. De fait, notre solution inclut la création d'une base de connaissances contenant des OHN (Objets de Haut Niveau) correspondant à des événements précis, mais non uniques (porte, couloir sur la gauche, etc.). Ainsi, les scénarios peuvent être décrits par une succession d'OHN et d'actions associées, par exemple ", , , etc.". Cette structure simple permet une anticipation aisée et offre l'avantage d'être transposable à d'autres domaines d'application.



## **Session Me-A3 : Commande prédictive (I)**

Lieu : La croisée

Heure : 17h10

Présidents : Ahmed CHEMORI et Sorin OLARU

### **17h10 - Identification optimale en boucle fermée pour les systèmes non linéaires**

Saida FLILA<sup>1</sup>, Pascal DUFOUR<sup>1</sup>, Hassan HAMMOURI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Université Lyon 1, Villeurbanne ; CNRS, UMR 5007, LAGEP*

L'objectif principal de ce travail est d'apporter une contribution nouvelle dans le domaine de la commande optimale en boucle fermée pour l'identification en ligne d'un paramètre d'un modèle non linéaire. Il s'agit de trouver la commande à appliquer pendant l'expérience qui permet d'optimiser un critère basé sur la sensibilité de la mesure par rapport au paramètre constant et inconnu du modèle, qui est à identifier par l'approche. Basé sur un modèle non linéaire du procédé, cette approche couplant un contrôleur prédictif et un observateur résout en ligne le problème d'identification paramétrique à chaque instant. L'attention est portée sur le problème de commande prédictive non linéaire sous contraintes, afin de maintenir l'utilisation du procédé dans une zone spécifiée. Cette approche d'identification optimale est entièrement illustrée ici sur un premier problème simple en Génie des Procédés (une réaction de saponification).

### **17h30 - Commande prédictive robuste des vérins électropneumatiques dans un schéma en cascade position-pression**

Lotfi CHIKH<sup>1</sup>, Philippe POIGNET<sup>2</sup>, Micaël MICHELIN<sup>1</sup>, François PIERROT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Fatronic France Tecnalía*

<sup>2</sup>*Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier (LIRMM), UMR 5506 - CC 477 CNRS*

Une stratégie de commande robuste en cascade pour les vérins électropneumatiques est proposée. Elle combine deux boucles imbriquées : une boucle externe de commande prédictive en position et une boucle interne de commande de la différence de pression (ou force) entre les deux chambres du vérin. Cette stratégie est appliquée à deux types de vérins : le vérin à double effet standard avec tige et le vérin sans tige. Les modèles non linéaires sont développés et une commande linéarisante par bouclage entrée/sortie est appliquée. Deux contrôleurs sont ainsi synthétisés sur le modèle linéarisé obtenu. Une commande prédictive généralisée (ou GPC pour Generalized Predictive Controller) pour la

boucle de position. Pour la boucle interne de force, une synthèse multi-objectifs combinant performances  $H_\infty$  et contraintes temporelles de placement de pôles est développée. Le problème est formulé sous forme d'inégalités matricielles affines (ou LMI pour Linear Matrix Inequalities). Ce schéma de commande est ensuite implémenté expérimentalement sur banc d'essai. Les différents tests montrent bien l'apport d'une telle stratégie en cascade en termes de performances dynamiques et de robustesse.

## **17h50 - Synchronisation de mouvements sous contraintes pour des systèmes à retard**

Warody LOMBARDI<sup>1,2</sup>, Anamaria LUCA<sup>1</sup>, Sorin OLARU<sup>1</sup>,  
Silviu-Iulian NICULESCU<sup>2</sup>, Patrick BOUCHER<sup>1</sup>, Joono CHEONG<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>*Sciences des Systèmes (E3S) - Département Automatique, SUPELEC*  
<sup>2</sup>*Laboratoire de Signaux et Systèmes - SUPELEC, UMR 8506 CNRS*  
<sup>3</sup>*Université de Corée*

Cet article propose la synchronisation du mouvement de deux systèmes interconnectés à travers un réseau de communication. Une attention spéciale est accordée à la problématique du retard variable dans la chaîne de communication, causé par la discrétisation. Deux méthodes de stabilisation ont été proposées : une basée sur la construction d'un modèle affecté par incertitude polytopique et l'autre basée sur la construction d'une fonction de Lyapunov.

## **18h10 - Commande prédictive distribuée pour la régulation thermique des bâtiments**

Petru-Daniel MOROSAN<sup>1</sup>, Romain BOURDAIS<sup>1</sup>, Didier DUMUR<sup>2</sup>, Jean BUISSON<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*SUPELEC - IETR*  
<sup>2</sup>*SUPELEC Sciences des Systèmes (E3S) – Département Automatique*

Ce papier propose une stratégie de commande prédictive distribuée pour la régulation thermique des bâtiments. L'originalité de l'approche est triple. Elle se base, en premier lieu, sur un critère dynamique, défini en fonction du profil d'occupation de chaque pièce. Deuxièmement, l'horizon est lui aussi dynamique pour permettre un rejet plus efficace des perturbations. Enfin, la gestion de l'ensemble des pièces est effectuée de manière distribuée, structure dans laquelle chaque correcteur doit résoudre un problème d'optimisation locale avec une connaissance partielle du comportement prévu par les autres correcteurs. Après une formalisation théorique de la démarche, l'efficacité des résultats proposés est mise en évidence notamment par le biais de différentes simulations.

## Session Me-B3 : Synthèse d'observateurs

Lieu : Rome

Heure : 17h10

Présidents : Luc DUGARD et Gildas BESANÇON

### 17h10 - Observateur décentralisé des systèmes de grande dimension à entrées inconnues

Mejda MANSOURI<sup>1</sup>, Latifa BOUTAT-BADDAS<sup>2</sup>, Mohamed DAROUACH<sup>2</sup>,  
Hassani MESSAOUD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ecole Nationale d'Ingénieurs de Monastir*

<sup>2</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

Cet article traite le problème de synthèse des observateurs des systèmes linéaires de grande dimension. L'approche que nous proposons ici présente l'observateur décentralisé pour ces systèmes quand les interconnexions ne sont pas disponibles. Les conditions nécessaires et suffisantes d'existence de tels observateurs sont données. Un exemple sera présenté pour valider ces résultats.

### 17h30 - Observateur $H_\infty$ pour une classe de systèmes singuliers bilinéaires

Mohamed ZERROUGUI<sup>1</sup>, Latifa BOUTAT-BADDAS<sup>1</sup>, Mohamed DAROUACH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

L'article que nous présentons concerne la synthèse d'observateur  $H_\infty$  pour une classe de systèmes singuliers bilinéaires. L'approche utilisée est basée sur la résolution d'un système d'équations de contraintes Sylvester. La synthèse proposée unifie celle d'observateurs d'ordre réduit, d'ordre plein et d'ordre minimal pour cette classe de systèmes singuliers bilinéaires. Les gains de l'observateur sont obtenus par la résolution des inégalités matricielles affines (LMI), un exemple numérique est présenté pour illustrer notre approche.

### 17h50 - Synthèse d'observateur pour une classe de systèmes non linéaires avec retard inconnu sur la sortie

Mondher FARZA<sup>1</sup>, Amine SBOUI<sup>1</sup>, Mohammed M'SAAD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*GREYC, UMR 6072 CNRS, Université de Caen Basse Normandie, Ensicaen*

Dans ce papier, nous proposons des observateurs de type grand gain pour une classe de systèmes non linéaires dont la sortie est disponible avec un retard constant. Dans un premier temps, le retard est supposé connu et un observateur d'état est proposé pour l'estimation de l'état courant. Puis, le retard est supposé inconnu et un observateur adaptatif est proposé pour l'estimation simultanée du

retard et de l'état courant. Les observateurs proposés se présentent sous la forme de plusieurs systèmes en cascade et la dimension de chacun d'entre eux est égale à celle du système non linéaire considéré. Le nombre de ces systèmes d'autant plus grand que l'amplitude du retard considéré est importante. Des résultats de simulation sont présentés pour illustrer les performances des observateurs proposés.

### **18h10 - Synthèse temporelle et fréquentielle de filtres $H_\infty$ d'ordre plein pour les systèmes singuliers**

Montassar EZZINE<sup>1,2</sup>, Harouna SOULEY ALI<sup>1</sup>, Mohamed DAROUACH<sup>1</sup>,  
Hassani MESSAOUD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS

<sup>2</sup>Ecole Nationale d'Ingénieurs de Monastir

Cet article propose une synthèse temporelle puis fréquentielle de filtres  $H_\infty$  d'ordre plein pour les systèmes singuliers sujets à des perturbations à énergie bornée. La synthèse temporelle est basée sur le non biais du filtre, la résolution d'une équation de Sylvester, et afin d'éviter d'avoir à dériver les perturbations, le système d'erreur est transformé en un système singulier. Puis la méthode LMI (Inégalités Matricielles Linéaires) est utilisée pour trouver le gain du filtre satisfaisant en plus de la stabilité, une atténuation des perturbations. La synthèse fréquentielle est déduite à partir du filtre obtenu dans le domaine temporel par l'utilisation de descriptions matricielles fractionnaires (MFD) et de l'approche factorisation.

### **18h30 - Synchronisation adaptative pour une classe de systèmes hyperchaotiques : application à la cryptanalyse**

Estelle CHERRIER<sup>1</sup>, Mondher FARZA<sup>1</sup>, Mohammed M'SAAD<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>GREYC UMR CNRS 6072

Cet article propose de réunir les travaux présentés dans les références [6] et [25]. Le premier détaille un schéma de communications sécurisées, dont l'émetteur est un système hyperchaotique à retard et développe quelques points de cryptanalyse. Le second article présente la synthèse d'un observateur adaptatif à grand gain pour une classe de systèmes non linéaires uniformément observables, dont l'état et l'entrée sont affectés par des retards. Nous proposons ici une synthèse de ces travaux afin de montrer comment l'observateur adaptatif construit dans [25] peut prolonger la cryptanalyse débutée dans [6]. De par la nature des signaux considérés, certaines hypothèses de convergence de l'observateur adaptatif peuvent être relaxées. Notamment, aucune entrée supplémentaire n'est requise pour garantir la condition d'excitation persistante vérifiée par le système lorsqu'il est en régime hyperchaotique. Des simulations numériques illustrent la cryptanalyse à la fin de l'article.

## **Session Me-C3 : Automobile**

Lieu : Assise

Heure : 17h10

Présidents : Lilianne DENIS-VIDAL et Ali CHARARA

### **17h10 - Redéfinition de la supervision dynamique d'une automobile à partir de nouveaux capteurs**

Mohamed OUAHI<sup>1</sup>, Joanny STEPHANT<sup>1</sup>, Dominique MEIZEL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*XLIM – UMR 6172 – Université de Limoges, CNRS, ENSIL*

Les aides à la conduite telles que l'ABS et l'ESP utilisent des mesures d'angle au volant et de vitesse de lacet. Des mesures d'efforts au centre roue seront disponibles à bas coût dans un avenir proche. L'utilisation de ces nouveaux capteurs serait d'autant plus économiquement viable qu'elle permettrait de définir de nouvelles aides à la conduite tout en assurant les fonctionnalités existantes sans utiliser les capteurs actuels. Dans cet objectif, cet article utilise les techniques d'observation d'état à entrées inconnues qui affectent la sortie. Le cas linéaire sera développé en tant qu'étude de faisabilité. Deux observateurs seront successivement étudiés. Tout d'abord, deux mesures d'efforts latéraux seront supposés disponibles. Ensuite, seule la mesure de l'effort avant sera utilisée. Ces capteurs logiciels sont confrontés à des données issues du simulateur professionnel CALLAS.

### **17h30 - Stratégie de récupération d'énergie au freinage sur véhicules électriques et hybrides**

Guillermo PITA GIL<sup>1,2</sup>, Emmanuel GODOY<sup>2</sup>, Didier DUMUR<sup>2</sup>, Marco MARSILIA<sup>1</sup>,  
Samuel CREGUT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Renault SAS, Direction de l'Electronique Avancée*

<sup>2</sup>*SUPELEC Sciences des Systèmes (E3S) – Département Automatique*

Cet article expose l'élaboration d'une stratégie robuste de freinage pour véhicule électrique ou hybride qui assure la récupération maximale d'énergie au freinage tout en minimisant les à-coups de la chaîne de transmission pour assurer le confort du conducteur. La loi de commande anti à-coups proposée est novatrice car, à la différence des phases d'accélération où l'on ne dispose que d'un seul actionneur pour produire du couple de traction, pendant les phases de freinage deux actionneurs permettent d'agir sur la chaîne de transmission : la machine électrique en mode générateur et les freins à friction. Cette stratégie permet d'assurer en permanence le couple de freinage demandé par le conducteur tout en maximisant l'énergie récupérée.

## **17h50 - Synthèse et validation d'une loi de commande linéaire robuste de braquage d'une automobile**

Lghani MENHOUR<sup>1,2</sup>, Daniel LECHNER<sup>1</sup>, Ali CHARARA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire INRETS-MA

<sup>2</sup>Laboratoire HEUDIASYC UMR 6599 CNRS, Université de Technologie de Compiègne

Ce papier propose la synthèse d'un retour d'état robuste préprogrammé pour le contrôle de direction d'un véhicule. Celui-ci est utilisé pour simuler le comportement du véhicule sous des fortes sollicitations dynamiques. Les contraintes d'inégalités matricielles linéaires (LMI) et un modèle linéaire à paramètres variants sont utilisés pour la synthèse du retour d'état. Ensuite, une méthode d'interpolation des gains est utilisée pour la conception d'un retour d'état robuste préprogrammé. La structure du retour d'état est équivalente à celle d'un double PD robuste préprogrammé (Robust gain-scheduling two PD controller). A partir du PD préprogrammé et du réglage de Ziegler-Nichols, un double PID robuste préprogrammé est conçu. On termine cette étude par une validation expérimentale et des tests d'extrapolation en vitesse avec un modèle non linéaire et des données expérimentales du véhicule prototype Peugeot 307 développé par l'INRETS-MA.

## **18h10 - Identifiabilité et estimation des paramètres du modèle de combustion d'un moteur diesel**

El Hassane BRAHMI<sup>1</sup>, Lilianne DENIS-VIDAL<sup>2</sup>, Zohra CHERFI<sup>1</sup>, Vincent TALON<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université Technologique de Compiègne

<sup>2</sup>USTL

<sup>3</sup>Technocentre Renault TCR

Cet article présente une méthode originale d'estimation de paramètres basée sur l'utilisation des relations obtenues lors de l'analyse d'identifiabilité par morceaux d'un modèle phénoménologique de combustion d'un moteur diesel. Ce modèle est utilisé pour le design, la validation et le pre-tuning des lois de contrôle du moteur. Une méthode d'estimation algèbro-différentielle en cascade est utilisée pour l'étude de l'identifiabilité. Cette recherche est faite en utilisant les relations liant l'entrée, la sortie et les paramètres du modèle. Ensuite ces relations sont transformées en utilisant des intégrales itérées combinées avec une estimation numérique originale de dérivées et une méthode de moindre carrés.

## Session Me-D3 : Génie des procédés

Lieu : Jérusalem

Heure : 17h10

Présidents : Jean-Luc GOUZE et Eric PIGEON

### 17h10 - Identification d'une unité de conditionnement d'air par l'approche multi-modèle

Jérôme GUILLET<sup>1</sup>, Rousseau TAWEGOM<sup>2</sup>, Riad RIADI<sup>2</sup>, Gilles MILLERIOUX<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Modélisation, Intelligence, Processus, Système (MIPS), Université Haute Alsace - ENSISA

<sup>2</sup>Unité de Recherche Environnement Physique de la plante HORTICOLE (EPHOR)

<sup>3</sup>Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS

Dans cet article nous définissons un modèle dynamique à temps discret pour une unité de conditionnement d'air passif. L'objectif de cette unité est de produire un microclimat permettant de contrôler la température et l'humidité dans les chambres de culture et les serres horticoles. Le système est constitué d'échangeurs de chaleur, d'humidificateurs et d'un mélangeur, permettant d'éviter l'utilisation des systèmes à compression et à cycles d'absorption frigorifique. En se basant sur le modèle physique du système, une structure de type Takagi-Sugeno a été adoptée pour décrire la dynamique et les non linéarités du système étudié. L'identification des paramètres du modèle se fait par la méthode de Levenberg-Marquardt sur des données réelles issues du système. Les résultats de la validation montrent la capacité du modèle à prédire l'évolution de la température avec précision et celle de l'humidité relative.

### 17h30 - Simulation numérique d'un procédé de cristallisation via l'équation du bilan de population multidimensionnelle

Kun ZHANG<sup>1</sup>, Madiha NADRI<sup>1</sup>, Cheng-Zhong XU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Automatique et de Génie des Procédés, UMR 5007 CNRS, Université de Claude Bernard Lyon 1

Cette étude se penche sur le problème de simulation d'un procédé de cristallisation gouverné par des équations aux dérivées partielles (EDP) du type hyperbolique. Pour la simulation de ce type de procédé, la Méthode des Caractéristiques (MDC) a démontré son efficacité en termes de temps de calcul et de précision dans le cas unidimensionnel. L'étude présentée dans cet article a été orientée vers le cas de formation de cristaux multidimensionnels pour lequel l'utilisation de la MDC reste encore un challenge. Dans un premier temps, nous

donnons un modèle 2-D (le cristal est considéré comme un parallélépipède). En suite, la MDC est étendue à la simulation numérique du modèle 2-D en utilisant un maillage mouvant. Dans cet article nous développons un algorithme basé sur la MDC permettant de réaliser différentes simulations visant à tester la fiabilité pratique de la méthode. On montre que l'algorithme est stable, rapide et précis. Par conséquent l'algorithme développé peut être utilisé dans un objectif de contrôle en temps réel.

### **17h50 - Un algorithme de commande prédictive non-linéaire pour la régulation de la concentration de substrat dans un bioréacteur**

Eric PIGEON<sup>1</sup>, Olivier GEHAN<sup>1</sup>, Mathieu POULIQUEN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*GREYC/équipe automatique, UMR 6072 CNRS - Université de Caen*

Cet article est consacré au suivi de consigne en concentration de substrat à l'intérieur d'un bioréacteur continu. L'objectif de cette approche est de proposer une loi de commande très facilement implémenté sur des systèmes industriels tout en obtenant des performances temporelles satisfaisantes. Cette simplicité est obtenue par l'utilisation d'une période d'échantillonnage variable sur un algorithme de commande prédictive non-linéaire.

### **18h10 - Unicité et stabilité globale de l'équilibre de modèles métaboliques réversibles**

Ibrahima NDIAYE<sup>1</sup>, Jean-Luc GOUZE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*COMORE, INRIA*

Nous considérons dans cet article des réseaux métaboliques de type enzymatique réversibles (décrits par un système d'équations différentielles ordinaires), avec éventuellement des entrées et des sorties, et nous démontrons la stabilité globale de l'équilibre (s'il existe) à l'aide de techniques issues des systèmes monotones. Dans certains cas, que nous étudions, il n'y a pas d'équilibre. Enfin, nous considérons un système métabolique couplé à un réseau génétique, et nous étudions la dépendance de l'équilibre métabolique rapide (s'il existe) par rapport aux concentrations en enzymes.

# **Session Me-E3 : Ordonnancement et systèmes de production**

Lieu : Calcutta

Heure : 17h10

Présidents : Slim HAMMADI et Pierre-Alain YVARS

## **17h10 - Heuristique pour l'ordonnancement cyclique multi-produits des lignes de traitement de surface**

Adnen ELAMRAOUI<sup>1,2</sup>, Marie-Ange MANIER<sup>1</sup>, Abdellah EL MOUDNI<sup>1</sup>,  
Mohamed BENREJEB<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire Systèmes et Transport, Université de Technologie Belfort-Montbéliard*

<sup>2</sup>*Unité de recherche LARA Automatique, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis*

Dans cet article nous nous intéressons au problème d'ordonnancement cyclique multi-produits des lignes de traitement de surface. La commande cyclique est adaptée aux commandes de grandes séries vu l'avantage qu'elle fournit en réduisant la combinatoire de résolution, dès lors que les ratios de produits sont connus à l'avance. En effet, ce type de commande nous permet d'éviter d'ordonner la totalité des opérations et de se limiter à un motif de taille réduite, qui va se répéter autant de fois que nécessaire pour réaliser la commande totale. L'optimisation de la production pour un tel type d'atelier consiste à rechercher le meilleur ordonnancement des tâches à accomplir en un temps raisonnable. Nous proposons une nouvelle approche heuristique pour la résolution de ce problème, plus connu dans la littérature sous l'appellation "Cyclic Hoist Scheduling Problem" (CHSP).

## **17h30 - Protocoles de négociation à base d'agents communicants pour une chaîne logistique de gestion de crise**

Ayda KADDOUCI<sup>1</sup>, Hayfa ZGAYA<sup>1</sup>, Slim HAMMADI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire d'Automatique, Génie Informatique et Signal, UMR 8146 CNRS - Ecole Centrale de Lille*

Lorsque plusieurs agents interagissent, des conflits peuvent survenir, ce qui nécessite l'utilisation de mécanismes de résolution de conflits. Parmi ces mécanismes, on trouve notamment la coordination, les systèmes de vote et la négociation. Dans ce contexte, nous étudions un système logistique composé de différentes zones qui disposent de leurs propres informations, ressources, contraintes, stratégies de décision, préférences et objectifs. Ce qui implique une distribution de l'information et de la décision entre ces différentes zones. Afin de résoudre ce problème, nous proposons d'étudier une approche basée sur la négociation.

## **17h50 - Approche par contraintes pour la conception de systèmes automatisés de production à base de composants préfabriqués**

Pierre-Alain YVARS<sup>1</sup>, Yvon DEGRE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institut Supérieur de Mécanique de Paris (SupMeca), LISMMA*

Dans un premier temps, nous proposons dans cet article un méta-modèle permettant d'intégrer les données de la mécanique aux données de l'automatisme en vue de pouvoir représenter les éléments de la partie opérative et de la partie commande d'un système automatisé de production (SAP). Dans un second temps, nous détaillons les principes d'un système d'interrogation de base de données de composants basé sur l'analyse par intervalle et la propagation de contraintes permettant un filtrage efficace de composants préfabriqués instanciés sur catalogue en vue de la satisfaction d'un cahier des charges dans le cadre de la conception d'un élément de SAP. Enfin notre approche est illustrée sur le choix de composants préfabriqués en vue de la réalisation d'un système de positionnement de type rail motorisé.

## **18h10 - Méthode de conception des parcours de formation par réseaux de Petri**

Olivier BISTORIN<sup>1</sup>, Thibaud MONTEIRO<sup>2</sup>, Claude POURCEL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*LGIPM – ENIM*

<sup>2</sup>*LGIPM – Université Paul Verlaine de Metz*

Cette communication propose une approche originale d'ingénierie des systèmes de formation et notamment dans leur processus de conception des formations proposées. Grâce à la modélisation du processus opérationnel de formation, nous proposons une méthode fondée sur l'application des Réseaux de Petri et permettant de définir des parcours de formation cohérents et répondants aux objectifs d'optimisation du système de formation.

# Session Je-A1 : Commande robuste et applications (I)

Lieu : La croisée

Heure : 8h45

Présidents : Edouard Laroche et Dimitri Peaucelle

## 8h45 - Commande LPV des robots manipulateurs avec matrice de Lyapunov structurée

Houssem HALALCHI<sup>1</sup>, Gabriela Iuliana BARA<sup>1</sup>, Edouard LAROCHE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection UMR 7005  
- Université de Strasbourg, CNRS

Cet article traite de la commande linéaire à paramètres variants (LPV) des robots manipulateurs. Le modèle dynamique de ces systèmes mécaniques, obtenu par l'écriture des équations d'Euler-Lagrange, est non-linéaire. La prise en compte de certains types de non-linéarités peut conduire à une représentation d'état LPV du système. La contribution que nous présentons ici concerne la synthèse de correcteurs LPV par retour d'état pour les robots manipulateurs, en utilisant des matrices de Lyapunov dépendant des paramètres ayant une structure particulière. Des conditions suffisantes de synthèse d'un retour d'état statique stabilisant sont données sous la forme d'un nombre fini d'inégalités matricielles linéaires (LMI). Des résultats de simulation permettent de valider l'approche proposée.

## 9h05 - Commande robuste $H_\infty$ d'un microscope à effet tunnel en présence d'incertitudes paramétriques

Irfan AHMAD<sup>1</sup>, Sylvain BLANVILLAIN<sup>1</sup>, Alina VODA<sup>1</sup>, Gildas BESANÇON<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GIPSA-lab, Département Automatique

Cet article propose l'étude et l'amélioration de la commande des microscopes à effet tunnel. Depuis la création de tels microscopes, la commande utilisée est de type proportionnel intégral. Cet article présente donc une méthode moderne basée sur la commande  $H_\infty$  pour augmenter à la fois la précision et la bande passante des microscopes à effet tunnel. A cet effet, les incertitudes paramétriques du modèle et les normes finies de perturbations mesurées sont prises en compte. Un contrôleur  $H_\infty$  est ensuite synthétisé en suivant à la fois des objectifs de bande passante, de robustesse et de précision. Les performances et la robustesse du contrôleur sont finalement analysées pour valider la loi de commande.

## 9h25 - Critère $H_\infty$ pour la commande de lanceur

Gérard SCORLETTI<sup>1</sup>, Vincent FROMION<sup>2</sup>, Safta DE HILLERIN<sup>1,2,3</sup>, Martine GANET<sup>4</sup>,  
Samir BENNANI<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Ampère, UMR CNRS 5005, Ecole Centrale de Lyon

<sup>2</sup>Unité de Mathématique, Informatique et Génome - INRA, UR1077

<sup>3</sup>Département d'Automatique - Ecole Supérieure d'Electricité

<sup>4</sup>Département "Guidance and Control" - Astrium Space Transportation

<sup>5</sup>ESA-ESTEC

Dans ce papier, nous présentons un nouveau critère  $H$  infini pour la commande d'un lanceur simplifiée. L'objectif est ici double. Il s'agit d'illustrer la démarche qui permet d'obtenir un critère adapté au problème de commande considéré et de préparer la synthèse de correcteurs   gains variables par les méthodes LPVs.

## 9h45 - Intégration de la mu-analyse au processus de vérification et validation de systèmes spatiaux : principe et démonstration de la faisabilité

Aymeric KRON<sup>1</sup>, Jean-François HAMEL<sup>1</sup>, Alexandre GARUS<sup>2</sup>,  
Emanuele DI SOTTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>NGC Aerospace Ltd.

<sup>2</sup>NGC Aerospace France

<sup>3</sup>GMV AEROSPACE AND DEFENCE, S.A.

La vérification et la validation des lois de guidage, navigation et commande (GNC) des systèmes spatiaux repose essentiellement sur un processus d'analyse globale par simulations de Monte-Carlo. Cette approche statistique vise essentiellement à garantir que les spécifications sont rencontrées malgré les dispersions. Cependant, elle requiert un très grand nombre de simulations afin de s'assurer que les pires cas aient été identifiés. Afin de traquer les pire cas de manière plus efficace, un concept proposé ici, tire avantage d'analyses locales au moyen de la mu-analyse pour diriger les analyses globales dans des secteurs à risque et éviter des analyses dans les secteurs sûrs.

## 10h05 - influence de la paramétrisation de Youla-Kucera sur le volume des ensembles invariants

Anamaria LUCA<sup>1</sup>, Pedro RODRIGUEZ-AYERBE<sup>1</sup>, Didier DUMUR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département d'Automatique - SUPELEC Sciences des Systèmes (E3S), EA 4454

Cet article propose une nouvelle technique permettant de déterminer les ensembles ellipsoıdaux positifs invariants minimal et maximal pour des systèmes linéaires à temps discret soumis à des perturbations et contraintes physiques. Pour

la loi de commande considérée, l'état du système est estimé à l'aide d'un observateur et la robustesse est garantie grâce à la synthèse d'un paramètre de Youla. L'analyse proposée montre que l'impact positif du paramètre de Youla sur la fonction de sensibilité peut être transposé en termes de diminution du volume de l'ensemble ellipsoïdal minimal ou de l'augmentation du volume de l'ensemble maximal. L'ensemble minimal permet de mesurer l'influence des perturbations et incertitudes sur l'évolution du système et l'ensemble maximal permet de mesurer la région de l'espace dans laquelle les contraintes sont satisfaites. Une application à la commande en position d'un moteur alternatif asynchrone illustre l'influence du paramètre de Youla sur les volumes des ensembles invariants.

### **10h25 - La conduite en conditions limite : contrôle d'un modèle non linéaire du véhicule par une approche affine par morceaux via le suivi d'une référence en vitesse de lacet**

André BENINE-NETO<sup>1</sup>, Stefano SCALZI<sup>2</sup>, Mariana NETTO<sup>1</sup>,

William PASILLAS-LEPINE<sup>3</sup>, Saïd MAMMAR<sup>4</sup>

<sup>1</sup>LCPC/INRETS - LIVIC

<sup>2</sup>Univ. of Rome Tor Vergata, Electronic Eng. Department

<sup>3</sup>LSS - Supélec

<sup>4</sup>IBISC - CNRS FRE 3190 UEVE

Cet article traite du contrôle de la dynamique du véhicule pour des situations dans les limites de stabilité de la conduite. Un modèle non linéaire des forces de contact pneumatique-chaussée est considéré et une approche affine par morceaux permet de faire face à la non-linéarité. L'action est sur l'angle de braquage. A partir de l'approche affine par morceaux, le système de contrôle proposé est capable de commuter uniquement en fonction de la vitesse de lacet qui est la mesure qui peut être obtenue à un coût accessible. La stabilité est prouvée par une fonction de Lyapunov quadratique par morceaux. Un ensemble de simulations est réalisé en utilisant le simulateur CarSim pour analyser la robustesse du système développé vis-à-vis des effets non-modélisés tels que les forces latérale et longitudinales combinées. Les simulations confirment que le système de contrôle proposé est plus performant vis-à-vis d'un contrôle sur modèle linéaire.

## **10h45 - Optimisation non lisse appliquée à la synthèse de lois de commande de vol structurées**

Marion GABARROU<sup>1,2</sup>, Daniel ALAZARD<sup>2</sup>, Dominikus NOLL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Université de Toulouse - U.P.S.*

<sup>2</sup>*Université de Toulouse - ISAE*

Nous étendons les concepts sous-jacents et fondateurs de la méthode des faisceaux afin d'aborder des problèmes d'optimisation non convexes et non lisses. Ce type de problèmes survient par exemple lors de la conception d'une loi de contrôle par retour de sortie. Cette nouvelle approche est ensuite appliquée à la synthèse de lois de commande de vol longitudinal d'un avion de transport. Cet exemple met en évidence le besoin et l'intérêt de disposer d'un outil d'optimisation de lois de commande structurées tenant compte de diverses contraintes fréquentielles sur des bandes de fréquences limitées.

# Session Je-B1 : Systèmes dynamiques hybrides

Lieu : Rome

Heure : 8h45

Présidents : Wilfrid PERRUQUETTI et Romain BOURDAIS

## 8h45 - Analyse de la stabilité des systèmes à commutation à temps continu en utilisant les systèmes de comparaison

Selma BEN ATTIA<sup>1</sup>, Salah SALHI<sup>1</sup>, Mekki KSOURI<sup>1</sup>, Jacques BERNUSSOU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Analyse et de Commande des Systèmes, LACS, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, ENIT

<sup>2</sup>Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes LAAS, CNRS

Dans cet article, une analyse de la stabilité d'un système à commutation à temps continu a été envisagée. L'approche utilisée est basée essentiellement sur les conditions de stabilité issues des normes vectorielles correspondant à une fonction de Lyapunov vectorielle. Nous avons pu caractériser le système à commutation étudié par un modèle global représenté par une matrice caractéristique sous la forme en flèche. Cette formulation a permis en utilisant la notion du système de Comparaison et le critère du Borne-Gentina d'établir une condition suffisante d'analyse de stabilité.

## 9h05 - Analyse de performances et synthèse d'un contrôleur par retour de sortie dynamique pour les systèmes à commutation à temps discret

Julie MELIN<sup>1</sup>, Marc JUNGERS<sup>1</sup>, Jamal DAAFOUZ<sup>1</sup>, Claude IUNG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS

La stabilité des systèmes linéaires à commutation en temps discret est un sujet qui a déjà été largement abordé dans la littérature. Cependant, l'étude de la stabilité de ces systèmes en tenant compte de critères de performances est moins répandue à l'heure actuelle. Cet article s'intéresse à la résolution de deux problèmes : le premier étant l'analyse de stabilité et de performance d'un ensemble système-contrôleur, le second étant la synthèse d'un contrôleur stabilisant qui minimise le coût garanti des performances. Une application aux systèmes contrôlés en réseaux est ensuite donnée en exemple.

## **9h25 - Calcul d'atteignabilité pour des systèmes hybrides non linéaires par approximations affines garanties**

Othman NASRI<sup>1</sup>, Hervé GUEGUEN<sup>2</sup>, Marie-Anne LEFEBVRE<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>*LRI, Université de Paris Sud 11, CNRS & INRIA Saclay Ile-de-France*  
<sup>2</sup>*SUPELEC/IETR, Rennes - UMR 6164 – Université de Rennes 1, CNRS*

Nous présentons dans ce papier une approche permettant l'analyse d'atteignabilité des systèmes hybrides non linéaires. L'idée sur laquelle elle se base consiste à construire une approximation de systèmes non-linéaires, sous forme de systèmes affines par morceaux avec incertitudes, pour laquelle des approches efficaces de calcul d'atteignabilité ont été proposées. Pour ce faire, nous commençons par générer une partition de l'espace d'état du système non-linéaire. Ensuite, nous approchons localement, dans chaque élément de cette partition, le système non-linéaire par un système affine. Nous rajoutons à la fin l'erreur d'approximation au modèle affine. De cette manière, au lieu d'étudier un système non-linéaire complexe, nous étudions localement un système affine avec incertitudes.

## **9h45 - Commande prédictive distribuée d'un système hybride : l'exemple d'un dispositif de réfrigération**

Romain BOURDAIS<sup>1</sup>, Hervé GUEGUEN<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*SUPELEC / IETR*

Dans cet article, nous nous intéressons à la commande d'un système de réfrigération par une approche prédictive et distribuée. Le système étudié, défini dans le cadre du projet HYCON, est un exemple de système dynamique non linéaire de grande dimension et contrôlé par des variables booléennes. Appliquer une commande prédictive centralisée à de tels systèmes fait apparaître rapidement une explosion combinatoire critique. Le but de notre approche est de se rapprocher de la solution optimale tout en évitant les problèmes de complexité d'implémentation par une distribution de la commande basée sur la structure du système à commander. La communication entre les contrôleurs reprend la structure d'interaction physique et selon la grandeur deux types d'interactions sont alors considérées : certaines prédictions de variables seront directement échangées, alors que les autres seront utilisées dans un mécanisme d'agent de prix.

## **10h05 - Synthèse d'un observateur en temps fini pour le convertisseur multicellulaire**

Michael DEFOORT<sup>1</sup>, Mohamed DJEMAI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Univ Lille Nord de France, CNRS, FRE 3304, UVHC, LAMIH*

Le principal objectif de cet article est de définir et d'étudier un observateur en temps fini appliqué au convertisseur multicellulaire. Le problème à résoudre est ici l'estimation des tensions aux bornes des condensateurs d'un convertisseur multicellulaire. Notre approche permet une convergence en temps fini des erreurs d'estimation. Des simulations et des comparaisons avec un observateur classique par modes glissants de type super-twisting, illustrent les performances de l'approche proposée.

## **10h25 - Synthèse d'observateur robuste pour la détection de défauts d'une classe de systèmes à commutations**

Djamel Eddine Chouaib BELKHIAT<sup>1</sup>, Nadhir MESSAI<sup>1</sup>, Noureddine MANAMANNI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Université de Reims Champagne Ardenne, CReSTIC, UFR SEN*

Ce papier traite de la synthèse d'observateurs hybrides robustes pour une classe de systèmes linéaires à commutations (SLC). Ces derniers sont soumis à des effets indésirables dus à des entrées inconnues (bruit de mesure, perturbations externes, ...) et/ ou des erreurs de modélisation. Le rôle de l'observateur est d'améliorer la tâche de détection de défauts en supposant que l'on ne dispose d'aucune information sur le mode actif du SLC. Pour ce faire nous proposons de formaliser le problème de synthèse à travers la minimisation d'un critère  $H_\infty$ . Des conditions de convergence sous forme d'Inégalités Matricielles Linéaires (LMI) seront alors établies et une procédure itérative permettant de résoudre numériquement l'ensemble des LMI sera également proposée. Des résultats de simulation illustreront les performances de l'approche proposée.

## **10h45 - Systèmes dynamiques hybrides pour les communications privées**

Hamid HAMICHE<sup>1,3</sup>, Malek GHANES<sup>1</sup>, Jean-Pierre BARBOT<sup>1,2</sup>, Saïd DJENNOUNE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*ECS, ENSEA*

<sup>2</sup>*EPI-ALIEN, INRIA*

<sup>3</sup>*Laboratoire de Conception et Conduite des Systèmes de Production, UMMTO*

Dans ce travail, un schéma de transmission à base de dynamique hybride et chaotique pour les communications privées est proposé. L'émetteur est constitué d'un système en temps continu et d'un système en temps discret dans lequel le message est inséré à l'aide de la méthode dite par inclusion. Les états du système

continu sont eux aussi après échantillonnage inclus dans le système discret. Le récepteur est constitué d'un observateur en temps discret retardé et d'un observateur en temps continu. Le principe de la méthode hybride proposée est de montrer que la reconstitution des états du récepteur discret ainsi que le message passe d'abord par la synchronisation des deux systèmes chaotiques en temps continu. Cette nouvelle stratégie robustifie le système de transmission, notamment à une attaque à texte clair connu. Les résultats de simulation sont présentés afin d'étudier les performances de la méthode proposée.

# Session Je-C1 : Détection de défauts par observateurs

Lieu : Assise

Heure : 8h45

Présidents : José RAGOT et Houcine CHAFOUK

## 8h45 - Diagnostic des systèmes non linéaires par une approche multimodèle

Rodolfo ORJUELA<sup>1</sup>, Benoît MARX<sup>2</sup>, José RAGOT<sup>2</sup>, Didier MAQUIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire Modélisation Intelligence Processus Systèmes, MIPS, EA 2332, Université de Haute-Alsace*

<sup>2</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

Cet article propose deux stratégies de diagnostic à base d'observateurs pour des systèmes non linéaires représentés par une classe particulière de multimodèle nommée multimodèle découplé. Dans un premier temps, la structure du multimodèle découplé est présentée puis mise à profit afin de concevoir deux sortes d'observateurs. La première, dite à gain proportionnel (P), permet d'effectuer une estimation de l'état du système alors que la deuxième, dite à gain proportionnel-intégral (PI), rend possible l'estimation simultanée de l'état et des entrées inconnues agissant sur le système (p. ex. un défaut). La convergence de l'erreur d'estimation des deux observateurs est étudiée à l'aide de la méthode de Lyapunov. Dans un deuxième temps, les observateurs P et PI sont exploités en vue de générer des indicateurs de défauts permettant d'accomplir les tâches de détection, de localisation et éventuellement d'estimation des défauts de capteur. Ces stratégies de diagnostic sont illustrées en considérant le modèle simplifié d'un bioréacteur, un procédé de nature non linéaire largement répandu dans l'industrie chimique.

## 9h05 - Observateur proportionnel multi-intégral pour les systèmes linéaires à entrées inconnues

Karim KHEMIRI<sup>1</sup>, Fayçal BEN HMIDA<sup>1</sup>, José RAGOT<sup>2</sup>, Moncef GOSSA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*École Supérieure des Sciences et Techniques de Tunis (ESSTT), Commande Surveillance et Sécurité des systèmes (C3S)*

<sup>2</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

Ce travail s'intéresse à l'estimation d'état de systèmes linéaires à temps discret et en présence d'entrées inconnues en utilisant un observateur de type proportionnel multi-intégral sous une forme générale (PI<sup>n</sup>p). L'introduction de multiples actions intégrales dans l'observateur d'état, permet d'assurer une bonne précision de l'estimation même en présence des entrées inconnues décrites par des polynômes

de degré  $p$ . Un exemple d'application numérique montre la validité de cette approche en utilisant un observateur doté de trois actions intégrales sur un système affecté par une entrée inconnue polynomiale.

## **9h25 - Synthèse d'un observateur proportionnel intégral à entrées inconnues pour les systèmes singuliers représentés par des multi-modèles**

Habib HAMDI<sup>1</sup>, Mickael RODRIGUES<sup>2</sup>, Chokri MECHMECHE<sup>1</sup>,  
Naceur BENHADJ-BRAIEK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire d'Etude et Commande Automatique des Processus (LECAP), École Polytechnique de Tunisie*

<sup>2</sup>*Laboratoire d'Automatique et de Génie des Procédés (LAGEP), Université Lyon 1, CNRS, UMR 5007*

Ce papier traite de l'estimation d'état pour les systèmes singuliers représentés par des multi-modèles au travers la synthèse d'un observateur proportionnel intégral à entrées inconnues. L'approche développée ici, est dédiée aux systèmes non-linéaires singuliers représentés par des multi-modèles. Afin d'estimer le vecteur d'état ainsi que les entrées inconnues d'un tel système, un multi-observateur proportionnel intégral à entrées inconnues est synthétisé. Les gains de cet observateur sont calculés au travers la résolution d'Inégalités Matricielles Linéaires ou LMI. Un exemple de simulation illustrant la capacité de l'approche proposée à estimer les états ainsi que les entrées inconnues pour un disque roulant est présenté.

## **9h45 - Synthèse d'observateur sensible aux défauts avec rejet de perturbations pour les modèles Takagi-Sugeno**

Maha BOUATTOR<sup>1,2</sup>, Mohammed CHADLI<sup>1</sup>, Ahmed EL HAJJAJI<sup>1</sup>,  
Mohamed CHAABANE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire Modélisation Information et Système, Université de Picardie Jules Verne*

<sup>2</sup>*Unité de Commande des Procédés Industriels, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax*

Ce papier propose la conception d'observateur sensible aux défauts capteurs et actionneurs et robuste vis à vis des perturbations extérieures pour des systèmes non linéaires décrits par un modèle flou de type Takagi-Sugeno (T-S). La technique utilisée est celle des systèmes descripteurs en considérant les défauts capteurs comme étant des variables d'état auxiliaires. Nous utilisons les normes  $H_\infty$  et  $H_1$  afin d'assurer la robustesse vis à vis des perturbations et la sensibilité vis à vis des défauts. La synthèse de l'observateur est obtenue en utilisant les Inégalités Matricielles Linéaires (LMI). Enfin, un exemple de simulation est proposé pour montrer l'efficacité de la méthode proposée.

## **10h05 - Reconstruction robuste des défauts actionneurs d'un système linéaire incertain à retard : Approche par observateur à mode glissant**

Iskander Boulaabi<sup>1</sup>, Fayçal Ben Hmida<sup>1</sup>, Anis Sellami<sup>1</sup>, Moncef Gossa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unité de Recherche Commande Surveillance et Sûreté de Fonctionnement des Systèmes (C3S), École Supérieure des Sciences et Techniques de Tunis (ESSTT)

Ce travail présente une méthode de synthèse d'un observateur à mode glissant permettant la reconstruction robuste des défauts actionneurs des systèmes linéaires incertains à retard. Ce retard affecte simultanément l'état du système et l'entrée de commande, il est variable, inconnu et borné. L'idée de base consiste à minimiser l'effet d'incertitudes et du retard sur la reconstruction des défauts actionneurs en utilisant une approche  $H_\infty$ . Ce problème est résolu en utilisant le concept d'injection de l'erreur de sortie équivalente et l'outil LMI (Linear Matrix Inequality). Des résultats de simulation sur un exemple numérique sont présentés pour mettre en évidence la robustesse et l'efficacité de la reconstruction des défauts actionneurs.

## **10h25 - Reconstruction robuste des défauts actionneurs d'un système non linéaire incertain par observateur à mode glissant : Approche LMI**

Slim DHAHRI<sup>1</sup>, Fayçal BEN HMIDA<sup>1</sup>, Anis SELLAMI<sup>1</sup>, Moncef GOSSA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unité de recherche Commande, Surveillance et Sûreté des Systèmes (C3S), ESSTT, Université de Tunis

Cette communication porte sur la reconstruction robuste de l'état et des défauts actionneurs d'un système non linéaire incertain. Pour cela, nous proposons d'utiliser une approche basée sur un observateur à mode glissant. Ce dernier utilise deux variables discontinues pour compenser simultanément l'effet des défauts et des incertitudes dans la reconstruction de l'état du système. Les gains de cet observateur sont déterminés par la résolution d'un ensemble d'inégalités linéaires matricielles (LMIs). La reconstruction des défauts actionneurs est obtenue par un traitement approprié du signal équivalent d'injection de l'erreur de sortie. Un exemple académique illustre les performances de l'observateur proposé.

## **10h45 - Tests de cohérence pour des systèmes non linéaires à temps continu par observateurs intervalles**

Gaétan Videau<sup>1</sup>, Tarek Raïssi<sup>1</sup>, Ali Zolghadri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Université de Bordeaux, Laboratoire IMS, UMR 5218 CNRS*

Ce papier présente une démarche méthodologique pour la surveillance et la détection d'anomalies, au sein de systèmes non linéaires à temps continu, dans un contexte ensembliste. L'approche présentée est basée sur l'élaboration de tests de cohérence utilisant des observateurs intervalles. Ces observateurs, basés sur une structure de Luenberger, sont construits en effectuant une approximation qLPV du système non linéaire, ainsi qu'en s'appuyant sur des propriétés de coopérativité. L'expression de la taille du plus petit défaut détectable, par un test de cohérence sur la  $i$ ème composante du vecteur de mesure, est ensuite déterminée en fonction de la valeur du gain de l'observateur. La procédure proposée est appliquée à un procédé hydraulique de laboratoire.

# **Session Je-D1 : Automatique et réseaux de communications (I)**

Lieu : Jérusalem

Heure : 8h45

Présidents : Didier GEORGES et Vincent LECUIRE

## **8h45 - Techniques d'apprentissage non-linéaires en ligne avec contraintes de positivité**

Jie CHEN<sup>1,2</sup>, Cédric RICHARD<sup>2</sup>, Paul HONEINE<sup>1</sup>, Hichem SNOUSSI<sup>1</sup>,  
Henri LANTERI<sup>2</sup>, Céline THEYS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institut Charles Delaunay, LM2S FRE 2848 CNRS, Université de Technologie de Troyes*

<sup>2</sup>*Laboratoire Fizeau UMR 6525 CNRS, Université de Nice Sophia-Antipolis, Observatoire de la Côte d'Azur*

Cet article décrit une nouvelle classe d'algorithmes d'apprentissage non-linéaires en ligne avec contrainte de positivité sur la solution. Ceux-ci sont appliqués au problème d'identification distribuée d'un champ scalaire positif, par exemple de rayonnement thermique ou de concentration d'une espèce chimique, par un réseau de capteurs. La question du suivi de l'évolution de la grandeur physique surveillée au cours du temps est également considérée. Les algorithmes proposés sont testés sur des données synthétiques régies par des équations de diffusion. Ils démontrent une excellente capacité de suivi des évolutions du système, tout en affichant un coût calculatoire réduit.

## **9h05 - Etude de l'impact énergétique de l'algorithme d'accès au médium pour un réseau de capteurs sans fil industriel**

Nicolas FOURTY<sup>1</sup>, Adrien VAN DEN BOSSCHE<sup>1</sup>, Thierry VAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*LATTIS EA4155-SCSF, Université de Toulouse,*

Les réseaux de capteurs sans fil visent bien souvent des durées de vie importantes où il est généralement admis que la durée de vie du capteur est la même que celle de la pile. Les spécificités des réseaux de capteurs permettent d'envisager de longues périodes de sommeil où le nœud peut économiser de l'énergie et maximiser ainsi sa propre durée de vie. Dans ce cadre, nous avons mené une étude globale sur l'estimation de la durée de vie d'un nœud capteur : cette étude prend en compte les caractéristiques de la méthode d'accès au médium, celles du transceiver et du microcontrôleur du nœud, ainsi que le comportement de la pile. Cette étude a notamment montré que le fait de solliciter la pile par des courants fortement variables dégrade considérablement sa capacité, donc, la durée de vie

du nœud et, par conséquent, celle du réseau tout entier. Nos conclusions mettent en évidence l'importance du choix de l'algorithme d'accès au médium, face au coût énergétique qu'il engendre, notamment s'il est basé sur une écoute importante du médium.

## **9h25 - Analyse de performances de protocoles temps-réel basés sur Ethernet**

Jérémy ROBERT<sup>1</sup>, Jean-Philippe GEORGES<sup>1</sup>, Eric RONDEAU<sup>1</sup>, Thierry DIVOUX<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

Aujourd'hui, Ethernet se positionne comme la solution standard pour les communications industrielles en dépit de ses inconvénients intrinsèques (particulièrement sa méthode d'accès au médium non déterministe). Comme pour les réseaux de terrains, chaque fournisseur réseaux fait la promotion de sa solution. En conséquence, de nombreuses solutions hétérogènes ont été proposées sur le marché afin de rendre Ethernet déterministe. Le défi est alors pour les industriels de sélectionner la technologie la plus appropriée tout en conservant un regard sur leur pérennité. L'objectif de ce papier est donc de comparer différents protocoles relativement à des contraintes de temps de cycle. Ce temps de cycle est calculé pour chaque solution.

## **9h45 - Continuité de service sur Ethernet Industriel**

Sylvain KUBLER<sup>1</sup>, Eric RONDEAU<sup>1</sup>, Jean-Philippe GEORGES<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

Les réseaux Ethernet utilisent le protocole de Spanning-tree (STP) pour reconfigurer leur topologie en cas de rupture d'équipements. Le temps mis par STP pour rétablir une topologie fonctionnelle peut s'avérer inadapté dans le contexte industriel. Ce papier présente une méthode basée sur la duplication de paquets. Cela permet d'augmenter la probabilité de succès concernant l'acheminement d'informations entre différents équipements réseau. Pour cela, les transmissions de trames sont dupliquées via une paire de chemins optimale. La sélection de cette paire est réalisée à l'aide d'une méthode basée sur les algorithmes génétiques. Dans ce papier, des simulations permettent d'analyser et de comparer les résultats théoriques.

## **10h05 - Aide à la décision et diagnostic par réseaux bayésiens d'un robot mobile commandé en réseau**

Amine MECHRAOUI<sup>1</sup>, Jean-Marc THIRIET<sup>1</sup>, Sylviane GENTIL<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>GIPSA-Lab UMR 5216

Ce papier traite de la co-conception de systèmes mobiles commandés en réseau. Il faut adapter le réseau de communication et sa qualité de service (QoS) aux besoins de l'application, vue ici comme la qualité de commande ou de diagnostic (QoC). Ce travail prend en compte les contraintes apportées par le réseau sur les algorithmes de commande et diagnostic (contraintes pouvant évoluer dynamiquement), et les manières dont le réseau peut s'adapter dynamiquement aux besoins ponctuels des algorithmes de diagnostic, en fonction des contraintes d'environnement, de l'état du système et de sa criticité. Les réseaux bayésiens (BN) sont utilisés pour la prise de décision et pour le diagnostic. Un robot mobile communicant est traité comme exemple d'architecture dynamique.

## **10h25 - Vers une ingénierie de réseaux respectueuse de l'environnement**

Eric RONDEAU<sup>1</sup>, Francis LEPAGE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS

Les secteurs de l'ICT (Information and Communications Technologies) représentent actuellement 2% de l'empreinte totale carbone. Et le rapport SMART 2020 prévoit, d'ici 2020, le doublement de l'émission de carbone générée par l'ICT : c'est-à-dire 1,43 GtCO<sub>2</sub>/an dont 25% liée aux Réseaux et Télécoms. Parallèlement, les questions environnementales ne sont pas uniquement centrées sur l'émission de CO<sub>2</sub>, mais aussi sur d'autres facteurs comme la propagation des ondes radio des antennes GSM ou WIFI dont la nuisance sur la santé est encore mal évaluée, mais aussi sur la gestion des déchets des équipements de communication en fin de cycle de vie. L'objectif de cet article est de repositionner la problématique environnementale encore souvent très confuse dans le contexte de l'ingénierie des réseaux.

## **10h45 - Auto-organisation avec canaux et puits multiples de réseaux de capteurs sans fil de grande taille**

Cheick-Tidjane KONE<sup>1</sup>, Francis LEPAGE<sup>1</sup>, Michael DAVID<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS

Ce papier présente un protocole de clustering simple et distribué, approprié pour les réseaux de capteurs sans fil (RCSFs) de grande taille composés de plusieurs milliers de noeuds capteurs. Une architecture à deux niveaux est utilisée pour

assurer performance, passage à l'échelle et durabilité : N puits (bien) répartis dans l'espace sont connectés par Wi-Fi en réseau de niveau 2 appelé réseau de puits. Un algorithme d'autoorganisation est proposé pour créer une organisation hiérarchique du réseau de niveau 1 appelé réseau de capteurs. Il partitionne le réseau de capteurs en plusieurs sous-réseaux ou clusters disjoints ayant sensiblement la même profondeur en nombre de sauts. La disponibilité de canaux fréquentiels multiples est ensuite mise à profit pour créer une structure cellulaire en allouant un canal par sous-réseau. L'évaluation de la proposition, effectuée à l'aide de simulations sur un réseau de grande taille, jusqu'à 10 000 nœuds, porte sur le taux de d'intégration ou de connexité des nœuds dans la structure, sur la charge du trafic, sur les délais et sur le taux de livraison des paquets. Une comparaison avec un réseau de capteurs à un seul canal sur la même topologie montre l'intérêt des canaux multiples.

# **Session Je-E1 : Commande des convertisseurs statiques (I)**

Lieu : Calcutta

Heure : 8h45

Présidents : Maurice FADEL et Malek GHANES

## **8h45 - Commande à retour de sortie d'un convertisseur série à résonance**

Ouadia EL MAGUIRI<sup>1</sup>, Fouad GIRI<sup>1</sup>, Hassan EL FADIL<sup>1</sup>, Luc DUGARD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*GREYC, Université de Caen*

<sup>2</sup>*GIPSA, ENSIEG, INPG, Grenoble*

Ce travail porte sur le problème de régulation de la tension de sortie d'un convertisseur résonant série de type DC/DC (SRC). Le problème présente trois niveaux de difficulté: (i) le modèle du convertisseur est non linéaire et discontinu ; (ii) les états du modèle ne sont pas tous accessibles à la mesure ; (iii) la charge est inconnue et peut varier dans le temps. La solution développée dans ce papier consiste en un régulateur adaptatif à retour de sortie. Ce dernier comprend trois composantes: (i) un observateur conçu par la technique du grand gain, estimant en ligne les variables d'états non accessibles à la mesure ; (ii) une loi de commande élaborée par la technique du backstepping à partir du modèle observé; (iii) un algorithme d'adaptation rendu robuste moyennant une projection paramétrique. Cette robustesse s'avère nécessaire pour faire face aux erreurs d'estimation d'état dans le modèle. Le système de commande en boucle fermée ainsi élaboré fait l'objet d'une analyse théorique mettant en évidence des conditions de stabilité semi globale.

## **9h05 - Commande d'un moteur synchrone à aimants permanents par un onduleur multicellulaire**

Jean-Marie RETIF<sup>1</sup>, Xuefang LIN-SHI<sup>1</sup>, Malek GHANES<sup>2</sup>, Abder ZAOU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire Ampère, UMR 5005 – Institut National de Sciences Appliquées*

<sup>2</sup>*Laboratoire ECS EA 3649, Ecole Nationale Supérieure de l'Electronique et de ses Applications*

Les convertisseurs multicellulaires, s'ils offrent des potentialités importantes en termes de tenue en tension et/ou de réduction des harmoniques sur les tensions, sont plus difficiles à commander que les convertisseurs classiques. Nous avons considéré ici l'association convertisseur-moteur comme un Système à Dynamique Hybride possédant un vecteur d'état, de dimension 8, constitué par les 6 tensions des condensateurs du convertisseur multicellulaire et les 2 courants dans le repère

d, q du moteur. La commande envisagée est du type prédictive directe pour laquelle il faut choisir, parmi les 512 configurations possibles de l'onduleur, la plus adéquate. Dans cet article, nous présentons, tout d'abord, la modélisation de l'ensemble convertisseur moteur, ensuite est décrite la synthèse de la commande prédictive choisie. In fine des résultats expérimentaux viennent valider la démarche.

## **9h25 - Commande non-linéaire d'un système pile à combustible / supercondensateur**

Mickaël HILAIRET<sup>1</sup>, Olivier BETHOUX<sup>1</sup>, Toufik AZIB<sup>1</sup>, Reine TALJ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Génie Electrique de Paris (LGEP) / SPEE-Labs, CNRS UMR 8507 ;  
SUPELEC; Université Pierre et Marie Curie P6 ; Université Paris-Sud 11

Cet article présente la conception d'une loi de commande non-linéaire d'une structure d'hybridation énergétique associant une pile à combustible à membrane d'échange de protons avec des supercondensateurs, pour des applications à forte dynamique de puissance instantanée. La conception de la commande est basée sur la méthode de l'Assignation de l'Interconnexion et d'Amortissement - Commande basée sur la Passivité, et comparée à une architecture de commande plus classique élaborée à partir de régulateurs à action proportionnelle-intégrale. Les propriétés de stabilité, les degrés de réglage et les performances de cette nouvelle loi de commande sont discutées.

## **9h45 - Commande prédictive directe d'un convertisseur multicellulaire triphasé pour une application de filtrage actif**

Maurice FADEL<sup>1</sup>, Ana LLOR<sup>1</sup>, François DEFAY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire PLASMA et Conversion d'Energie - LAPLACE, UMR 5213, CNRS, INPT,  
UPS

Cet article propose une commande prédictive directe pour un convertisseur multicellulaire triphasé possédant 4 niveaux de tension par phase. Le problème de l'équilibrage des tensions aux bornes des condensateurs flottants est résolu à l'aide d'une table de commutation établie hors ligne et sélectionnant la combinaison adéquate des grandeurs de commande afin de minimiser les commutations des interrupteurs tout en respectant les références des courants et l'ondulation de tension aux bornes des condensateurs. La commande ainsi élaborée permet d'obtenir des bandes passantes importantes pour les courants injectés en garantissant un taux de distorsion harmonique faible pour une fréquence de découpage réduite.

## **10h05 - Comparaison des lois de commande pour convertisseurs DC-DC. Application au convertisseur SEPIC**

Ali JAAFAR<sup>1</sup>, Emmanuel GODOY<sup>1</sup>, Pierre LEFRANC<sup>2</sup>, Xuefang LIN-SHI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*SUPELEC Sciences des Systèmes (E3S) – Département Automatique*

<sup>2</sup>*SUPELEC Sciences des Systèmes (E3S) – Département Energie*

<sup>3</sup>*Laboratoire Ampère, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (INSA Lyon)*

La synthèse de lois de commande et l'analyse de la robustesse en stabilité correspondante pour un convertisseur SEPIC (Single-Ended Primary Inductor Converter) sont abordées dans ce travail. Différentes lois de commande sont étudiées et comparées. Ce convertisseur dispose d'une large plage de fonctionnement disponible (fonctionnement en élévateur et en abaisseur) mais, du point de vue de la commande, présente plusieurs difficultés par rapport aux convertisseurs DC-DC «classiques». L'approche par modes glissants est privilégiée et plus précisément analysée. Les résultats, obtenus en simulation et en expérimentation, sont comparés à ceux d'une régulation PI et d'une commande par retour d'état pour plusieurs points de fonctionnement. Ces résultats permettent de conclure à des meilleures performances pour la commande par modes glissants. Enfin, une analyse de robustesse structurée ( $\mu$ -analyse) est effectuée pour comparer les marges de robustesse en stabilité de chaque loi de commande vis-à-vis des variations de la charge.

## **10h25 - Diagnostic du condensateur de filtrage d'un convertisseur abaisseur par des méthodes algébriques**

Jean-Mathieu BOURGEOT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Université Européenne de Bretagne, École Nationale d'Ingénieurs de Brest, Laboratoire Brestois de Mécanique et des Systèmes - EA4325*

Ce travail s'intéresse à la détection de pannes appliquée aux convertisseurs statiques. Une nouvelle méthode d'estimation des paramètres du modèle dynamique du convertisseur abaisseur est proposée en se basant sur des méthodes récentes d'estimation algébriques. La technique, développée dans cet article, estime en ligne l'état de vieillissement du condensateur de filtrage par détermination de sa résistance série équivalente (ESR). La capacité du condensateur et la valeur de l'inductance sont également estimées par cette méthode. Finalement, les estimateurs détaillés dans cette étude sont validés expérimentalement sur une maquette de convertisseur abaisseur.

## **10h45 - Observabilité d'un convertisseur multi-niveaux via le principe d'invariance de Lasalle**

Pierre RIEDINGER<sup>1</sup>, Mario SIGALOTTI<sup>2</sup>, Jamal DAAFOUZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

<sup>2</sup>*INRIA, Institut Élie Cartan*

Cet article traite de l'observation de systèmes commutés linéaires pour lesquels chaque sous système est non ou partiellement observable. A partir d'un principe d'invariance de Lasalle établi pour cette classe de systèmes, une caractérisation de l'ensemble invariant et des lois de commutation associées est donnée. Ce résultat est appliqué à l'observation d'un convertisseur multi-niveaux et démontre la convergence de l'erreur d'estimation pour une classe très large de lois de commutation.

# **Conférence plénière : Géométrie des matrices positives semi-définies de rang fixé : un peu de théorie et beaucoup d'applications**

Lieu : La Croisée

Heure : 11h20

Président de session : Jean-Pierre RICHARD

Rodolphe SEPULCHRE<sup>1</sup>, Pierre-Antoine ABSIL<sup>2</sup>, Silvère BONNABEL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Institut Montefiore, B28, Université de Liège*

<sup>2</sup>*Département d'Ingénierie Mathématique, Université catholique de Louvain*

<sup>3</sup>*Centre de Robotique, Mines Paris-Tech*

Cet article est une introduction au calcul et à l'optimisation sur les matrices symétriques positives semi-définies de rang (faible) fixé. L'approche proposée est basée sur deux géométries riemanniennes quotient, qui permettent de calculer efficacement tout en préservant le rang et le caractère positif des matrices considérées. Le champ d'applications est vaste, et l'article survole quelques développements récents qui illustrent l'intérêt de l'approche considérée dans les problèmes de très grande taille rencontrés en contrôle, statistiques, et apprentissage.

## **Professeur Rodolphe SEPULCHRE**

Department of Electrical Engineering and Computer Science,  
B28

Université de Liège

Email: [r.sepulchre@ulg.ac.be](mailto:r.sepulchre@ulg.ac.be)

Tél: +32 4 366 29 87 Fax : +32 4 366 29 89



Rodolphe SEPULCHRE a obtenu un titre d'ingénieur et un doctorat en mathématiques appliquées de l'Université de Louvain, Belgique respectivement en 1990 et 1994. Pendant la période 1994-1996, il a été en séjour postdoctoral à l'Université de Californie, Santa Barbara. De 2002 à 2003, il a été en poste à Princeton University, Princeton, NJ. Il est actuellement Professeur au département d'Electricité et d'Informatique de l'Institut Montefiore B28, Université de Liège, Liège, Belgique. Ses activités de recherche concernent la commande des systèmes dynamiques non linéaires, les problèmes de dynamiques collectives et de consensus ainsi que l'optimisation sur les variétés. Il est co-auteur des livres Constructive Nonlinear Control (Springer-Verlag, 1997) et Optimization on Matrix Manifolds (Princeton University Press, 2008).

# Conférence plénière : Compensation active des mouvements physiologiques en robotique médicale

Lieu : La Croisée

Heure : 13h50

Président de session : Alain RICHARD

Michel DE MATHELIN,

*LSIIT, Université de Strasbourg, ENSPS, CNRS*

**Professeur Michel DE MATHELIN**

LSIIT - UMR CNRS 7005, ENSPS.

Email: [demath@eavr.u-strasbg.fr](mailto:demath@eavr.u-strasbg.fr)

Tél: +33 3 88 11 91 33 Fax: +33 3 88 11 91 78



Michel DE MATHELIN a obtenu un titre de Master of Sciences et un doctorat en génie électrique à l'Université de Carnegie-Mellon à Pittsburgh respectivement en 1988 et 1993. Pendant l'année académique 1991-1992, il a occupé un poste de chercheur au département génie électrique de l'école polytechnique de l'académie militaire royale de Bruxelles en Belgique. En 1993, il a été recruté comme maître de conférences à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg en France. Il a ensuite été nommé professeur au sein de l'Ecole Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg (ENSPS). Il est éditeur associé de la revue IEEE Transactions on Control Systems Technology. Ses sujets de recherche concernent la commande adaptative et la commande robuste, les asservissements visuels et la robotique médicale. Il a reçu le prix "King-Sun Fu Memorial" pour le meilleur article 2005 de la revue Transactions on Robotics. Le professeur DE MATHELIN est "Fellow" de la Belgian American Educational Foundation.

## Session Je-A2 : Estimation paramétrique

Lieu : La croisée

Heure : 14h50

Présidents : Michel GUGLIELMI et Cédric JOIN

### 14h50 - Différenciation numérique multivariable I : estimateurs algébriques et structure

Samer RIACHY<sup>1</sup>, Yara BACHALANY<sup>2</sup>, Mamadou MBOUP<sup>3</sup>, Jean-Pierre RICHARD<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Équipe Commande des Systèmes, ENSEA & Équipe projet ALIEN, INRIA Saclay*

<sup>2</sup>*LAGIS UMR 8146 CNRS, Université des Sciences et Technologies de Lille*

<sup>3</sup>*CRESTIC - Université de Reims Champagne Ardenne & EPI ALIEN, INRIA Saclay*

<sup>4</sup>*Université Lille Nord de France, ECLille & EPI ALIEN, INRIA Lille Nord Europe, LAGIS, UMR 8146 CNRS – Ecole Centrale de Lille*

Nous présentons une méthode novatrice de différenciation numérique multivariable, c'est-à-dire d'estimation des dérivées partielles de signaux multidimensionnels bruités. Partant d'une modélisation locale du signal par un développement de Taylor, nous exprimons la dérivée partielle désirée en fonction d'intégrales itérées du signal bruité. Ces intégrales itérées produisent un filtrage du bruit. Les techniques de calcul présentées permettent alors d'élaborer une famille d'estimateurs pour chaque dérivée partielle. Nous dégagerons une propriété structurelle de ces estimateurs, en terme de relation de récurrence sur les éléments d'une même famille. Cette propriété sera utilisée dans un deuxième article pour étudier les performances des estimateurs.

### 15h10 - Différenciation numérique multivariable II : Projection orthogonale et filtrage à RIF

Yara BACHALANY<sup>1</sup>, Samer RIACHY<sup>2</sup>, Mamadou MBOUP<sup>3</sup>, Jean-Pierre RICHARD<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*LAGIS UMR 8146 CNRS, Université des Sciences et Technologies de Lille*

<sup>2</sup>*Équipe Commande des Systèmes, ENSEA & Équipe projet ALIEN, INRIA Saclay*

<sup>3</sup>*CRESTIC - Université de Reims Champagne Ardenne & EPI ALIEN, INRIA Saclay*

<sup>4</sup>*Université Lille Nord de France, ECLille & EPI ALIEN, INRIA Lille Nord Europe, LAGIS, UMR 8146 CNRS – Ecole Centrale de Lille*

Cet article est la suite de [4] où nous avons présenté une famille d'estimateurs numériques des dérivées de signaux multidimensionnels bruités. Dans cette seconde partie, nous donnons une analyse détaillée de leurs propriétés structurelles. Nous en donnons une interprétation en terme de projection orthogonale, ce qui permet d'établir un lien avec les moindres carrés. Cette interprétation permet non seulement d'expliquer mais aussi de quantifier le

décalage spatial observé dans les simulations, avec certains estimateurs. Finalement, une implémentation sous forme de filtre à réponse impulsionnelle finie est fournie.

### **15h30 - Identification des systèmes de Hammerstein contenant un élément commutateur bordé par des polynômes**

Youssef ROCHDI<sup>1</sup>, Fouad GIRI<sup>2</sup>, Fatima-Zahra CHAOU<sup>3</sup>, Adil BROURI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*LSET, Université Cadi Ayyad/FSTG Marrakech*

<sup>2</sup>*GREYC, Université Basse Normandie Caen*

<sup>3</sup>*LAI, Université Mohamed V/EMI Rabat*

Ce travail porte sur l'identification paramétrique des systèmes non linéaires blocs de type Hammerstein. L'originalité réside dans le fait que le bloc d'entrée est un élément de type "commutateur" bordé par deux courbes polynomiales. Nous développons une méthode d'identification permettant d'estimer de façon précise tous les paramètres inconnus du système. Les paramètres du sous-système linéaire sont d'abord estimés à l'aide d'un estimateur de type "moindres carrés". Ce dernier est élaboré moyennant une transformation appropriée du modèle initial et une excitation périodique impulsionnelle générée de sorte à réduire la complexité du système en masquant l'effet "commutation" de la non-linéarité. Dans un second temps, les coefficients des polynômes bordant l'élément non-linéaire sont simultanément identifiés à l'aide d'un estimateur approprié en utilisant un signal d'entrée procurant l'excitation nécessaire. Il est formellement démontré que tous les estimateurs mis en jeu sont consistants.

### **15h50 - Estimation paramétrique des systèmes linéaires à paramètres variables dans le temps**

Michel GUGLIELMI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes UMR 6597*

Cet article concerne l'estimation des paramètres des systèmes dynamiques linéaires à temps continu dont les paramètres sont des fonctions polynomiales du temps. Pour cette classe de systèmes, on montre que la transformée de Mellin est un outil parfaitement adapté car l'estimation des paramètres se ramène alors à la simple résolution d'un système linéaire dont les termes sont constitués uniquement des transformées des entrées-sorties. Les problèmes numériques sont minimisés grâce à l'introduction de la Transformée de Mellin Réduite qui permet de diviser les grandeurs manipulées, limitant ainsi l'explosion numérique Ceci est d'autant plus intéressant lorsqu'on est en présence de bruits de mesure. Un premier exemple, en simulation, illustre le comportement de la méthode proposée.

## 16h10 - Estimation en ligne par approche algébrique : application au cas des frottements secs

Kaouther IBN TAARIT<sup>1,3</sup>, Lotfi BELKOURA<sup>2</sup>, Mekki KSOURI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire d'Automatique, Génie Informatique et Signal (FRE 3303 CNRS) et Alien Project (INRIA Lille-Nord Europe), Université Lille Nord de France, Ecole Centrale de Lille*

<sup>2</sup>*Laboratoire d'Automatique, Génie Informatique et Signal (FRE 3303 CNRS) et Alien Project (INRIA Lille-Nord Europe), Université Lille Nord de France, Université des Sciences et Technologies de Lille*

<sup>3</sup>*Unité de recherche Analyse et Commande des Systèmes, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis*

L'extension de la méthode algébrique, initiée par Fliess et Sira-Ramirez [8], à une certaine classe de systèmes non linéaires continus et stationnaires soumis à des frottements secs est la principale contribution apportée par cette communication. En se basant sur le formalisme distributionnel, une procédure d'estimation en ligne est proposée, permettant de déterminer les instants de commutation (les singularités) ainsi que les paramètres inconnus d'un pendule simple soumis à des frottements secs. Les résultats de simulations illustrent l'efficacité de nos algorithmes d'identification. Une étude en présence des données bruitées est aussi menée.



# Session Je-B2 : Stabilisation de systèmes non linéaires

Lieu : Rome

Heure : 14h50

Présidents : Nouredine MANAMANNI et Mohammed CHADLI

## 14h50 - Stabilisation en temps fini des systèmes non linéaires affines

Walid Ben MABROUK<sup>1</sup>, Chakib BEN NJIMA<sup>1</sup>, Hassani MESSAOUD<sup>1</sup>, Germain GARCIA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Ecole nationale d'ingénieurs de Monastir*

<sup>2</sup>*LAAS, CNRS ; Université de Toulouse ; UPS ; INSA ; INP ; ISAE*

Dans cet article, on considère le problème de la stabilisation en temps fini des systèmes non linéaires affines. L'idée est de proposer une loi de commande par retour d'état permettant de contraindre la norme de l'état du système entre deux bornes pendant un intervalle de temps fini. La méthode est simple, et peut être vue comme une extension de la méthode de Sontag [18] proposée pour la stabilisation des systèmes non linéaires. Deux exemples illustrent la théorie proposée et mettent en évidence sa simplicité.

## 15h10 - Stabilisation exponentielle des modèles flous de type Takagi-Sugeno à retards variables dans le temps

Hamdi GASSARA<sup>1,2</sup>, Ahmed EL HAJAJI<sup>1</sup>, Maher CHAABENE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire de Modélisation, Information et Système, Université de Picardie Jules Verne, UPJV*

<sup>2</sup>*Commande des machines Electriques et Réseaux de puissance, Université de Sfax, Ecole Nationale d'Ingénieur de Sfax-Tunisie*

Dans cette communication, nous nous intéressons au problème de la stabilisation exponentielle des systèmes non linéaires décrits par des modèles flous de type Takagi-Sugeno (TS) à retards variables et bornés ( $\tau_m \leq \tau(t) \leq \tau_M$ ). L'objectif principal concerne la synthèse d'un contrôleur flou de type PDC (Parallel Distributed Compensation) assurant la stabilité exponentielle du système en boucle fermée avec un taux de convergence garanti. Des conditions suffisantes de stabilisation sont données sous-forme des Inégalités Matricielles Linéaires (LMIs). Enfin, un exemple de simulation est proposé pour illustrer l'efficacité du résultat proposé.

## 15h30 - Stabilisation non quadratique locale pour des modèles continus de type Takagi-Sugeno

Thierry-Marie GUERRA<sup>1</sup>, Miguel BERNAL<sup>2</sup>, Abdelhafidh JAADARI<sup>1</sup>,  
Kevin GUELTON<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Univ Lille Nord de France, UVHC, LAMIH, CNRS, FRE 3304

<sup>2</sup>Centro Universitarios de los Valles, University of Guadalajara

<sup>3</sup>CRéSTIC : EA 3804, Université de Reims Champagne Ardenne

Le papier traite de la stabilité non quadratique des modèles quasi-LPV ou dits de Takagi-Sugeno. Le problème des fonctions non quadratiques est de pouvoir prendre en compte la dérivée des fonctions non linéaires qui de façon générale dépendent de l'état. L'idée développée dans ce travail est de réduire la stabilisation globale – qui n'est pas toujours ni réaliste, ni réalisable pour les systèmes non linéaires – à une stabilisation locale. Dans ce contexte, on montre que l'obtention d'inégalités matricielles linéaires (LMI) peut-être fructueuse.

## 15h50 - Stabilisation robuste des systèmes Takagi-Sugeno par lois de commande à commutations

Dalel JABRI<sup>1,2</sup>, Abdelhafidh JAADARI<sup>1,3</sup>, Kevin GUELTON<sup>1</sup>,  
Noureddine MANAMANNI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Crestic, Université de Reims Champagne Ardenne

<sup>2</sup>Unité de recherche MACS, Université de Gabès

<sup>3</sup>LAMIH UMR CNRS 8530, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis

Dans cet article, la stabilisation des systèmes non linéaires incertains et perturbés est abordée à travers une modélisation sous forme de modèles flous de type Takagi-Sugeno (T-S) à commutations. Afin d'assurer la stabilisation robuste des systèmes T-S incertains et perturbés à commutations garantissant la minimisation de l'effet des perturbations externes, une méthodologie de synthèse quadratique  $H_\infty$  de lois de commande floues à commutations est proposée. Les conditions de stabilité sont exprimées en termes d'Inégalités Linéaires Matricielles (LMI). Finalement, un exemple numérique illustre l'efficacité de l'approche proposée.

## **16h10 - Stabilité robuste des systèmes descripteurs flous de type Takagi-Sugeno via l'approche LMI**

Mohamed BAHLOUL<sup>1,2</sup>, Ahmed EL HAJJAJ<sup>1</sup>, Mohamed CHAABANE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*MIS, Université de Picardie Jules Verne*

<sup>2</sup>*UCA, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax*

Cet article concerne le problème de la stabilité robuste des systèmes descripteurs non linéaires décrits par des modèles flous de type Takagi Sugeno (TS). Après l'analyse de la stabilité du système nominal, des conditions suffisantes de la stabilité robuste sont proposées. Dans la synthèse, la formulation LME (Linear Matriciel Equality) puis LMI (Linear Matriciel Equality) sont proposées. Un exemple de simulation est présenté pour illustrer les résultats obtenus.



## **Session Je-C2 : Commande de systèmes : applications**

Lieu : Assise

Heure : 14h50

Présidents : Frédéric ROTELLA et Luc JAULIN

### **14h50 - Conduite optimale de réseaux de bassins**

David FIORELLI<sup>1</sup>, Georges SCHUTZ<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Centre de Recherche Public Henri Tudor, Laboratoire de Technologies Industrielles*

Cet article présente une approche pertinente de contrôle en temps réel basé sur une optimisation multi-objectifs qui est appliqué d'une part à un réseau d'eau potable et d'autre part à un réseau d'assainissement au Grand-Duché du Luxembourg. L'idée suggérée est inspirée de la commande prédictive en résolvant à chaque pas de temps un problème d'optimisation. L'accent sera mis sur la détermination de la fonction de coût et le rôle positif et négatif des différents objectifs la composant. Les bénéfices de l'approche proposée seront mis en avant en comparaison avec des approches classiques. L'influence et la sensibilité à l'exactitude des prévisions utilisées par le contrôleur seront également discutées. Enfin une solution d'implémentation pour la mise en œuvre d'un tel contrôle sera présentée.

### **15h10 - Contrôle des échangeurs de chaleur : application au circuit de refroidissement d'un système pile à combustible**

Fehd BENAICHA<sup>1</sup>, Karim BENCHERIF<sup>1</sup>, Michel SORINE<sup>2</sup>, Jean Claude VIVALDA<sup>3</sup>

*<sup>1</sup>Renault, Direction de la Mécanique*

*<sup>2</sup>Inria-Rocquencourt*

*<sup>3</sup>Inria-Nancy Grand Est*

Les échangeurs de chaleur sont des composants fréquemment utilisés dans les systèmes de refroidissement. Ils représentent des éléments clé de la maîtrise de l'énergie des procédés et des systèmes industriels (recirculation des gaz EGR dans les circuits haute et basse pressions des moteurs thermiques, confort thermique, refroidissement des machines électriques et des systèmes avec piles à combustibles). Dans cet article, nous présentons un exemple d'application pour un système pile à combustible avec reformeur embarqué, où les contraintes thermiques sont sévères et nécessitent un contrôle performant des échangeurs de chaleur. La démarche suivie peut être réutilisée pour des circuits de refroidissement conventionnel sur véhicule équipé de GMP thermique. Tout d'abord, nous présentons un modèle OD pour la commande d'un échangeur de

chaleur. Nous proposons ensuite une commande non-linéaire de ce système. Les performances de cette commande sont comparées à un contrôleur classique de type PI. Nous proposons également un observateur des états non mesurés de l'échangeur dans une optique de réduction du nombre de capteurs ou de diagnostic.

### **15h30 - Du PID généralisé à la commande CRONE : application à la commande d'un procédé électrohydromécanique**

Xavier MOREAU<sup>1</sup>, Roy Abi Zeid DAOU<sup>1,2</sup>, Clovis FRANCIS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire IMS, Département LAPS – UMR 5218 CNRS, Université Bordeaux I

<sup>2</sup>Département de Technologies Biomédicales, Faculté de Santé, Lebanese German University

<sup>3</sup>Faculté de Génie I, Université Libanaise

Cet article présente une étude comparative entre deux approches en matière de commande d'ordre non entier. La première consiste à fixer a priori la structure du régulateur, à savoir un PID généralisé sous sa forme cascade. La seconde n'impose pas de structure a priori du régulateur, celle-ci étant déduite de la mise en forme de la boucle telle que développée dans le cadre de la commande CRONE. Après avoir traduit les spécifications du cahier des charges, point de départ pour les deux approches, en spécifications pour la boucle ouverte, puis en contraintes sur le gain et la phase du régulateur, ces deux approches sont appliquées à un procédé électrohydromécanique incertain.

### **15h50 - Commande d'un skate-car par biomimétisme**

Luc JAULIN<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>DTN, ENSIETA

Le skate-car est un véhicule patineur à cinq patins (à roulettes ou à glace). Ce véhicule imaginaire a pour but de permettre une meilleure compréhension des mécanismes de propulsion du serpent ou de l'anguille. La simplicité des équations d'état du skate-car devrait permettre d'envisager l'élaboration d'une loi de commande non-linéaire efficace. Pourtant, la nature du système rend les techniques de commande classiques inutilisables. Cet article montre qu'une approche par biomimétisme permet de commander relativement facilement ce système.

## **16h10 - Classification des délais pour les Systèmes Contrôlés en Réseau à ordonnancement WRR**

Idriss DIOURI<sup>1</sup>, Vincent BOMBARDIER<sup>1</sup>, Jean-Philippe GEORGES<sup>1</sup>, Eric RONDEAU<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

Dans les systèmes distribués temps-réel, on distingue les applications ayant des contraintes souples et celles ayant des contraintes dures. Dans cet article, on utilise une architecture Ethernet commutée implémentant le protocole d'ordonnancement WRR pour interconnecter des applications temps-réel souple. L'objectif de cette étude est de contrôler les délais de bout en bout pour éviter qu'ils soient au-delà d'un certain seuil. Dans ce sens, un mécanisme de classification par règles linguistiques floues a été utilisé pour identifier les délais de l'application temps-réel en fonction des poids de l'ordonnanceur WRR. Le modèle du comportement ainsi obtenu a servi à mettre en place une méthode de reconfiguration assurant des délais acceptables pour l'application temps-réel tout en maximisant la bande passante garantie aux autres flux.



## **Session Je-D2 : Véhicules aériens**

Lieu : Jérusalem

Heure : 14h50

Présidents : Isabelle FANTONI et Mohamed BOUTAYEB

### **14h50 - Estimation ensembliste des perturbations aérologiques agissant sur un hélicoptère miniature**

Walid Achour<sup>1</sup>, Hélène PIET-LAHANIER<sup>1</sup>, Houria SIGUERDIDJANE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales (ONERA)*

<sup>2</sup>*Ecole Supérieure d'électricité (Supélec)*

Cet article présente une méthode de restitution des perturbations aérologiques agissant sur un mini-drone hélicoptère. L'objectif est de déterminer si ces perturbations sont susceptibles d'affecter la sécurité du vol de l'engin en cherchant à caractériser les limites de variations de leur estimée sous forme de bornes. Un estimateur ensembliste à erreurs bornées permet de fournir une telle description. Les résultats de simulation obtenus montrent des performances satisfaisantes au regard de l'application considérée.

### **15h10 - Fusion ensembliste accéléromètres-baromètre pour l'estimation de l'altitude d'un drone miniature**

Jérôme DE MIRAS<sup>1</sup>, Boris VIDOLOV<sup>1</sup>, Stéphane BONNET<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire HeuDiaSyC UMR 6599, Université de technologie de Compiègne*

Les méthodes ensemblistes appliquées aux problèmes de robotique présentent aujourd'hui une alternative aux méthodes plus classiques. Dans le cadre de l'estimation d'état pour un drone miniature, un premier développement portant sur l'estimation d'altitude est présenté. Bien que le modèle du système soit simple, l'obtention d'une estimation correcte est fortement dépendante des bruits des capteurs. En se plaçant dans le contexte du calcul par intervalles, on peut considérer un modèle simple à erreurs bornées pour ces bruits et construire un observateur de type estimateur-prédicteur en utilisant des techniques de propagation de contraintes. Cet observateur utilise un pavage de l'ensemble des solutions et calcule des masses de pondération associées à ces pavés en fonction de l'innovation apportée par la mesure barométrique, en vue d'approcher au mieux le lieu le plus probable de l'estimée. Des simulations sont présentées pour démontrer la validité de la méthode.

## **15h30 - Planification de mission pour un système de lancement aéroporté autonome**

Svetlana DICHEVA<sup>1</sup>, Yasmina BESTAOUI<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Laboratoire IBISC, Université d'Evry Val d'Essonne*

Dans le cadre d'une coopération avec le CNES (projet PERSEUS), nous nous intéressons à la planification de mission d'un système de lancement aéroporté autonome. L'algorithme utilisé pour cette planification est l'algorithme A\* (A-étoile) en présence d'obstacles et de conditions atmosphériques défavorables. L'algorithme génère une séquence de points de passage, en fonction de l'objectif désiré et des contraintes environnementales. Notre résultat principal est la généralisation de cet algorithme d'un environnement à deux dimensions à un environnement à trois dimensions avec contraintes. La génération des points de passage du chemin optimal déjà trouvé dans les différentes zones de mission sera présentée par l'intermédiaire des résultats de simulation.

## **15h50 - Vers un contrôle de vol d'un oiseau artificiel**

Yves LENOIR<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Centre Automatique et Systèmes, Mines Paris Tech*

Cet article concerne l'étude d'un drone à ailes battantes. Des observations du vol de grands oiseaux, notamment de la cinématique du cycle de leur battement, et la prise en compte de leurs capacités physiologiques ont conduit à un calcul simplifié des forces aérodynamiques engendrées par un oiseau en vol rectiligne stabilisé. Le résultat est utilisé pour trouver les contrôles de gauchissement (vrillage) des ailes assurant le maintien du vol horizontal. La valeur de la puissance moyenne requise simulée est du même ordre que celle d'un oiseau de dimensions et masse similaires. On montre que, à fréquence de battement et vitesse-air données, il existe des commandes quasi-découplées des équilibres moyens, respectivement entre poids et portance, et entre traînée et force propulsive. Deux solutions pour mettre en œuvre ces commandes sont présentées, dont une s'avère praticable. Ce type de contrôle constituerait le cœur d'un algorithme d'assistance au pilotage d'un oiseau artificiel radiocommandé.

## **16h10 - Détection de pannes oscillatoires dans le système de commande de vol d'avion**

Do Hieu TRINH<sup>1</sup>, Benoît MARX<sup>1</sup>, Philippe GOUPIL<sup>2</sup>, José RAGOT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

<sup>2</sup>*EDYC-CC Flight Control System, AIRBUS Operations S.A.S*

L'objectif de cette étude est la détection d'une panne oscillatoire (inconnue et bornée) pouvant affecter le système de commande d'une gouverne d'avion. Outre le fait que la panne peut engendrer des charges supplémentaires sur la structure de l'avion, elle peut exciter un phénomène de résonance. La détection précoce de ce type de panne est donc une nécessité vis-à-vis de la sécurité. À partir d'un modèle analytique du système de commande de gouverne, on peut établir un modèle dit de bon fonctionnement traduisant le comportement du système en l'absence de défaillance, ainsi que des modèles de dysfonctionnement correspondant à des types de panne différentes. Cela permet alors de générer des signaux de résidu permettant de détecter et isoler le défaut.



# Session Je-E2 : Application de la dérivation non entière

Lieu : Calcutta

Heure : 14h50

Présidents : Pierre MELCHIOR et Jean-Claude TRIGEASSOU

## 14h50 - Conditions initiales et initialisation des systèmes différentiels fractionnaires linéaires

Jean-Claude TRIGEASSOU<sup>1</sup>, Nezha MAAMRI<sup>2</sup>, Mammam TENOUTIT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IMS-LAPS UMR 5218, Université de Bordeaux 1

<sup>2</sup>LAI, Université de Poitiers

La maîtrise des conditions initiales des systèmes fractionnaires reste un problème ouvert, malgré un nombre important de publications sur ce sujet. Nous montrons dans cette communication que la solution de ce problème passe par la définition d'une représentation d'état adaptée. Celle-ci est basée sur la notion fondamentale d'opérateur d'intégration fractionnaire. Après avoir défini la représentation d'état des intégrateurs et celle du système fractionnaire, on montre que le problème des conditions initiales n'est rien d'autre que la généralisation du cas entier, mais dans un cadre de dimension infinie. La solution du problème d'initialisation passe par l'estimation des variables d'état internes. On propose d'accéder à cette estimation grâce à un observateur ; un exemple numérique montre qu'il s'agit d'une solution réaliste.

## 15h10 - Identification par modèles non entiers linéaires d'un système thermique à haute température

Asma MAACHOU<sup>1</sup>, Rachid MALTI<sup>1</sup>, Pierre MELCHIOR<sup>1</sup>, Jean-Luc BATTAGLIA<sup>2</sup>,  
Alain OUSTALOUP<sup>1</sup>, Bruno HAY<sup>3</sup>

<sup>1</sup>IMS, UMR 5218 CNRS, Université Bordeaux 1, IPB/ENSEIRB-MATMECA

<sup>2</sup>TREFLE, UMR 8508 CNRS, Université de Bordeaux 1-ENSAM

<sup>3</sup>LNE, Centre Métrologie et Instrumentation

Ce travail en simulation vise à préparer une expérimentation sur la modélisation thermique d'un échantillon de fer ARMCO à de petites variations de température, mais autour de plusieurs points de fonctionnement. Les objectifs principaux de cet article sont, d'une part, la comparaison de deux méthodes d'identification par modèles linéaires non entiers à partir de données générées par éléments finis avec le logiciel Comsol et, d'autre part, l'identification de l'échantillon autour de trois points de fonctionnement (400K, 600K, 1000K), toujours aux petites variations de température.

## **15h30 - Commande CRONE décentralisée par blocs d'un système MIMO non carré**

Dominique Nelson GRUEL<sup>1</sup>, Patrick LANUSSE<sup>1</sup>, Alain OUSTALOUP<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Université de Bordeaux - CNRS UMR 5218 - Laboratoire IMS*

Ce papier propose une approche décentralisée par blocs pour la commande CRONE des systèmes multivariables non carrés, c'est-à-dire comportant un nombre différent d'entrées de commande que de sorties à réguler. La notion de matrice de transfert pseudo-inverse et l'analyse de diagonalité par blocs sont utilisées pour étendre les résultats déjà réalisés pour les systèmes carrés. Dans le cadre de la gestion du compromis performance/simplicité, cette approche est une alternative à une approche MIMO pure, à la fois relativement simple à mettre en œuvre et performante pour une classe de systèmes multivariables particuliers. Le régulateur partiellement décentralisé obtenu est aussi peu pessimiste que possible.

## **15h50 - Stabilisation des systèmes bilinéaires fractionnaires**

Ibrahima N'DOYE<sup>1,2</sup>, Michel ZASADZINSKI<sup>1</sup>, Nour-Eddine RADHY<sup>2</sup>,  
Mohamed DAROUACH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

<sup>2</sup>*Laboratoire Physique et Matériaux Microélectronique Automatique et Thermique, Université Hassan II, Faculté des Sciences Ain-Chock*

Cet article traite de la stabilisation des systèmes bilinéaires fractionnaires par l'approche de la nouvelle généralisation du lemme de Gronwall-Bellman. L'utilisation de cette nouvelle approche permet de montrer sous certaines hypothèses adéquates, qu'on peut garantir une stabilisation asymptotique par retour d'état statique et par retour de sortie statique des systèmes bilinéaires fractionnaires. La méthodologie est illustrée par l'intermédiaire d'un exemple numérique.

## **16h10 - Stabilisation par retour de pseudo-état des systèmes non entiers commensurables**

Christophe FARGES<sup>1</sup>, Jocelyn SABATIER<sup>1</sup>, Mathieu MOZE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire IMS, Groupe LAPS/CRONE, CNRS UMR 5218, Université Bordeaux 1*

Ce papier traite du problème de stabilisation par retour de pseudo-état des systèmes non entiers commensurables. Le formalisme des Inégalités Matricielles Linéaires (LMI) est utilisé pour tester l'appartenance des valeurs propres de la matrice dynamique au domaine de stabilité du système non entier. Après avoir traité le cas où l'ordre non entier est supérieur à 1, l'accent est mis sur le cas

$0 < \eta < 1$  correspondant à un domaine de stabilité non convexe. Dans ce cas, les conditions LMI de stabilité existantes ne peuvent être utilisées en synthèse. Une nouvelle condition LMI d'analyse est donc proposée et utilisée pour obtenir une condition nécessaire et suffisante pour la synthèse de correcteurs stabilisants. Cette condition est ensuite étendue au problème de stabilisation robuste d'un système non entier polytopique. L'efficacité de ces méthodes est enfin évaluée sur le problème de stabilisation d'un pendule inversé.



## **Session Je-A3 : Aéronautique et spatial**

Lieu : La croisée

Heure : 16h50

Président : Samer RIACHY

### **16h50 - Détection et isolation de défauts par analyse des contraintes géométriques de guidage-pilotage**

Julien MARZAT<sup>1,2</sup>, Hélène PIET-LAHANIER<sup>1</sup>, Eric WALTER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales (ONERA)*

<sup>2</sup>*Laboratoire des Signaux et Systèmes (L2S), CNRS-SUPELEC-Univ Paris-Sud*

Cette communication présente une méthode de détection de défauts pour les systèmes aéronautiques. Pour réaliser leur mission, ces systèmes sont commandés à l'aide d'algorithmes de guidage-pilotage. Le diagnostic est ici considéré du point de vue de la réussite de la mission : si un défaut survient, la commande ne pourra plus être appliquée correctement. L'approche proposée vérifie donc l'adéquation du système aux contraintes géométriques imposées par la loi de guidage-pilotage. Cette procédure n'exploite pas directement le modèle dynamique à base de connaissance du système, et peut être ainsi qualifiée de méthode sans modèle. L'application proposée est le diagnostic d'un aéronef équipé de capteurs et actionneurs classiques, non redondants. Les résultats en simulation avec incertitudes sur les mesures montrent l'intérêt de l'approche pour la détection et l'isolation des défauts sur les actionneurs, voire les capteurs.

### **17h10 - Filtre à Fenêtre Glissante Pour l'Estimation de l'Attitude et des Vitesses d'un Projectile**

Bertrand GRANDVALLET<sup>1,2</sup>, Ali ZEMOUCHE<sup>1</sup>, Mohamed BOUTAYEB<sup>1</sup>,  
Sébastien CHANGEY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

<sup>2</sup>*Institut Franco-Allemand de Recherche de Saint-Louis*

Ce papier traite du problème de guidage d'un projectile stabilisé par rotation. Nous apportons une contribution au niveau la navigation grâce à des capteurs "bas-coût" de type accéléromètres et magnétomètres. Les fortes non-linéarités présentes dans les équations d'états (dynamique et sortie) du modèle nous restreignent à l'utilisation de peu de méthodes d'estimation. Nous proposons ici un Filtre de Kalman Etendu (FKE) utilisant une fenêtre glissante sur les mesures pour l'estimation de l'attitude (position angulaire) et des vitesses (linéaires et angulaires) de l'engin, en temps réel. Nous montrons au travers des simulations les bonnes performances du filtre particulièrement lors de fortes perturbations comme un coup de vent pendant la phase de vol.

## **17h30 - Vers une simplification de la commande non linéaire : l'exemple d'un avion à décollage vertical**

Samer RIACHY<sup>1,4</sup>, Michel FLIESS<sup>1,2</sup>, Cédric JOIN<sup>1,3</sup>, Jean-Pierre BARBOT<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>*Équipe-projet ALIEN, INRIA Saclay - Ile-de-France*

<sup>2</sup>*LIX (CNRS, UMR 7161), École polytechnique*

<sup>3</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

<sup>4</sup>*Équipe Commande des Systèmes, ENSEA*

On montre que les commandes sans modèle et à modèle restreint, introduites récemment, fournissent une régulation élémentaire, facile à mettre en œuvre, pour un avion à décollage vertical (PVTOL, en abréviation anglaise), largement étudié dans la littérature universitaire par diverses techniques avancées d'automatique non linéaire. Plusieurs simulations numériques attestent l'efficacité de notre approche.

# Session Je-B3 : Commande de systèmes - 1

Lieu : Rome

Heure : 16h50

Président : Frédéric KRATZ

## 16h50 - Découplage dynamique des systèmes linéaires non stationnaires

Frédéric ROTELLA<sup>1</sup>, Irène ZAMBETTAKIS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Ecole d'Ingénieurs de Tarbes*

<sup>2</sup>*Institut Universitaire de Technologie de Tarbes de l'Université Paul Sabatier de Toulouse*

Le problème du découplage diagonal des systèmes linéaires par un retour d'état dynamique est maintenant bien compris lorsque les coefficients sont constants. L'algorithme de Silverman, appelé aussi algorithme de structure, permet de résoudre ce problème et de concevoir l'extension dynamique et le retour statique d'état augmenté associé. Nous présentons ici l'adaptation de cet algorithme au cas des systèmes linéaires non stationnaires en insistant sur les étapes spécifiques à appliquer lorsque les coefficients dépendent du temps. Basée sur le formalisme d'état, la manipulation de matrices non constantes relativement au temps implique l'utilisation d'opérateurs différentiels ou de factorisations matricielles non triviales.

## 17h10 - Planification explicite de trajectoires sur la base d'un modèle

Peter HIPPE<sup>1</sup>, Christian HARKORT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Lehrstuhl für Regelungstechnik, Universität Erlangen-Nürnberg*

Entre autres dans le domaine des systèmes plats, il est avantageux de réaliser des trajectoires de référence à l'aide d'une commande obtenue d'une planification et d'utiliser le régulateur seulement pour la suppression des perturbations. Cela nécessite un générateur de trajectoires sur la base d'un modèle du système qui fournit non seulement les commandes nécessaires mais aussi les états correspondants. La planification d'une trajectoire réalisable dépend du système et des conditions initiales et terminales, ce qui ne permet, en général, une solution explicite. En vue d'une transition rapide une commande optimale à temps minimum serait intéressante. Pour des chaînes d'intégrateurs d'une longueur arbitraire la solution optimale est connue explicitement. En utilisant cette solution comme référence, une planification de trajectoires explicite devient possible aussi pour des systèmes linéaires généraux. Cependant, les amplitudes maximales des commandes générées ne sont plus limitées par les amplitudes utilisées pour la chaîne d'intégrateurs, on peut toutefois les influencer.

## 17h30 - Commande robuste non linéaire et à basculement de gains pour le suivi de trajectoire

Vincent MAHOUT<sup>1</sup>, Damien BILY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*CNRS LAAS, Université de Toulouse ; UPS ; INSA ; INP ; ISAE*

Ce papier se situe dans le domaine de la robustification de loi de commande non linéaire (commande plate). La commande robuste additive est une commande linéaire sur l'écart à la trajectoire de référence, de type retour d'état et à basculement de gains. Chacun des gains est calculé sur un modèle linéaire local autour d'un point donné de la trajectoire, l'ensemble permettant de couvrir l'intégralité de la trajectoire imposée. Ces différents modèles linéaires locaux sont obtenus à partir d'une approximation bornée en norme des fonctions non linéaire du modèle. Ce papier montre comment le recours aux techniques LMI permet de calculer les approximations bornées en norme ainsi que le calcul du correcteur globalement robuste. Cette approche est illustrée par des résultats de simulation sur un système de lévitation magnétique.

## Session Je-C3 : Synthèse de correcteurs

Lieu : Assise

Heure : 16h50

Président : Eduardo MENDES

### 16h50 - Optimisation multi-objectifs par essaim particulière pour la synthèse de correcteurs

Saïd IGHOUBRIOUEN<sup>1</sup>, Guillaume SANDOU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SUPELEC, Département Automatique

L'optimisation de correcteurs est un formidable défi pour l'industrie, un correcteur réglé au mieux pouvant permettre d'obtenir de meilleures performances. Les critères et les contraintes à satisfaire sont multiples et souvent contradictoires : dépassement, temps de réponse, bande passante, amortissement, gabarits temporels, gabarits fréquentiels, énergie de commande, norme  $H_\infty$  ou  $H_2$ ... De plus, ces critères de performances sont des fonctions non convexes, non différentiables, voire non analytiques des paramètres de correction. Ainsi, l'optimisation des correcteurs apparaît comme un problème d'optimisation difficile et par nature multi-objectifs. Dans cet article, une méthode de synthèse et d'optimisation de correcteur est proposée, basée sur l'optimisation par essaim particulière. Les tests effectués sur une maquette de suspension magnétique permettent de valider la méthode proposée.

### 17h10 - Une méthode d'identification par relais associée à une synthèse robuste de correcteur d'ordre réduit

Hoang Bao LE<sup>1</sup>, Eduardo MENDES<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Conception et d'Intégration des Systèmes – LCIS, Institut polytechnique de Grenoble – Grenoble INP

Cet article propose une méthode expérimentale simple d'identification de processus SISO à contrôler par l'utilisation d'une commande à relais à deux niveaux, associée à une méthode de synthèse de correcteur d'ordre fixé sous contraintes de robustesse. La méthode est basée sur l'identification du diagramme de Bode du système à commander dans une zone fréquentielle particulière par l'utilisation d'une commande à relais stabilisant le système en boucle fermée autour du point de fonctionnement désiré. Le balayage fréquentiel est obtenu par l'insertion de retards appropriés dans la boucle. La zone fréquentielle choisie correspond à la zone où la phase du processus à contrôler varie de  $-90^\circ$  à  $-180^\circ$ . Sur la base du diagramme de Bode obtenu, un modèle réduit du processus est

déterminé de façon à ce que les marges de robustesse obtenues après synthèse du correcteur, satisfaisant certaines propriétés, soient garanties avec le processus réel. Le modèle réduit est validé en termes des performances en boucle fermée à l'aide de la distance de Vinnicombe ( $v$ -gap) et de la marge de stabilité généralisée ( $b$ ) en utilisant soit un correcteur initial soit, a posteriori, avec le correcteur synthétisé. Le modèle réduit permet par la suite de synthétiser un correcteur, lui-même d'ordre réduit (facilitant son implantation expérimentale), de manière à obtenir un rejet optimal des perturbations de commande de type échelon et de garantir les contraintes de robustesse désirées, i.e. marge de module, marge de phase et amplification du bruit de mesure sur la commande. L'objectif de conception et les contraintes de robustesse sont exprimés sous la forme de normes  $H_2$  et  $H_\infty$  en fonction des gains inconnus du régulateur. Le problème de synthèse est donc reformulé en un problème d'optimisation sous contraintes qui peut être résolu numériquement. On obtient ainsi un outil logiciel qui rend l'approche proposée plus accessible aux utilisateurs industriels non spécialistes en automatique. La méthodologie est illustrée et comparée à une synthèse par placement des pôles de la boucle fermée sur une application pratique.

### **17h30 - Application industrielle d'un régulateur à modèle interne (RMI) du nième ordre avec compensation de perturbations mesurables**

Hervé COPPIER<sup>1</sup>, Mohammed CHADLI<sup>2</sup>, Hubert JACQUIN<sup>3</sup>, Patrice DELESALLE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*ESIEE-Amiens*

<sup>2</sup>*UPJV-MIS (E.A. 4290)-Amiens*

<sup>3</sup>*Schneider Electric*

Dans cet article, nous présentons les algorithmes de régulation à modèle interne (IMC) pour un système du nième ordre avec compensation de perturbations mesurables. L'objectif est de proposer des solutions de contrôle adaptées à la régulation industrielle, implémentables sur des automates Schneider Electric et hautement performantes. Les développements ont été principalement motivés par une demande du groupe Alstom pour un surchauffeur à vapeur dans une centrale thermique mais ont vocation à être généraux pour une large gamme de boucles de régulation. Dans la première section, nous verrons le régulateur à modèle interne (RMI) pour procédés du nième ordre développé sous forme de fonction paramétrable dans Unity pro atelier logiciel de la famille des automates Schneider. La régulation à modèle interne est présentée avec son implémentation sur automate programmable, et des résultats comparés à ce qu'auraient donné d'autres algorithmes de contrôle comme la commande prédictive fonctionnelle. Dans la seconde section nous présentons une méthode de compensation de perturbations mesurables (feed-forward) prévue pour être associée aux régulateurs à modèle interne du nième ordre.

# **Session Je-D3 : Modèles de Volterra et bases orthogonales**

Lieu : Jérusalem

Heure : 16h50

Président : Rachid MALTI

## **16h50 - Identification d'un Système Multivariables utilisant les fonctions de la Base Orthogonale Généralisée**

Jalel GHABI<sup>1</sup>, Ali DOUIK<sup>1</sup>, Hassani MESSAOUD<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Laboratoire d'Automatique, Traitement de Signal et Imagerie - Département de Génie Electrique, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Monastir*

Ce papier considère la construction d'une méthode générale pour la modélisation et l'identification d'un système LTI multivariables en utilisant les fonctions de la base orthogonale généralisée. Dans ce cas une reformulation de la représentation d'état des fonctions de la base est proposée et une nouvelle méthode d'optimisation des pôles est développée. Ainsi, dans le but de la synthèse d'une commande robuste, l'ensemble des coefficients de Fourier est un ellipsoïde mis à jour par les approches à erreur inconnue mais bornée.

## **17h10 - Développement du Modèle ARX sur les bases orthogonales de Laguerre**

Tarek GARNA<sup>1</sup>, Kais BOUZRARAA<sup>1</sup>, Okba TAOUALI<sup>1</sup>, Hassani MESSAOUD<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Unité de Recherche Automatique, Traitement de Signal et d'Image, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Monastir*

Dans ce papier on propose une nouvelle représentation des modèles ARX sur des bases orthogonales indépendantes de Laguerre. Cette représentation est obtenue suite au filtrage de l'entrée et de la sortie par des fonctions orthogonales définissant les bases de Laguerre. Le modèle résultant est intitulé modèle ARX - Laguerre qui garantit une réduction du nombre de paramètres avec une représentation récursive et simple. Cette réduction paramétrique reste assujettie par un choix optimal du pôle de Laguerre de chaque base indépendante. Pour ce faire, on développe un algorithme d'optimisation des pôles basé sur l'extension de la méthode de Tanguy et al. L'algorithme proposé ainsi que le modèle ARX - Laguerre sont testés et validés en simulation numérique.

## **17h30 - Modélisation et identification des systèmes non linéaires stochastiques représentés à l'aide d'un modèle de Volterra à complexité réduite**

Imen LAAMIRI<sup>1</sup>, Hassani MESSAOUD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Unité de Recherche d'Automatique Traitement de Signal et Image, ENIM*

Les séries de Volterra ont été utilisées pour la modélisation d'une large classe de systèmes non linéaires. Bien que le modèle résultant soit linéaire par rapport à ses paramètres, celui-ci souffre d'une complexité accrue résultante de l'augmentation du nombre de ces paramètres. Pour réduire cette complexité on décrit les noyaux de Volterra par un tenseur qu'on procède à sa décomposition en des matrices en utilisant le modèle PARAFAC dont l'estimation est assurée par la méthode des moindres carrés alternés ALS. Dans cette communication on propose une extension de la dite méthode ALS pour l'estimation des matrices dans le cas où le système étudié est bruité. La méthode proposée qui s'intitule AELS (Alternating Extended Least square) a été validée et comparée avec l'ALS et les résultats sont significatifs.

# Session Je-E3 : Problèmes d'estimation liés aux systèmes mécaniques (I)

Lieu : Calcutta

Heure : 16h50

Président : Didier REMOND

## 16h50 - Identification des paramètres dynamiques des robots avec la méthode de la variable instrumentale

Alexandre JANOT<sup>1</sup>, Pierre Olivier VANDANJON<sup>2</sup>, Maxime GAUTIER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>HAPTION S.A

<sup>2</sup>Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

<sup>3</sup>Université de Nantes

L'identification des paramètres dynamiques des robots est généralement basée sur l'utilisation du modèle inverse qui est linéaire par rapport aux paramètres dynamiques à identifier. Afin d'obtenir un système surdéterminé, ce modèle est échantillonné pendant que le robot est piloté avec des mouvements excitants. La solution optimale est obtenue à l'aide des moindres carrés linéaires (MCL). L'efficacité de cette approche a été prouvée à travers l'identification expérimentale de nombreux prototypes et robots industriels. Elle a été étendue à d'autres systèmes tels que les compacteurs, les voitures, les moteurs et les interfaces haptiques. Cependant, cette méthode nécessite une mesure précise et à une fréquence assez élevée de l'image du couple et de la position. Elle nécessite également l'estimation des vitesses et accélérations par un filtrage passe bande des positions. La matrice d'observation est donc bruitée. De plus, l'identification est effectuée en boucle fermée du fait du caractère double intégrateur instable des robots. La méthode de la variable instrumentale (IV) traite du problème de la matrice d'observation bruitée et peut être statistiquement optimale. Ce papier se focalise sur cette technique et propose une extension de cette méthode qui est appliquée sur un robot 2 degrés de liberté (DDL) plan développé par l'équipe robotique de l'IRCCyN.

## 17h10 - Recalage de modèle numérique par inférence Bayésienne

Jérôme ANTONI<sup>1</sup>, Erliang ZHANG<sup>1</sup>, Pierre FEISSEL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Roberval, UMR 6253 – Université de Technologie de Compiègne

Le recalage de modèle (terminologie propre à la dynamique des structures) consiste à identifier les paramètres matériaux et géométriques d'un modèle numérique, c'est-à-dire d'une boîte « grise » dans la terminologie de

l'identification. L'exercice est difficile en raison de la très grande taille des modèles numériques considérés (typiquement des modèles aux éléments finis). Il est par ailleurs essentiel que les paramètres à ajuster prennent des valeurs physiquement admissibles. Cette communication propose de lever ces difficultés au travers d'une approche bayésienne en considérant les aprioris physiques sous la forme de densités de probabilité. Dans ce but, un protocole expérimental spécifique est établi afin de faciliter la construction de la densité de probabilité a posteriori à partir d'un développement modal dans le domaine fréquentiel et l'utilisation d'excitations multi-sinus. De même, afin d'accélérer son exploration par les techniques de tirage intensif de type chaînes de Markov Monte Carlo, une solution est proposée qui consiste à « projeter la dynamique » du système sur un polynôme chaos dont les variables aléatoires primales sont en relation bijective avec les paramètres du modèle. La méthodologie est illustrée sur des exemples de simulation numériques ainsi que sur des données vibratoires issues de structures métalliques simples.

### **17h30 - Influence de la variation des conditions aux limites sur un système en boucle fermée**

Baptiste CHOMETTE<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Institut Jean Le Rond D'Alembert, UMR7190 – Université Pierre et Marie Curie*

La variation des conditions aux limites est une question sensible sur les systèmes assemblés, en particulier dans les systèmes embarqués. La détection de ces changements sur le comportement vibratoire de structure est un challenge important et généralement difficilement réalisable. L'approche proposée dans cet article consiste à mettre à profit la sensibilité à la robustesse des systèmes contrôlés et plus particulièrement dans le cas du contrôle modal. Ainsi, on montre que le suivi des performances d'un contrôleur modal par une méthode d'identification permet d'accentuer l'effet d'un changement de conditions aux limites. En effet, la comparaison des performances du contrôleur sur les modes contrôlés ou non contrôlés en référence au système non contrôlé est un indicateur sensible des modifications de conditions aux limites. Cette sensibilité est vraisemblablement due à l'amplification de la sensibilité du contrôleur aux variations des paramètres modaux. L'ensemble de la démarche proposée est basée sur une structure réelle représentative d'un cas industriel de contrôle actif des vibrations.

# Session Ve-A1 : Identification

Lieu : La croisée

Heure : 9h00

Présidents : Marco LOVERA et Stéphane LECOEUICHE

## **9h00 - Modélisations rationnelle et non entière de la dynamique du conducteur. Partie 1 : retour passif et liaison mains/volant**

Xavier MOREAU<sup>1</sup>, Firas KHEMANE<sup>1</sup>, Rachid MALTI<sup>1</sup>, Jean-Luc MERMOZ<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Laboratoire IMS, Département LAPS – UMR 5218 CNRS, Université Bordeaux I*

Les travaux présentés dans cet article en deux parties concernent l'identification de la dynamique de la boucle du conducteur par modèle non entier dans un contexte de rejet de perturbation. Dans un tel contexte, l'expérience montre que les variations des entrées restent de faible amplitude, justifiant ainsi une approche linéaire, notamment dans le choix des modèles. L'objectif est alors de disposer, à terme, d'une bibliothèque de modèles utilisable dans le cadre du Contrôle Global du Châssis (CGC). Plus précisément, cette Partie 1 se focalise d'abord sur la présentation du dispositif d'essai, puis sur la description du protocole expérimental. Ensuite, les modèles des différentes parties de la boucle du conducteur sont établis. Enfin, la modélisation du retour passif et de la liaison mains/volant est présentée. La Partie 2 de cet article, quant à elle, traite de l'identification du retour proprioceptif en utilisant une approche ensembliste. Dans les deux parties, l'introduction de la dérivation non entière (approche non entière) au niveau des phénomènes dissipatifs permet de diminuer d'un facteur 2.7 la valeur numérique du critère utilisé pour l'estimation paramétrique, et ce comparativement aux valeurs obtenues avec une approche entière.

## **9h20 - Modélisations rationnelle et non entière de la dynamique du conducteur. Partie 2 : retour proprioceptif par une approche ensembliste**

Firas KHEMANE<sup>1</sup>, Rachid MALTI<sup>1</sup>, Xavier MOREAU<sup>1</sup>, Jean-Luc MERMOZ<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système, Université de Bordeaux*

Les études concernant l'interaction homme-machine sont devenues nécessaires dans l'industrie automobile ces dernières années. En effet le développement des lois de commande permettant de garantir la sécurité du conducteur et du véhicule ont gagné de l'importance, d'où la nécessité de se focaliser de plus en plus sur le comportement du conducteur. Les études de suivie de trajectoire sur un, voire plusieurs, individu(s) montrent que les réactions (ou réponses) recueillies ne sont jamais identiques. Elles varient non seulement d'un conducteur à l'autre mais

aussi d'une expérience à l'autre pour le même conducteur. Il est alors préférable de rechercher un ensemble de modèles faisables d'un, voire plusieurs, conducteur(s) plutôt qu'un modèle unique. Dans la première partie de cette étude [1], le retour passif du conducteur ainsi que la liaison mains/volant ont été déterminés en se basant sur des modèles comportementaux proposés dans la littérature. Ces modèles, ne nécessitant pas de réaction du conducteur, présentent une faible dispersion. La deuxième partie de cette étude se focalise sur la modélisation du retour proprioceptif du conducteur qui subit des perturbations exogènes de type rafale de vent et qui doit maintenir le volant sur une position de référence sans retour visuel (yeux fermés). Dans la mesure où le conducteur présente des variations réactionnelles significatives d'une expérience à l'autre, il est préférable d'estimer un ensemble de modèles faisables pour ce retour proprioceptif au lieu d'un modèle unique. L'approche ensembliste est utilisée à cet effet, sachant que l'objectif est d'identifier un ensemble de modèles faisables (approximation extérieur) d'individus sains. Compte-tenu de la variabilité des mesures et donc des modèles d'une expérience à l'autre ou d'un individu à l'autre, il va de soi que certaines expérimentations ne pourront pas être reproduites par l'ensemble faisable identifié. L'objectif est, à moyen terme, de pouvoir diagnostiquer des individus présentant un comportement anormal lorsque le modèle identifié se trouve à l'extérieur de cet ensemble faisable.

#### **9h40 - Identification fractionnaire multivariable**

Tounsia DJAMAH<sup>1</sup>, Saïd DJENNOUNE<sup>1</sup>, Maamar BETTAYEB<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire de Conception et Conduite des Systèmes de Production (L2CSP), Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou,*

<sup>2</sup>*Department of Electrical & Computer Engineering, University of Sharjah*

Cet article traite de l'identification des systèmes par des modèles d'ordre fractionnaire multivariables. Une méthode à erreur de sortie, basée sur une technique d'optimisation non linéaire est développée. Elle repose sur un modèle d'état fractionnaire multivariable des fonctions de sensibilité paramétrique, dont la simulation est basée sur l'opérateur d'intégration fractionnaire borné en fréquences. Différentes simulations illustrent les performances de la méthode.

## **10h00 - Approche des sous-espaces pour l'identification de modèles non entiers multivariables**

Magalie THOMASSIN<sup>1</sup>, Rachid MALTI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système, UMR 5218 – Université de Bordeaux, CNRS*

Cet article porte sur l'identification de système multivariable par une représentation d'état non entière. La difficulté réside dans le fait que le modèle est à temps continu. L'utilisation de deux filtres (de types passe-bas et passe-tout non entiers) est proposée afin de contourner le problème de l'estimation des dérivées non entières des signaux entrée-sortie. Le problème se rapporte alors à celui rencontré classiquement dans un contexte à temps discret. L'estimation des matrices de la représentation d'état est effectuée par une méthode des sous-espaces considérant comme variable instrumentale les signaux entrée-sortie filtrés temporellement décalés. L'estimation de l'ordre commensurable de la représentation d'état non entière est réalisée par une méthode d'optimisation non linéaire. Les propriétés statistiques des estimateurs proposés sont illustrées par des exemples de simulation.

## **10h20 - Algorithme d'identification à erreur de sortie pour systèmes à temps continu en boucle fermée à partir de données échantillonnées**

Arnaud BAYSSE<sup>1</sup>, Francisco J. CARRILLO<sup>1</sup>, Abdallah HABBADI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Université de Toulouse, INP/ENIT, LGP*

Cet article présente un algorithme d'identification hors ligne à erreur de sortie pour systèmes à temps continu en boucle fermée. Cet algorithme peut être considéré comme la version à temps continu de la méthode F-CLOE (Filtered Closed Loop Output Error) de Landau [6] pour les systèmes à temps discret. Des simulations et l'application de la méthode proposée sur un système expérimental sont aussi présentées.

## **10h40 - Modélisation phénoménologique et identification d'un système de micro-positionnement**

Ioana-Corina BOGDAN<sup>1</sup>, Gabriel ABBA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire de Conception, Fabrication et Commande (LCFC), Université Paul Verlaine de Metz*

<sup>2</sup>*Laboratoire de Conception, Fabrication et Commande (LCFC), Ecole nationale d'Ingénieurs de Metz*

Les phénomènes de frottement sont à l'origine d'erreurs de positionnement importantes des servo-mécanismes. Une modélisation précise permet de compenser leur effet dans le but d'augmenter les performances du système. Cet article propose une modélisation phénoménologique d'un axe linéaire avec transmission par vis à billes et l'identification des paramètres du modèle par un algorithme d'optimisation. Trois modèles de frottement sont considérés pour le servo-mécanisme. Le premier modèle considère le frottement statique, le frottement visqueux et le frottement de Stribeck avec l'hystérésis. Le deuxième utilise le modèle de Dahl, et le troisième le modèle LuGre. Ces modèles sont non-linéaires en les paramètres. Le critère d'optimisation est déterminé par simulation et considère l'erreur normalisée du couple de commande. Les résultats des trois modèles de frottement sont comparés aux données mesurées. Les simulations et les résultats expérimentaux montrent la validité du modèle proposé.

# **Session Ve-B1 : Commande non linéaire**

Lieu : Rome

Heure : 9h00

Présidents : Brigitte D'ANDREA NOVEL et Hugues MOUNIER

## **9h00 - Commande et observation par modes glissants d'ordre supérieur d'un hélicoptère drone à 7DDL**

Adnan MARTINI<sup>1</sup>, François LEONARD<sup>1</sup>, Gabriel ABBA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire de Conception Fabrication Commande (LCFC-EA4495)- ENSAM ParisTech Metz, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz (ENIM)*

Dans cette étude, une commande par linéarisation approximative extraite d'un modèle approché d'un hélicoptère drone de type VARIO Benzin Trainer à 7DDL, est utilisé en parallèle avec un observateur à modes glissants d'ordre supérieur. L'observateur à modes glissants d'ordre supérieur travaille comme un observateur et un estimateur des perturbations externes (rafales de vent et bruits). La régulation utilisée (observateur-estimateur-contrôleur) permet l'utilisation d'un nombre réduit de capteurs. Plusieurs simulations montrent alors que l'ajout de cet observateur-contrôleur permet de compenser l'effet des forces de translation d'amplitude faible, de la résistance de l'air, de l'incertitude des paramètres du modèle de l'hélicoptère et de la rafale de vent.

## **9h20 - Commande floue robuste par modes glissants d'un système non linéaire incertain et perturbé**

Malik MANCEUR<sup>1</sup>, Najib ESSOUNBOULI<sup>1</sup>, Abdelaziz HAMZAOUI<sup>1</sup>,  
Frédéric NOLLET<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*URCA CR&STIC*

Dans ce travail, une commande floue par modes glissants d'ordre deux pour un système non linéaire incertain et perturbé est présentée. Pour contourner la contrainte sur la connaissance du modèle du système, des modèles locaux relatifs à certains points de fonctionnement ont été utilisés pour synthétiser un modèle nominal flou. Au niveau des modes glissants, deux systèmes flous adaptatifs ont été introduits pour générer les deux signaux de Super Twisting pour pallier à la fois au chattering et à la contrainte sur la connaissance des bornes supérieures des perturbations et des incertitudes. Leur mise à jour est assurée par deux lois d'adaptation déduites de l'étude de stabilité au sens de Lyapunov. Des résultats de simulation sont présentés pour illustrer l'efficacité de l'approche proposée.

## **9h40 - Commande de systèmes linéaires comprenant un actionneur dynamique saturant**

Jean-Baptiste GNING<sup>1</sup>, Fouad GIRI<sup>1</sup>, Fatima-Zahra CHAOUI<sup>2</sup>, El Ayachi CHATER<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>GREYC UMR 6072, Université de Caen Basse-Normandie  
<sup>2</sup>ENSET, Rabat

Ce travail porte sur la commande de systèmes comprenant un actionneur susceptible de saturer. Ce dernier est généralement assimilé à un élément statique de type saturation. Dans de nombreuses situations pratiques, ce modèle simplifié peut s'avérer insuffisant ce qui rend nécessaire la prise en compte de la dynamique de l'actionneur. Dans ce papier, nous proposons un modèle d'actionneur qui prend en considération à la fois son caractère dynamique et saturant. Un schéma de commande en cascade sera alors élaboré pour l'ensemble 'actionneur-procédé'. Des conditions suffisantes, portant sur les paramètres de synthèse du schéma de commande, seront établies en utilisant des outils de la stabilité entrée-sortie. Sous ces conditions, les saturations mises en jeu, aussi bien au niveau de l'actionneur que du régulateur, cessent de s'activer après un régime transitoire de durée finie, ce qui rend possible une poursuite parfaite des trajectoires de références compatibles avec la limitation imposée par l'actionneur.

## **10h00 - Commande d'un système bloc comprenant une saturation bordée par deux dynamiques linéaires**

Fouad GIRI<sup>1</sup>, El Ayachi CHATER<sup>1</sup>, Fatima-Zahra CHAOUI<sup>1</sup>, Jean-Baptiste GNING<sup>1</sup>,  
Mohamed HALOUA<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>GREYC, Université de Caen Basse-Normandie

Cette étude porte sur le problème de commande de systèmes blocs comprenant un élément statique de type saturation pris en sandwich entre deux dynamiques linéaires. Cette structure généralise les deux structures classiques impliquant un seul élément dynamique linéaire monté en série avec un élément saturation placé soit à l'entrée (représentant alors un actionneur) ou en sortie (représentant alors un capteur). Le but de la commande est la stabilisation globale asymptotique en boucle fermée et la poursuite de trajectoires de référence compatibles avec la saturation. A cet effet, nous développerons un schéma de commande composé de deux régulateurs montés en cascade. En utilisant des outils empruntés à la théorie de stabilité entrée/sortie, nous mettons en évidence des critères de choix des paramètres de synthèse afin de garantir la réalisation des objectifs de commande escomptés.

## **10h20 - Vers une commande sans modèle pour aménagements hydroélectriques en cascade**

Cédric JOIN<sup>1</sup>, Gérard ROBERT<sup>2</sup>, Michel FLIESS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*INRIA-ALIEN & Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

<sup>2</sup>*EDF, Centre d'Ingénierie Hydraulique*

<sup>3</sup>*INRIA-ALIEN & LIX (UMR CNRS 7161), École polytechnique*

On aborde la régulation du niveau d'eau dans un aménagement hydraulique, soumis à de fortes contraintes, par la commande sans modèle. Les nombreuses simulations numériques fournissent d'excellents résultats, obtenus grâce à des algorithmes robustes et simples.

## **10h40 - Commande non linéaire des convertisseurs dc-dc basée sur une approche de modélisation floue de type T-S**

Said EL BEID<sup>1</sup>, Said DOUBABI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire Systèmes Electriques et Télécommunication, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cady Ayyad Marrakech*

Dans ce papier on développe une commande non linéaire des Convertisseurs d'énergie DC-DC en utilisant une Approche de Modélisation Floue de type T-S. Ces systèmes présentent un comportement non linéaire intrinsèque, étant donné qu'ils fonctionnent en mode de commutation. Premièrement on propose une méthodologie pour élaborer le Modèle Flou Takagi-Sugeno (MFTS) pour un Convertisseur DC-DC en prenant comme variable de prémisses le rapport cyclique, le modèle proposé tient compte de la non linéarité que présente la fonction de transfert "tension de sortie - rapport cyclique" et qui est principalement due à la résistance de la bobine (ESR: Equivalent Series resistance). Deuxièmement, en se basant sur ce MFTS, un contrôleur flou non linéaire est conçu à l'aide de la technique PDC(Parallel Distributed Compensation), les gains de retour d'état pour les sous-modèles locaux sont choisis au moyen d'un Régulateur Quadratique Linéaire (LQR). Finalement les performances du contrôleur proposé sont comparées avec celles d'un PID classique. Les résultats de simulations concernant la modélisation d'un convertisseur de type Buck-Boost ainsi que la régulation de la tension de sortie vis-à-vis des variations et de la charge et de la tension de ligne au moyen du contrôleur flou proposé, montrent l'efficacité de notre approche



# Session Ve-C1 : Diagnostic

Lieu : Assise

Heure : 9h00

Présidents : Marcel STAROSWIECKI et Ali ZOLGHADRI

## 9h00 - Coopération homme-machine dans l'analyse diagnostique

Quang Huy GIAP<sup>1</sup>, Stéphane PLOIX<sup>1</sup>, Jean-Marie FLAUS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*G-SCOP, Laboratoire des Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble - UMR5272*

Dans la littérature scientifique, il est souvent supposé que les modèles peuvent être établis complètement avant l'analyse diagnostique. Pourtant, dans les problèmes de maintenance industrielle réels, la difficulté à appréhender les systèmes complexes est généralement liée à la formalisation de la connaissance. Si la connaissance du comportement de certains équipements est parfois disponible, il est rare de disposer de modèles de comportement détaillés de tous les équipements. Les étapes de modélisation et d'analyse diagnostique se succèdent souvent car les systèmes sont partiellement représentés et certaines parties sont décrites au fur et à mesure d'un processus de diagnostic. Une analyse diagnostique permettant d'appréhender ces différentes étapes avec le problème de la concomitance de différents niveaux d'abstraction liée à des modélisations partielles, seraient particulièrement adaptées à un grand nombre de besoins réels. Dans cet article, un outil de diagnostic permettant de répondre à ces besoins est présenté.

## 9h20 - Étude sur la localisation des défauts multiples - Comparaison de deux méthodes

Irwin ISSURY<sup>1</sup>, David HENRY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système, IMS UMR 5218 CNRS, Université Bordeaux I*

L'objectif des travaux présentés dans ce papier est le développement de méthodologies d'isolation de défauts multiples et simultanés à coût calculatoire réduit pour les systèmes de grande dimension. L'objectif visé est de proposer des algorithmes de diagnostic à minimum de redondance analytique en exploitant au mieux les informations de redondance matérielle éventuellement disponibles sur le système. Deux approches, basées sur la théorie des ensembles, sont particulièrement étudiées ici. L'objectif est de comparer leurs performances, pour une application donnée, sur la base d'un critère « taux de fausses décisions » et «

nombre de résidus ». La première méthode, initialement proposée dans [1], est basée sur la propriété d'ensemble MNF. Cette propriété permet d'établir des preuves sur le nombre minimal de résidus nécessaires pour remplir la tâche de diagnostic. La deuxième méthode est issue des travaux présentés dans [2]. La technique est basée sur la dépendance logique entre les signatures des défauts simples et celles des défauts multiples. Les deux techniques sont appliquées au problème de diagnostic de fuites sur un procédé hydraulique de laboratoire. Les résultats obtenus permettent de mettre en évidence leurs performances respectives.

#### **9h40 - Sur l'extension de l'approche pseudo-inverse modifiée dans les cas d'instabilité**

Bogdan D. CIUBOTARU<sup>1</sup>, Marcel STAROSWIECKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*APCC, Automatic Process Control and Computers Laboratory, Polytechnic University of Bucharest*

<sup>2</sup>*SATIE, ENS Cachan, USTL, CNRS, UniverSud*

Lorsque les défaillances déstabilisent le système, la procédure d'accommodation doit récupérer ce qui est possible en performance, tout en garantissant la stabilité. Dans ce travail, nous étendons l'approche de la pseudo-inverse, en la combinant à une procédure de stabilisation basée sur la résolution d'un problème GLQR (régulateur quadratique linéaire généralisé), et nous analysons sa relation avec l'approche classique, basée sur un problème LQR simple. Les matrices de pondération utilisées sont dérivées de la formulation du problème ROMM (Robust Optimal Model Matching).

#### **10h00 - Surveillance des processus dynamiques par automates hybrides linéaires**

Mohamed Fathi KAROUI<sup>1,2</sup>, Hassane ALLA<sup>1</sup>, Abderrazak CHATTI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Gipsa-Lab, Département d'Automatique*

<sup>2</sup>*Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie*

Dans ce papier, nous développons une méthode de surveillance des processus dynamiques basée sur les automates hybrides linéaires. Cette méthode tient compte du comportement du système ainsi que de l'évolution de ses paramètres. A cause de dysfonctionnements la dynamique du système peut varier entre plusieurs modes. La surveillance consiste à partir d'une durée globale de fonctionnement du système à garantir à tout instant que cette durée est respectée. La connaissance de l'espace atteignable réalisant cet objectif permettra de détecter au plus tôt le non respect de cette durée.

## **10h20 - Chaînes de Markov multi-phases floues pour l'évaluation de la performance imprécise des systèmes instrumentés de sécurité**

Walid MECHRI<sup>1</sup>, Christophe SIMON<sup>2</sup>, Kamel BEN OTHMAN<sup>1</sup>,  
Mohamed BENREJEB<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*LARA Tunis, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis*

<sup>2</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

Dans cet article, nous traitons du problème d'imprécision dans l'évaluation de la performance des systèmes instrumentés de sécurité à l'aide des chaînes de Markov floues multi-phases. Les probabilités élémentaires des chaînes de Markov sont remplacées par des nombres flous permettant aux experts fiabilistes d'exprimer leur incertitude dans l'énoncé des valeurs de probabilités de défaillance et autres paramètres des systèmes. Nous montrons comment l'imprécision sur la valeur d'un unique paramètre, ici le taux de couverture de diagnostic, induit des variations particulièrement significatives sur la qualification du niveau d'intégrité de sécurité d'un SIS. Nous montrons également l'intérêt pour le décideur de connaître l'imprécision sur le paramètre de performance servant à qualifier les SIS.

## **10h40 - Analyse par intervalles pour la détection de défauts de capteurs. Application à l'énergie éolienne**

Clément LETELLIER<sup>1</sup>, Houcine CHAFOUK<sup>1</sup>, Ghaleb HOBLOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*IRSEEM (Institut de Recherche en Systèmes Electroniques Embarqués)*

Afin de garantir un fonctionnement optimal des systèmes, il est primordial de s'assurer du bon fonctionnement de ceux-ci. Pour cela diverses méthodes telles que l'espace de parité ont vu le jour. Le principe consiste à tester la nullité d'équations de redondance entre différentes grandeurs connues caractérisant le système. Dans cet article, l'attention est portée sur les systèmes dont les paramètres sont incertains. En effet, dans certains cas les paramètres du système évoluent alors que la structure du modèle est inchangée. Il y a donc incohérence entre le modèle et le système physique. Cela entraîne, dans les procédures de diagnostic, des erreurs de détection de défauts. Dans notre cas, les paramètres sont compris entre intervalles ce qui permet de prendre en compte leurs évolutions. L'espace de parité dans le cas des systèmes incertains permet de générer une enveloppe servant de seuil de détection et permet de contourner les écueils des méthodes statistiques. Ainsi, il est possible de déterminer si une irrégularité du vecteur de parité est due à une incertitude ou à un défaut.



# **Session Ve-D1 : Contrôle du trafic routier et évitement d'accidents**

Lieu : Jérusalem

Heure : 9h00

Présidents : Ahmed EL HAJJAJI et Michel BASSET

## **9h00 - Observateur robuste pour l'estimation de la courbure de la route : Application à la détection de sorties de route des véhicules**

Hamid DAHMANI<sup>1</sup>, Mohammed CHADLI<sup>1</sup>, Abdelhamid RABHI<sup>1</sup>, Ahmed EL HAJJAJI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire Modélisation, Information et Systèmes, UPJV-MIS (EA4290)*

Dans cette communication, une méthode de détection de sorties de route est proposée. L'idée est d'estimer la courbure de la route et la comparer ensuite à celle de la trajectoire suivie par le véhicule. L'algorithme proposé pour calculer l'indicateur de risque intègre les corrections du conducteur en tenant compte de la dynamique du braquage. Le modèle utilisé provient de la dynamique latérale du véhicule couplé à un système de vision équipé d'une caméra frontale détectant la ligne blanche de la voie. Afin de tenir compte du comportement non linéaire du véhicule, des variations de ses paramètres et des perturbations du vent, un modèle incertain de type TS (Takagi-Sugeno) avec perturbations externes est développé. Un observateur de type TS avec rejet de perturbations est synthétisé en utilisant le formalisme LMI (Inégalités Matricielles Linéaires). Les résultats de simulation montrent la robustesse de l'observateur synthétisé et l'efficacité de la méthode proposée à détecter les sorties de route à travers deux scénarios de conduite.

## **9h20 - Commande CRONE pour la régulation d'une autoroute : sortie d'un péage routier**

Milka UZUNOVA<sup>1</sup>, Daniel JOLLY<sup>1</sup>, Emil NIKOLOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*LG12A, FSA de Béthune, Université Lille Nord de France*

<sup>2</sup>*Université Technique de Sofia, ANP, Faculté d'Automatique*

Les systèmes de flux de trafic sont des systèmes complexes. Ils appartiennent à la classe des systèmes à paramètres distribués lorsqu'on observe la répartition des véhicules sur le réseau routier. Ils appartiennent également à la classe des systèmes incertains, car nous avons une variation non-interrompue dans le temps et dans l'espace des paramètres. Généralement, ces variations sont conditionnées par des événements ou des situations perturbées. Nous pouvons donc associer ces systèmes de flux de trafic aux processus perturbés. Les perturbations peuvent

provoquer différents problèmes qualitatifs ou quantitatifs dans le fonctionnement d'un processus. Dans le domaine des flux de trafic, les perturbations entraînent le plus souvent des congestions. Comment les diminuer ou éviter reste toujours une question à résoudre. Dans le présent article, nous développons une démarche pour la commande robuste du modèle LWR. Nous avons déjà trouvé une solution au cas stationnaire qui est assimilable à un retard dépendant de la densité, de la vitesse et des paramètres du modèle LWR. L'intérêt de l'étude réside dans l'application d'une commande contenant une boucle interne de prédiction de ce retard. Afin de prendre en compte la variation des paramètres, la démarche est enrichie à l'aide d'une structure améliorée par la mise en œuvre d'algorithmes non-entiers (CRONE). Celui-ci permet d'assurer l'invariance et la robustesse de la commande. Les résultats des simulations montrent la pertinence de l'approche robuste proposée et de la structure du système de commande utilisée pour le modèle LWR et laissent entrevoir des perspectives intéressantes dans le domaine de commande du trafic.

#### **9h40 - Coordination de la limitation variable de la vitesse et du contrôle d'accès en cas de rétrécissement**

Boumediene KAMEL<sup>1</sup>, Amar BENASSER<sup>2</sup>, Daniel JOLLY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Univ Lille Nord de France*

<sup>2</sup>*UArtois, LGI2A*

Dans le cadre de la commande du flux de trafic, l'article présente une étude d'un cas particulier de réseau qui contient une rampe d'entrée et un rétrécissement en aval avec pour objectif de minimiser le Temps Total Passé (TTP) par les conducteurs dans le réseau. Le modèle Metanet est choisi pour présenter les résultats de simulation. Ce genre de réseau est étudié dans [1] où la stratégie ALINEA et son extension Proportionnel-Intégral (PI) ont été appliquées. Dans cet article, nous avons choisi d'appliquer la coordination de la limitation variable de la vitesse et du contrôle d'accès afin d'améliorer les conditions de circulation en réduisant les effets de la congestion. Une amélioration des flux a été remarquée et par conséquent une diminution du TTP a été réalisée.

## **10h00 - Evaluation opérationnelle de la régulation d'accès sur les autoroutes de l'IDF basée sur la stratégie ALINEA**

Moussa BOUKHNIFER<sup>1</sup>, Habib HAJ SALEM<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire Commande et Systèmes - Ecole Supérieure des Techniques Aéronautiques et de Construction Automobile (ESTACA)*

<sup>2</sup>*Génie des Réseaux de Transport et Informatique Avancée - Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS)*

L'objectif de cette étude est l'évaluation de l'impact de la régulation d'accès généralisée sur la partie Est du réseau autoroutier de l'Île de France (IDF) en utilisant la stratégie ALINEA (Asservissement Linéaire d'entrée sur Autoroute). Cette évaluation concerne la première tranche du déploiement de la régulation d'accès sur les autoroutes de l'IDF. Le site étudié comprend les autoroutes A86 dans les deux sens de circulation (intérieur « I » et extérieur « E »), A4 dans les deux sens (Y et W) et A6BY dans le sens province. Le nombre d'accès concerné est de 17. La première étape de cette étude a consisté à calibrer la stratégie ALINEA pour chacun des accès. Dans la seconde étape, deux échantillons de données du trafic sont constitués (avec ALINEA et Sans contrôle) afin d'évaluer l'impact sur le trafic d'ALINEA. Quel que soit l'axe considéré, les résultats obtenus indiquent un impact positif d'ALINEA sur le trafic. Comparé au cas sans contrôle, on observe une amélioration du temps passé et de la distance parcourue sur les différents axes variant respectivement entre 3% - 15% et 1%-14%.

## **10h20 - Estimation des efforts latéraux à l'aide d'un observateur pour la détection du risque de mise en portefeuille des véhicules articulés**

Mohamed BOUTELDJA<sup>1</sup>, Mohamed DJEMAI<sup>2</sup>, Véronique CERESO<sup>1</sup>,  
Mathias LIEGEOIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*CETE de Lyon, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Lyon*

<sup>2</sup>*UVHC, LAMIH, Univ Lille Nord de France*

Cet article décrit une approche d'estimation des forces de contact pneu/chaussée basée sur les modes glissants afin d'évaluer et de détecter le risque de mise en portefeuille des véhicules articulés. La détection de ce type d'accident nécessite la connaissance de l'adhérence disponible et mobilisée sur chaque roue. L'observateur proposé permet de reconstruire l'état dynamique du véhicule, puis fournit une estimation des forces verticales et latérales. Pour cela, un modèle nominal de véhicule lourd de 6ddl a été développé. Une interface de simulation a été conçue sur Matlab/Simulink. L'approche a été validée par simulation en utilisant le logiciel Prosper. En suite, l'adhérence mobilisée a été soustraite des forces estimées, mais l'adhérence disponible est mesurée expérimentalement par l'intermédiaire de système SCRIM (Sideway force Coefficient Routine Investigation Machine).

## 10h40 - Estimation du coefficient d'adhérence maximale pneumatique chaussée appliquée à la sécurité routière

Raymond GHANDOUR<sup>1</sup>, Alessandro VICTORINO<sup>1</sup>, Ali CHARARA<sup>1</sup>,  
Moustapha DOUMIATI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire HEUDIASYC, UMR 6599, Université de technologie de Compiègne

Des statistiques récentes, montrent qu'un grand nombre d'accidents de la circulation se produit à cause d'une perte de contrôle du véhicule par le conducteur, dans des situations de sortie de route. Ceci est principalement dû à une mauvaise adhérence entre les pneumatiques et la chaussée. Nombreux de ces accidents pourraient être évités, si les véhicules étaient équipés des systèmes d'aide à la conduite, basés sur la détection de la perte d'adhérence au point de contact pneu-chaussée. L'adhérence (plus précisément le coefficient d'adhérence latérale maximale) est un paramètre dans l'interaction pneu-chaussée qui dépend de plusieurs facteurs, principalement du modèle du pneu et de l'état de la chaussée (sèche, mouillée, enneigée ou glacée), et elle est étroitement liée aux efforts développées au niveau des pneus. Nous proposons dans cet article une méthodologie d'estimation du coefficient d'adhérence latérale maximale, afin de détecter de manière automatique une possible perte d'adhérence qui se traduit par un changement brusque de la nature de la chaussée. Cette méthode est basée sur une technique de minimisation quadratique itérative, qui prend en compte l'erreur entre la force latérale développée et le modèle d'interaction pneu-chaussée, donné en fonction de l'état de la chaussée. Les résultats présentés en simulation valident l'application de la méthode.

# Session Ve-E1 : Systèmes homme machine

Lieu : Calcutta

Heure : 9h00

Présidents : Simon ENJALBERT et Guy BOURHIS

## 9h00 - Amélioration de l'intégration du facteur humain dans les études d'exploitation ferroviaire

Mathieu HEMOUR<sup>1</sup>, Alexandre PHILIPPOT<sup>2</sup>, Nadhir MESSAI<sup>2</sup>, Didier CALIGNY<sup>1</sup>,  
Bernard RIERA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Regie Autonome des Transports Parisiens, LAC VP43*

<sup>2</sup>*CReSTIC, Université de Reims Champagne-Ardenne*

Cet article propose une approche pour améliorer les études de simulation théorique dans le domaine de la planification de l'exploitation des métros. Il s'agit d'une méthode permettant d'utiliser un retour d'exploitation des données enregistrées sur le terrain. Cela permet de prendre en compte les spécificités de l'exploitation des lignes de métro et d'évaluer la robustesse d'un horaire en incluant le comportement des conducteurs et des régulateurs de ligne. Car, qu'il soit aux commandes d'un train ou à la régulation d'une ligne, le principal acteur de l'exploitation d'une ligne reste l'opérateur humain. Et son comportement nécessite d'être pris en compte et donc modélisé avec précision dans les études théoriques. Nous montrons dans l'article, l'apport des données issues de l'exploitation sur un terminus aux conditions d'exploitations spécifiques.

## 9h20 - Commande par retour d'effort d'un fauteuil roulant électrique

Mohammed-Amine HADJ-ABDELKADER<sup>1,2</sup>, Guy BOURHIS<sup>1</sup>, Brahim CHERKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire d'Automatique humaine et de Sciences Comportementales LASC*

<sup>2</sup>*Laboratoire d'Automatique de Tlemcen LAT, Université de Tlemcen, Faculté des Sciences de l'ingénieur*

Le retour haptique, naturel pour des aides techniques destinées à des personnes à déficiences visuelles, n'est exploré que depuis peu pour des personnes handicapées moteurs. L'objectif de ce travail est d'en étudier les potentialités, plus particulièrement pour l'aide à la conduite de fauteuils roulants électriques. Après un état de l'art, on présente la méthodologie et l'implémentation d'une commande par retour haptique sur un prototype de fauteuil roulant intelligent. On décrira aussi les différentes approches testées pour déterminer la force de retour appropriée. Des expérimentations pratiques ont été effectuées pour valider l'intérêt de la méthode et juger l'apport du retour haptique à la conduite de fauteuil roulant électrique.

## **9h40 - Analyse du couplage main-système haptique par identification de paramètres**

Diana HERRERA<sup>1,2</sup>, Jean-Loup FLORENS<sup>1</sup>, Alina VODA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire ICA, Grenoble INP

<sup>2</sup>Gipsalab département d'Automatique, ENSIEG

L'analyse du couplage main-système haptique comme un seul système non séparable est une question importante pour le développement de dispositifs de haute qualité et leur utilisation dans des tâches dynamiques où la modalité haptique joue un rôle important. En particulier, nous nous intéressons aux gestes ou tâches périodiques ainsi qu'aux modèles d'interaction capables de les générer. Nous proposons l'équation de Van der Pol comme une première approche pour la modélisation du couplage main-système haptique. Nous analysons ce système et nous identifions ses paramètres à partir des données de position acquises lors des simulations sous MATLAB et sur la plateforme temps réel ERGOS. Dans ce document, nous présentons des résultats préliminaires. L'identification des paramètres du système couplé devrait nous permettre d'améliorer les performances des dispositifs haptiques.

## **10h00 - Évaluation en simulation de la conduite en fauteuil roulant électrique**

Yann MORERE<sup>1</sup>, Sidi Mohamed MELIANI<sup>2</sup>, Guy BOURHIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LASC, Université Paul Verlaine Metz

<sup>2</sup>Laboratoire d'Automatique, Université Aboubekr Belkaïd de Tlemcen

L'objectif général de ce travail est de concevoir une méthode d'analyse objective de la conduite en fauteuil roulant électrique à l'aide d'un simulateur. Dans nos précédents travaux [14], le modèle "CrossOver" a été utilisé pour modéliser le système pilote-véhicule. La mise en œuvre a été réalisée à l'aide d'un simulateur 2D. Il ressort de cette première étude, qu'un paramètre du modèle CrossOver permet d'associer un comportement de conduite à un type de situation. Nous avons développé au sein du laboratoire un simulateur 3D afin de rendre plus réaliste l'action de conduite. Il convient de vérifier que les résultats obtenus à l'aide du simulateur 2D sont transférables à la nouvelle plate forme de simulation 3D. Après avoir présenté le contexte des travaux, nous présenterons un rapide état de l'art des simulateurs de fauteuils roulants électriques. Ensuite le modèle CrossOver et les résultats issus du simulateur 2D seront développés. Nous introduirons enfin le nouveau simulateur 3D. Finalement, nous montrerons que, si la méthode utilisée sur le simulateur 2D est transférable sur le simulateur 3D, elle engendre des différences de comportement de conduite.

## **10h20 - Modélisation du conducteur pour le contrôle de la trajectoire d'un véhicule automobile**

Chouki SENTOUH<sup>1</sup>, Philippe CHEVREL<sup>2</sup>, Franck MARS<sup>2</sup>, Fabien CLAVEAU<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>*UVHC, LAMIH, CNRS, UMR 8530, Univ Lille Nord de France*  
<sup>2</sup>*IRCCyN, UMR CNRS 6597, Ecole Centrale de Nantes*

Le travail décrit dans ce papier propose un modèle cybernétique du conducteur pour le contrôle de la trajectoire d'un véhicule automobile, qui intègre explicitement la dynamique neuromotrice. Le modèle conducteur proposé prend en compte l'aspect visuel et retour d'effort en considérant le comportement anticipatoire et compensatoire du conducteur. Les paramètres inconnus du modèle sont identifiés en utilisant un concept d'identification "boite grise", ainsi à partir des trajectoires de véhicule simulées, le système conducteur-véhicule est analysé par rapport aux variations paramétriques. Les résultats de simulation présentés à la fin de l'article montrent bien que le modèle développé peut être paramétré pour représenter différents styles de conduite.

## **10h40 - Principes de résilience et processus d'apprentissage face à l'imprévu**

Kiswendsida Abel OUEDRAOGO<sup>1</sup>, Simon ENJALBERT<sup>1</sup>, Frédéric VANDERHAEGEN<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Univ Lille Nord de France, UVHC, LAMIH, CNRS, FRE 3304*

Dans ce papier, nous nous intéressons à l'utilisation du concept de résilience dans le cadre du processus d'apprentissage pour les Systèmes Homme-Machine (SHM). Un Etat de l'Art sur la résilience dans différents domaines scientifiques est proposé. Une définition caractérisant la résilience d'un SHM est retenue. Nous présentons ensuite les parades qu'un système peut mettre en œuvre lorsqu'il est confronté à des perturbations. Les processus d'apprentissage capables d'améliorer la résilience de ces systèmes sont détaillés. La mesure de la résilience d'un SHM est discutée et une méthode construite sur le modèle Bénéfice Coût Déficit (BCD) est envisagée afin de déterminer un indicateur de résilience pour un processus d'apprentissage appliqué à un Système Homme-Machine.



# Conférence plénière : Télédétection - au cœur des systèmes intelligents

Lieu : La Croisée

Heure : 11h15

Président de session : Francis LEPAGE

Marek ZAREMBA<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Laboratoire des Systèmes Spatiaux Intelligents, Département d'Informatique et d'Ingénierie, Université du Québec en Outaouais*

La télédétection est un domaine des sciences et des technologies qui a connu un développement fulgurant au cours des dernières années. Ce document concerne principalement les défis que posent le traitement et l'interprétation des données de télédétection pour l'intelligence artificielle (IA). On tente ainsi de répondre à des questions touchant le traitement de bas et de haut niveaux des données de télédétection comme la réduction de la dimensionnalité des données, l'hétérogénéité et la complexité des données satellite et radar, la fusion des données, ainsi que la détection des changements, en faisant appel à des méthodes, des techniques et des approches élaborées au sein de la communauté de l'intelligence artificielle. On prétend qu'une exploitation maximale des technologies de télédétection reposera sur l'élaboration détaillée de nouveaux algorithmes basés sur des approches variées, comme la vision machine, l'apprentissage des statistiques, ainsi que les architectures de réseaux neuronaux nouveaux.

## **Professeur Marek ZAREMBA**

Department of Computer Science and Engineering

Université du Québec en Outaouais

Email: [Marek.Zaremba@uqo.ca](mailto:Marek.Zaremba@uqo.ca)

Tél: (819) 595-3900 Fax: (819) 773-1638



Marek ZAREMBA est professeur en génie informatique à l'Université du Québec en Outaouais (UQO) depuis 1985, où il dirige le Laboratoire de Systèmes Spatiaux Intelligents. Il détient un doctorat en automatique et une maîtrise en mécanique de l'Ecole Polytechnique de Varsovie. Les domaines de son expertise incluent l'apprentissage automatique, la conception des systèmes adaptatifs, les applications de l'intelligence artificielle et le traitement de l'information multi-modale. Il a été un des pionniers de l'application des réseaux neuronaux en traitement d'image. Le professeur ZAREMBA a dirigé plusieurs projets de recherche et de développement financés par des organismes

subventionnaires (Conseil de Recherche en Sciences Naturelles et Génie, la Fondation Canadienne pour l'Innovation, le programme des Réseaux de Centres d'Excellence), des agences gouvernementales (telles que l'Industrie Canada ou l'Hydro Ontario) et plusieurs compagnies du secteur privé. Il a mené des travaux de recherche aux États-Unis, Canada, Japon et en Europe. Il a aussi publié environ 200 livres et articles dans des journaux et conférences arbitrés. Il a été organisateur et membre de comités de programme de plus de 50 conférences internationales. Présentement, le professeur ZAREMBA est président de l'IFAC-Canada.

## Session Ve-A2 : Commande de système - 2

Lieu : La croisée

Heure : 14h05

Présidents : Jean-Pierre BARBOT et Michel ZASADZINSKI

### 14h05 - Suppression adaptative de vibrations en utilisant un actionneur inertiel

Marouane ALMA<sup>1</sup>, Ioan Doré LANDAU<sup>1</sup>, John Jairo MARTINEZ-MOLINA<sup>1</sup>,  
Gabriel BUCHE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GIPSA-LAB, Département d'automatique

Cette communication présente une méthodologie pour la commande adaptative d'une structure de suspension active en présence de perturbations multi-sinusoidales inconnues. Une approche de commande adaptative directe basée sur le principe du modèle interne et l'utilisation de la paramétrisation Youla-Kucera est proposée. L'évaluation est alors réalisée en temps réel sur une suspension active utilisant un actionneur inertiel.

### 14h25 - Contrôle de puissance décentralisé et opportuniste d'un réseau de communication sans fil

Fabiano De Sousa CHAVES<sup>1,2</sup>, Mohamed ABBAS-TURKI<sup>1</sup>,  
Hisham ABOU-KANDIL<sup>1</sup>, Joao Marcos Travassos ROMANO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SATIE - Systèmes et Applications des Technologies de l'Information et de l'Energie UMR  
8029 – ENS-Cachan, CNRS

<sup>2</sup>DSPCom - Laboratoire de Traitement du Signal appliqué aux Communications FEEC,  
Université de Campinas

Dans ce travail, nous présentons une approche de contrôle distribué de puissance d'émission pour un réseau de communication sans fil en attribuant à chaque utilisateur une qualité de service (QoS, du terme en anglais Quality of Service) d'une façon opportuniste. Après une formulation appropriée, l'ajustement de la QoS désirée et de la puissance d'émission de chaque utilisateur est traité comme un problème de commande H2. L'efficacité de notre proposition ainsi que l'influence des paramètres-clés (pondération de la synthèse, gain du canal,...) sur le point de fonctionnement du système sont analysées. La performance de la stratégie de contrôle de puissance est évaluée à l'aide de simulations.

## **14h45 - Un logiciel de commande non linéaire échantillonné**

Valentin TANASA<sup>1</sup>, Fernando TIEFENSEE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Politehnica University of Bucarest*

<sup>2</sup>*Laboratoire des Signaux et Systèmes, CNRS-Supelec*

Il s'agit de proposer un logiciel d'aide à la conception et au calcul de lois de commande non linéaire échantillonnées. La conception repose sur une méthode de reproduction, aux instants d'échantillonnage, de dynamiques cibles continues, dites idéales, développées dans plusieurs contextes [4], [5], [6] et [8]. Les performances qualitatives et en termes de faisabilité (temps de calcul) sont illustrées pour la stabilisation d'un corps rigide.

## **15h05 - Suivi de trajectoire en position d'un servo-vérin hydraulique via la technique du Backstepping**

Lilia SIDHOM<sup>1</sup>, Xavier BRUN<sup>1</sup>, Eric BIDEAUX<sup>1</sup>, Daniel THOMASSET<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire Ampère, UMR CNRS 5005, Université de Lyon – INSA de Lyon*

Le banc d'essai considéré présente une interface entre l'actionneur et les modulateurs de puissance à piloter. Cette spécificité du système nous donne en particulier la possibilité d'implanter deux servovalves afin d'avoir une plus grande plage de fonctionnement. Cette classe particulière de système permet d'appliquer la technique du Backstepping pour synthétiser une commande performante, dans le cadre de suivi de trajectoire en position. L'objectif de ce travail est d'effectuer une étude comparative entre la commande non-linéaire synthétisée et un contrôleur linéaire par retour d'état. L'étude expérimentale sur le servo-actionneur électrohydraulique montre l'efficacité du schéma de commande proposé par rapport aux techniques classiques.

## **15h25 - Nouvelles approches de synthèse H2 par retour de sortie statique pour une classe de systèmes non linéaires**

Neila BEDIQUI<sup>1</sup>, Salah SALHI<sup>1</sup>, Mekki KSOURI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire d'analyse et de commande de systèmes LACS, Ecole nationale d'ingénieurs de Tunis ENIT*

On traite dans ce papier le problème de synthèse d'un contrôleur robuste 2 H par retour de sortie statique pour une classe particulière de systèmes non linéaires. Il s'agit de systèmes linéaires auquel on ajoute une certaine fonction non linéaire satisfaisant une certaine contrainte quadratique. Dans ce cadre, on présente, une nouvelle condition suffisante décrite par un problème d'optimisation convexe formulée en termes de LMI. Cette approche permet d'assurer à la fois la stabilité du système, de maximiser les limites de la non linéarité que peut tolérer un tel système sans perte de stabilité et d'atténuer l'effet des perturbations exogènes.

## **Session Ve-B2 : Vers le contrôle global du châssis (I)**

Lieu : Rome

Heure : 14h05

Présidents : Xavier MOREAU et Michel BASSET

### **14h05 - Analyse fréquentielle en dynamique non linéaire du véhicule par la méthode d'équilibrage harmonique**

Boualem BADJ<sup>1,2</sup>, Eric FENAUX<sup>1</sup>, Mohammed EL BAGDOURI<sup>2</sup>,  
Abdellatif MIRAOU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Service de la synthèse dynamique route, PSA Peugeot Citroën automobiles, Centre technique de Belchamp*

<sup>2</sup>*Laboratoire de systèmes et transports SET, Université de technologie de Belfort Montbéliard UTBM*

<sup>3</sup>*Laboratoire de piles à combustible FC Lab, Université de technologie de Belfort Montbéliard UTBM*

La méthode d'équilibrage harmonique a été utilisée pour étudier analytiquement un modèle non linéaire de la dynamique de véhicule dans le but de mettre un lien entre les grandeurs physiques du véhicule et les caractéristiques dynamiques de ces réponses. Le modèle utilisé de dynamique de véhicule a été obtenu en considérant une formulation polynomiale de l'expression des efforts des pneumatiques en fonction des dérivées aux roues. Ce modèle permet de représenter deux grandeurs d'attitude qui sont : la dérive au centre de gravité et la vitesse de lacet. L'originalité de l'étude réside dans le domaine d'application et a permis l'extraction des expressions des fonctions réponses fréquentielles du premier ordre et de quantifier analytiquement l'impact des non linéarités du modèle sur les distorsions harmoniques et les paramètres modaux de la réponse du véhicule.

### **14h25 - Commande sans modèle de la vitesse longitudinale d'un véhicule électrique**

Brigitte D'ANDREA-NOVEL<sup>1</sup>, Clément BOUSSARD<sup>2</sup>, Michel FLIESS<sup>3</sup>,  
Oussama EL HAMZAOU<sup>1</sup>, Hugues MOUNIER<sup>4</sup>, Bruno STEUX<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centre de robotique - Mines ParisTech*

<sup>2</sup>*INRIA - Projet IMARA*

<sup>3</sup>*INRIA - Equipe-projet ALIEN & LIX - CNRS UMR7161*

<sup>4</sup>*Institut d'Electronique Fondamentale - CNRS UMR8622*

On présente pour le contrôle longitudinal d'un véhicule électrique une stratégie de "commande sans modèle", illustrée par des résultats expérimentaux satisfaisants. La commande réelle envoyée au moteur est un coefficient multiplicatif du niveau

de tension maximale de la batterie. L'écriture des dynamiques du moteur et du châssis met en évidence des paramètres mal connus et des dynamiques négligées. La commande proposée, qui utilise une estimation de la dérivée de la vitesse, basée sur des techniques algébriques nouvelles permet d'ignorer ces incertitudes de paramètres et de modèle, sans avoir à les identifier.

#### **14h45 - Modélisation et commande LPV d'un amortisseur magnéto-rhéologique**

Anh-Lam DO<sup>1</sup>, Jorge de Jesus LOZOYA-SANTOS<sup>2</sup>, Luc DUGARD<sup>1</sup>,  
Olivier SENAME<sup>1</sup>, Ricardo Ambrocio RAMIREZ-MENDOZA<sup>2</sup>,  
Ruben MORALES-MENENDEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GIPSA-lab, Département Automatique, CNRS-Grenoble INP

<sup>2</sup>Tecnologico de Monterrey, Campus Monterrey, Mexico

Cet article concerne l'étude d'un amortisseur semi-actif de type Magnéto-Rhéologique. Tout d'abord un modèle de type quart-de-véhicule est représenté comme un système Linéaire à Paramètres Variants, afin de prendre en compte le comportement non linéaire de l'amortisseur. Ce modèle est validé à partir de données expérimentales obtenues au Tecnologico de Monterrey (Mexique) dans le cadre d'un projet PCP Mexique-France. Dans un second temps, une commande de type H2/LPV est synthétisée pour le modèle LPV quart-de-véhicule obtenu afin d'améliorer la tenue de route tout en préservant un bon confort pour les passagers. Des résultats de simulation montrent l'intérêt de la méthode proposée en comparaison avec d'autres types d'approches.

#### **15h05 - De la suspension CRONE hydractive à la suspension CRONE électrique**

Audrey RIZZO<sup>1,2</sup>, Xavier MOREAU<sup>1</sup>, Vincent HERNETTE<sup>2</sup>, Alain OUSTALOUP<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IMS, UMR 5218 CNRS, Université Bordeaux I - ENSEIRB

<sup>2</sup>PSA Peugeot Citroen – DRIA, Centre Technique de Vélizy A

L'objectif de cet article est d'adapter la stratégie CRONE développée dans le cadre d'une suspension hydractive à une suspension active électrique. Cette stratégie permet, non seulement de gérer la tenue de caisse et la tenue de roue sur sollicitation route, mais également d'offrir des perspectives plus larges que la suspension CRONE hydractive grâce au changement de technologie utilisée. En effet, l'application de cette stratégie est rendue possible par l'apparition du système Active Wheel développé par Michelin et potentiellement industrialisable. Ce nouveau système très compact ouvre des perspectives importantes en matière de contrôle global châssis dans la mesure où il est composé, non seulement d'un moteur-roue, mais aussi d'une suspension active électrique.

## **15h25 - Estimation des forces d'impact des véhicules poids lourds par différentiateurs exacts et modèle inverse**

Omar KHEMOUDJ<sup>1</sup>, Hocine IMINE<sup>1</sup>, Mohamed DJEMAI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Université Paris-Est, LEPSIS, UMR INRETS-LCPC*

<sup>2</sup>*LAMIH, Univ Lille Nord de France, UVHC, CNRS FRE 3304*

Dans cet article, une méthode d'estimation des forces d'impact dynamiques de poids lourds est présentée. Un modèle couplé est développé : d'une part un modèle de dynamique du châssis dans le plan de lacet et un modèle de dynamique de l'essieu dans le plan de roulis. Dans la méthode proposée, les capteurs déjà présents dans le véhicule (capteurs de l'ABS et de l'ESP) auxquels seront ajoutés des capteurs à moindre coût. En vue d'optimiser la configuration des capteurs, on introduit un différentiateur robuste exact afin d'estimer les accélérations à partir des vitesses mesurées. Le modèle est ensuite inversé pour reconstituer les forces inconnues. L'approche est validée à l'aide du simulateur de dynamique véhicule PROSPER.



# Session Ve-D2 : Analyse de données et diagnostic

Lieu : Jérusalem

Heure : 14h05

Présidents : Abdel AÏTOUCHE et Abdessamad KOBİ

## 14h05 - Approches neuronale et neuro-floue pour le diagnostic : application au DAMADICS

Yahia KOURD<sup>1</sup>, Nouredine GUERSI<sup>2</sup>, Dimitri LEFEBVRE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Department of Control Engineering, Faculty of science and engineer, Mohamed Khider Biskra University,*

<sup>2</sup>*Dep. Of Electronic, University of Badji Mokhtar*

<sup>3</sup>*GREAH – University of Havre*

Dans ce travail on s'intéresse aux méthodes à base de modèles neuronaux pour le diagnostic des systèmes. Les réseaux de neurones sont utilisés pour générer des résidus pour la détection et l'identification des défauts. Ces techniques ont été appliquées au diagnostic de défauts d'un actionneur électropneumatique dont les mesures réelles proviennent de l'usine de sucre de Lublin en Pologne. Les résultats en modélisation et classification des défauts sont discutés.

## 14h25 - Détection de défauts à l'aide d'une analyse en composantes principales robuste

Mohamed Faouzi HARKAT<sup>1</sup>, Gilles MOUROT<sup>2</sup>, José RAGOT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Département d'Electronique, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Université Badji Mokhtar - Annaba.*

<sup>2</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est un outil statistique largement utilisée pour l'analyse de données collectées sur des systèmes en cours de fonctionnement afin de surveiller leur comportement. Cependant, d'un point de vue statistique, l'un des inconvénients majeurs de l'approche ACP résulte de son utilisation de techniques d'estimation par moindres carrées, techniques qui échouent à prendre en compte les biais de mesures accidentels ce qui est malheureusement assez fréquent sur le plan pratique. Cette communication présente : 1) la formulation d'une estimation robuste (vis-à-vis des valeurs aberrantes) de l'état d'un système basée sur l'analyse en composantes principales, 2) une procédure de détection et de localisation de défauts de mesures. La méthode proposée ne nécessite pas d'étude préliminaire relative à la détection et au rejet de valeurs aberrantes ou de grosses erreurs dans les données utilisées pour

la conception du modèle ACP. Elle présente l'intérêt d'utiliser directement les données brutes, éventuellement entachées de grosses erreurs, et le modèle ACP est construit à partir de ces données sans être préalable, cette construction étant robuste vis-à-vis de la présence de grosses erreurs. Le modèle ACP obtenu étant sain, c'est-à-dire non contaminée par les valeurs aberrantes, son utilisation pour le diagnostic (détection et localisation de défauts de mesure) est alors efficace.

#### **14h45 - Nouvelle méthode de détermination d'un modèle ACP à des fins de diagnostic**

Anissa BENAICHA<sup>1</sup>, Gilles MOUROT<sup>2</sup>, Mohamed GUERFEL<sup>3</sup>,  
Kamel BENOETHMAN<sup>3</sup>, José RAGOT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ATSI – ENIM

<sup>2</sup>Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS

<sup>3</sup>LARA Automatique – ENIT

Dans ce papier, une nouvelle méthode de détermination de la structure d'un modèle ACP pour des fins de diagnostic de système est proposée. Cette méthode basée sur le principe de reconstruction de variables détermine les modèles ACP optimisant la détection et la localisation de défauts multiples affectant les différentes variables d'un système. Cette nouvelle méthode a été validée par un exemple de simulation d'un système non-linéaire.

#### **15h05 - Nouvelles composantes informatives pour le diagnostic de fautes des procédés industriels par classification supervisée**

Sylvain VERRON<sup>1</sup>, Teodor TIPLICA<sup>1</sup>, Abdessamad KOBİ<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>LASQUO/ISTIA

Cet article présente une méthode pour le diagnostic des procédés industriels. Nous sommes intéressés par le diagnostic de fautes perçues comme une classification supervisée. L'intérêt de la méthode proposée est de prendre en compte de nouvelles composantes (et donc de nouvelles informations) dans le classifieur. Ces nouvelles composantes sont des probabilités extraites d'un réseau Bayésien comparant les données de fautes aux données normales de fonctionnement. Les performances de cette méthode sont évaluées sur les données d'un problème benchmark : le Tennessee Eastman Process. Trois types de fautes sont prises en comptes sur ce procédé complexe. Nous montrons sur cet exemple que l'addition de ces nouvelles composantes permet de faire décroître le taux de mauvaises classifications.

## **15h25 - Sélection dynamique des classifieurs pour l'amélioration du taux de classification dans les zones d'ambiguïté**

Omar AYAD<sup>1</sup>, Moamar SAYED-MOUCHAWEH<sup>1</sup>, Patrice BILLAUDEL<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Université de Reims Champagne-Ardenne (URCA), CReSTIC*

Dans ce papier, nous proposons un système de sélection dynamique des classifieurs pour améliorer le taux de classification dans les zones d'ambiguïté. Ce système combine les méthodes de classification Fuzzy Pattern Matching Semi Supervisée (FPMSS) et Séparateurs à Vaste Marge (SVM). Ce choix est justifié par le fait que FPMSS est une méthode semi supervisée, incrémentale et dynamique ce qui permet de détecter en ligne les nouvelles classes, d'apprendre et ensuite d'adapter leur fonctions de décision. Cependant, FPMSS n'est pas adaptée aux problèmes nécessitant une séparation non linéaire entre les classes. SVM est une méthode performante et adaptée pour la séparation non linéaire. La sélection d'une de ces méthodes est dynamique et elle dépend de la complexité de la classification d'un nouveau point. Cette complexité est représentée par l'existence du nouveau point dans une zone d'ambiguïté. Ainsi, cette combinaison permet d'obtenir un classifieur dynamique non linéaire et semi-supervisé.



# Session Ve-E2 : Analyse des systèmes

Lieu : Calcutta

Heure : 14h05

Présidents : Driss BOUTAT et Mohamed DAROUACH

## 14h05 - Quelques formes normales non linéaires plates

Soraya BOUOUDEN<sup>1</sup>, Driss BOUTAT<sup>1</sup>, Frédéric KRATZ<sup>1</sup>, Jean-Pierre BARBOT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*ENSI-Bourges, Institut Prisme*

<sup>2</sup>*ECS ENSEA et EPI ALIEN, INRIA*

Cet article propose quelques formes "normales" non linéaires plates. L'idée est de trouver les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'un système soit équivalent par difféomorphisme à un système que l'on sait plat. Ainsi nous obtenons des conditions suffisantes qui permettent de conclure si un système non linéaire est plat.

## 14h25 - Analyse Robuste des Systèmes Dynamiques Non Linéaires : Combinaison des Théories de la Variété Centrale et du Chaos Polynomial

Lyes NECHAK<sup>1</sup>, Sébastien BERGER<sup>1</sup>, Evelyne AUBRY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratoire de Modélisation Intelligence Processus Système (MIPS) EA 2332*

On propose dans ce papier une nouvelle méthodologie pour analyser le comportement dynamique des systèmes non linéaires incertains. Elle consiste en la combinaison de la méthode de la variété centrale avec celle du chaos polynomial. La première est connue pour être un outil puissant pour la réduction des modèles des systèmes dynamiques non linéaires au voisinage du point de bifurcation de Hopf tandis que la seconde constitue un outil efficace pour la propagation de l'incertitude. Ainsi, le couplage des deux méthodes peut être exploité pour surmonter les difficultés occasionnées par la complexité des systèmes dynamiques non linéaires et le coût de la propagation d'incertitude laquelle est souvent réalisée par la méthode prohibitive de Monte Carlo. La praticabilité et l'efficacité de la méthodologie proposée sont étudiées et testées sur un modèle à deux degrés de liberté représentant un système de freinage à tambour, sujet à un état initial incertain.

## 14h45 - Systèmes non-linéaires sur-échantillonnés

Sébastien HENAFF<sup>1</sup>, Ina TARALOVA<sup>1</sup>, Claude MOOG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes — IRCCyN, UMR 6597 — CNRS*

Après un état de l'art sur la synchronisation des systèmes chaotiques, nous définissons une nouvelle classe de systèmes : les systèmes sous-échantillonnés. À notre connaissance, aucune synthèse d'observateurs n'a été mise en œuvre pour cette classe de systèmes. Le problème non-standard des systèmes sous-échantillonnés a été reformulé sous forme standard d'espace d'états, ce qui a permis d'énoncer ensuite de nouveaux résultats d'observabilité pour cette nouvelle classe de systèmes. Le système de Lozi est choisi comme exemple d'application pour les différents cas de sous-échantillonnage : sous-échantillonnage régulier et connu, quelconque et connu, quelconque et inconnu et chaotique. Les résultats sur l'observabilité et la synthèse d'observateurs avec différents types d'échantillonnage ont montré les limites d'applicabilité de la théorie standard pour cette nouvelle classe de systèmes.

## 15h05 - Un critère simple de stabilité polynomiale

Christophe FONTE<sup>1</sup>, Cédric DELATTRE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR 7039, Nancy-Université, CNRS*

Dans cet article, nous montrons que l'étude du signe d'un Wronskien polynomial permet de déterminer la stabilité d'un polynôme réel quelconque. La preuve utilise la propriété d'entrelacement des polynômes Hurwitz ainsi que le théorème de Hermite-Biehler. Ce test est appliqué au problème de la stabilité de polynômes incertains.

## 15h25 - Quelques observations sur la linéarisation de l'erreur de l'observation multi-sorties

Driss BOUTAT<sup>1</sup>, Krishna BUSAWON<sup>2</sup>, Jean-Claude GUILLOT<sup>3</sup>,  
Abderraouf BENALI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*ENSI de Bourges, Institut PRISME*

<sup>2</sup>*Northumbria University, School of Engineering and Information Sciences*

<sup>3</sup>*Faculté des sciences, Université d'Orléans*

Ce papier donne quelques commentaires ainsi que quelques idées sur les conditions géométriques qui permettent de dire si un système non linéaire multi sorties possède, à un changement de coordonnées près, une erreur d'observation linéaire. Plus précisément, on va concentrer notre point de vue sur les travaux de Krener et Respondek d'une part et ceux de Xia et Gao d'autre part. Nous allons commenter le soit disant contre exemple de Xia et Gao.

# Index des auteurs

<b>A</b>		
Abba Gabriel .....	124, 125	
Abbas-Turki Mohamed.....	143	
Abdelkrim Mohamed Naceur .....	15	
Abi Zeid Daou Roy .....	25, 100	
Abou-Kandil Hisham .....	143	
Abraham Denis .....	56	
Achour Walid.....	103	
Addad Boussad.....	33	
Adouane Lounis .....	52	
Afilal Lissan .....	48	
Aggoune Woihida.....	29	
Ahmad Irfan.....	69	
Ahmed-Ali Tarek .....	43	
Aitouche Abdel.....	41	
Alazard Daniel.....	72	
Al-Barakeh Zaher .....	52	
Alla Hassane .....	130	
Alma Marouane.....	143	
Amari Saïd .....	33	
Andoulsi Ridha.....	44	
Anstett Collin Floriane.....	23	
Antoni Jérôme.....	119	
Aoustin Yannick .....	51	
Artus Samuel.....	39	
Astorga-Zaragoza Carlos-M.....	28	
Aubry Evelyne .....	153	
Aubry Jean-François .....	33	
Ayad Omar .....	151	
Azib Toufik .....	86	
<b>B</b>		
Bachalany Yara.....	91	
Badji Boualem.....	145	
Bahloul Mohamed .....	97	
Bako Laurent.....	22	
Balmat Jean-François .....	20	
Bara Gabriela Iuliana .....	69	
Barbot Jean-Pierre ...	15, 16, 75, 112, 153	
Barloy Yann.....	57	
Basset Michel.....	23	
Battaglia Jean-Luc .....	107	
Baysse Arnaud.....	123	
Bedioui Neila.....	144	
Bel Hadj Ali Naoui Saloua.....	51	
Belkhiat Djamel Eddine Chouaib ..	75	
Belkoura Lotfi.....	93	
Belmehdi Ali .....	47	
Beltran Brice .....	43	
Ben Attia Selma .....	73	
Ben Hamouda Kamel.....	44	
Ben Hmida Fayçal .....	77, 79	
Ben Mabrouk Walid .....	95	
Ben Njima Chakib .....	95	
Ben Othman Kamel .....	131	
Ben Slimen Bilel.....	23	
Benaïcha Anissa .....	150	
Benaïcha Fehd.....	99	
Benali Abderraouf .....	154	
Benasser Amar .....	134	
Benbouzid Mohamed.....	43	
Bencherif Karim .....	99	
Benhadj-Braïek Naceur.....	78	
Benine-Neto André .....	71	
Bennani Samir .....	70	
Benothman Kamel .....	150	
Benrejeb Mohamed .....	67, 131	
Benzerrouk Ahmed.....	52	
Benzineb Omar.....	43	
Bérenguer Christophe.....	39	
Berger Sébastien .....	153	
Bernal Miguel.....	96	
Bernussou Jacques .....	73	
Besançon Gildas.....	69	
Bestaoui Yasmina.....	104	
Bethoux Olivier .....	86	
Bettayeb Maamar .....	122	
Bideaux Eric.....	144	
Billaudel Patrice .....	151	
Bily Damien.....	114	
Bistorin Olivier.....	68	
Blanvillain Sylvain .....	69	
Bodson Marc.....	15	
Bogdan Ioana-Corina.....	124	
Boimond Jean-Louis .....	31	
Boisliveau Robert.....	16	

Bombardier Vincent .....	101	Chaves Fabiano De Sousa.....	143
Bonnet Stéphane .....	103	Chen Jie.....	81
Bosche Jérôme .....	24	Cheong Joono .....	60
Bouattour Maha .....	78	Cherfi Zohra.....	64
Boucher Patrick.....	60	Cherki Brahim .....	137
Boujmil Mohamed Habib.....	45	Cherrier Estelle .....	62
Boukharouba Khaled .....	22	Chevrel Philippe.....	23, 139
Boukhnifer Moussa .....	135	Chikh Lotfi.....	59
Boulaabi Iskander .....	79	Chomette Baptiste .....	120
Bououden Soraya .....	153	Chouaba Seif Eddine.....	21
Bourdais Romain .....	60, 74	Ciubotaru Bogdan D. ....	130
Bourgeot Jean-Matthieu.....	87	Claveau Fabien.....	139
Bourhis Guy .....	137, 138	Cocquempot Vincent .....	39
Boussard Clément .....	145	Coppier Hervé.....	116
Boutaib Dahhou .....	47	Couenne Françoise .....	29
Boutat Driss.....	153, 154	Courcot Dominique .....	19
Boutat-Baddas Latifa .....	61	Cregut Samuel.....	63
Boutayeb Mohamed.....	111	<b>D</b>	
Bouteldja Mohamed .....	135	Daafouz Jamal.....	73, 88
Bouvard Keomany .....	39	Dahmani Hamid.....	133
Bouzrara Kais.....	117	Dambrine Michel.....	53
Brahmi El Hassane .....	64	D'Andréa-Novel Brigitte .....	145
Brinzei Nicolae .....	33	Darouach Mohamed .....	61, 62, 108
Brouri Adil.....	92	David Michael .....	83
Brun Xavier .....	144	De Hillerin Safta.....	70
Buche Gabriel .....	143	De Miras Jérôme .....	103
Buisson Jean.....	60	Defay François.....	86
Busawon Krishna .....	40, 154	Defoort Michael.....	75
<b>C</b>		Degré Yvon .....	68
Cablé Baptiste.....	57	Delattre Cédric.....	154
Caligny Didier.....	137	Delesalle Patrice.....	116
Caron Régis .....	33	Delmaire Gilles .....	19
Carrillo Francisco J. ....	123	Delmotte François.....	40
Cerezo Véronique .....	135	Delrot Sabrina.....	40
Chaabane Mohamed .....	78, 97	Denis-Vidal Lilianne .....	64
Chaabene Maher .....	95	Dhahri Slim .....	79
Chadli Mohammed.....	78, 116, 133	Di Sotto Emanuele.....	70
Chafouk Houcine .....	131	Diagne Mamadou .....	27
Chaillet Antoine.....	57	Dicheva Svetlana.....	104
Champenois Gérard.....	18	Dimon Catalin .....	49
Chamroo Afzal .....	21	Diouri Idriss.....	101
Changey Sébastien.....	111	Divoux Thierry.....	82
Chaoui Fatima-Zahra .....	27, 92, 126	Djamah Tounsia.....	122
Charara Ali .....	64, 136	Djemai Mohamed....	40, 75, 135, 147
Chater El Ayachi .....	126	Djennoune Saïd.....	75, 122
Chatti Abderrazak .....	130	Do Anh-Lam.....	146

Dos Santos Valérie .....	27	Fromion Vincent.....	70
Doubabi Said.....	127	<b>G</b>	
Douik Ali.....	117	Gabarrou Marion.....	72
Doumiati Moustapha .....	136	Ganet Martine .....	70
Dufaut Michel .....	56	Garcia Germain .....	95
Dufour Pascal.....	59	Garna Tarek.....	117
Dugard Luc.....	17, 85, 146	Garnier Hugues .....	21
Dumur Didier.....	60, 63, 70	Garrec Philippe .....	52
Duplaix Jean .....	20	Garus Alexandre.....	70
Duviella Eric .....	22	Gassara Hamdi.....	95
<b>E</b>		Gautier Maxime .....	52, 119
El Bagdouri Mohammed .....	145	Gehan Olivier .....	66
El Beid Said.....	127	Gellot Francois.....	32
El Fadil Hassan.....	85	Gentil Sylviane .....	83
El Hajjaji Ahmed..	24, 78, 95, 97, 133	Georges Jean-Philippe .....	82, 101
El Hamzaoui Oussama .....	145	Ghabi Jalel.....	117
El Harabi Rafika .....	51	Ghandour Raymond .....	136
El Maguiri Ouadia .....	85	Ghanes Malek.....	15, 16, 75, 85
El Moudni Abdellah .....	67	Giap Quang Huy .....	129
Elamraoui Adnen .....	67	Gilson Marion.....	21
Elfadili Abderrahim .....	17	Giri Fouad .....	17, 27, 85, 92, 126
Elmagri Abdelmounime.....	17	Glaser Sébastien .....	24
Enjalbert Simon.....	139	Glumineau Alain .....	16
Essounbouli Najib .....	125	Gning Jean-Baptiste .....	27, 126
Ezzat Marwa .....	16	Godoy Emmanuel.....	63, 87
Ezzine Montassar .....	62	Gossa Moncef.....	77, 79
<b>F</b>		Goupil Philippe.....	105
Fadel Maurice .....	86	Gouyon David .....	32
Farges Christophe .....	108	Gouzé Jean-Luc .....	66
Farza Mondher.....	61, 62	Grandvallet Bertrand.....	111
Feissel Pierre .....	119	Grégoire Caroline .....	21
Fenaux Eric.....	145	Gucik-Derigny David.....	39
Fiorelli David .....	99	Guechi El-Hadi.....	53
Fiter Christophe .....	43	Guéguen Hervé .....	74
Flaus Jean-Marie .....	129	Guelton Kevin .....	96
Fliess Michel .....	112, 127, 145	Guenounou Ouahib .....	47
Flila Saida .....	59	Guerfel Mohamed.....	150
Floquet Thierry.....	43	Guerra Thierry-Marie .....	96
Florens Jean-Loup .....	138	Guersi Noureddine.....	149
Fonte Christophe .....	154	Guglielmi Michel .....	92
Formal'skii Alexander.....	51	Guillet Jérôme.....	65
Fourati Hassen.....	48	Guillot Jean-Claude .....	154
Fourty Nicolas .....	81	Guy Jean-Emmanuel .....	23
Franci Alessio.....	57	<b>H</b>	
Francis Clovis.....	25, 100	Habbadi Abdallah .....	123
Frikel Miloud.....	28		

Hadj-Abdelkader Mohammed-Amine .....	137
Haj Salem Habib .....	135
Halalchi Housseem .....	69
Haloua Mohamed.....	126
Hamdi Habib .....	78
Hamel Jean-François.....	70
Hamiche Hamid .....	75
Hammadi Slim.....	67
Hammouri Hassan .....	59
Hamon Pauline .....	52
Hamroun Boussad .....	29
Hamzaoui Abdelaziz .....	125
Handrich Yves.....	48
Harkat Mohamed Faouzi.....	149
Harkort Christian .....	113
Hay Bruno .....	107
Hemour Mathieu .....	137
Hénaff Sébastien .....	154
Henry David .....	129
Hernette Vincent .....	146
Herrera Diana.....	138
Hilaret Mickaël.....	86
Hippe Peter .....	113
Hleis Dany.....	19
Hoblos Ghaleb .....	131
Honeine Paul.....	81
Hubert Jacques.....	56
Hui Peng .....	29

## I

Ibn Taarit Kaouther .....	93
Ighobriouen Saïd.....	115
Imine Hocine .....	147
Issury Irwin .....	129
Iung Claude.....	73

## J

Jaadari Abdelhafidh .....	96
Jaafar Ali .....	87
Jabbour Ziad .....	18
Jabri Dalel .....	96
Jacquin Hubert.....	116
Janot Alexandre .....	119
Jaulin Luc.....	100
Join Cédric .....	112, 127
Jolly Daniel.....	133, 134
Jungers Marc .....	73

## K

Kaddouci Ayda.....	67
Kamel Boumediene .....	134
Karoui Mohamed Fathi .....	130
Khadir Mohamed Tarek .....	48
Khalfa Mohamed-Abdellatif .....	44
Khedairia Soufiane .....	48
Khelassi Ahmed.....	40
Khemane Firas .....	121
Khémiri Karim .....	77
Khemoudj Omar.....	147
Kiebre Rimyalegdo .....	23
Kobi Abdessamad.....	150
Koessler Laurent.....	55
Komenda Jan.....	31
Kone Cheick-Tidjane .....	83
Kourid Yahia .....	149
Kratz Frédéric .....	153
Kron Aymeric .....	70
Ksouri Mekki .....	44, 73, 93, 144
Kubler Sylvain.....	82

## L

Laamiri Imen .....	118
Lafont Frédéric.....	20
Lahaye Sébastien .....	31
Lalouette Jérôme.....	33
Landau Ioan Doré.....	143
Lantéri Henri .....	81
Lanusse Patrick .....	108
Laroche Edouard .....	69
Lauber Jimmy .....	53
Laurain Vincent.....	21
Le Gorrec Yann .....	29
Le Hoang Bao.....	115
Le Vu.....	16
Lechner Daniel.....	64
Leclercq Edouard.....	31
Lecoeuche Stéphane.....	22
Lefebvre Dimitri.....	31, 149
Lefebvre Marie-Anne .....	74
Lefèvre Laurent.....	29
Lefranc Pierre .....	87
Lenoir Yves .....	104
Léonard François.....	125
Lepage Francis .....	83
Lesage Jean-Jacques.....	33

Letellier Clément .....	131
Liegeois Mathias .....	135
Lin-Shi Xuefang .....	85, 87
Llor Ana.....	86
Lombardi Warody.....	60
Loriette Sophie.....	57
Louis Dorr Valérie .....	55
Lovera Marco .....	19
Lozoya-Santos Jorge de Jesus ..	146
Luca Anamaria.....	60, 70
Lusetti Benoît .....	24

## **M**

Maachou Asma .....	107
Maamri Nezha.....	107
Mahout Vincent .....	114
Maillard Louis .....	55
Malasse Olaf .....	33
Malti Rachid .....	107, 121, 123
Mammar Saïd.....	24, 71
Manamanni Noureddine....	48, 75, 96
Manceur Malik.....	125
Manier Marie-Ange .....	67
Mansouri Mejda .....	61
Mansouri Mohamed Nejib .....	45
Maquin Didier .....	77
Marange Pascale .....	32
Marie Pierre-Yves .....	55
Mars Franck .....	139
Marsilia Marco.....	63
Martinet Philippe .....	52
Martinez-Molina John Jairo.....	143
Martini Adnan .....	125
Marx Benoît.....	47, 77, 105
Marzat Julien.....	111
Mboup Mamadou .....	91
Mechmeche Chokri .....	78
Mechraoui Amine .....	83
Mechri Walid .....	131
Meizel Dominique .....	63
Melchior Pierre.....	55, 107
Meliani Sidi Mohamed.....	138
Melin Julie .....	73
Mendes Eduardo.....	29, 115
Menhour Lghani .....	64
Mercère Guillaume.....	21
Mermoz Jean-Luc .....	121

Messai Nadhir.....	75, 137
Messaoud Hassani ..	61, 62, 95, 117, 118
M'Hiri Radhi .....	44
Michelin Micaël .....	59
Millerioux Gilles.....	65
Mimouni Mohamed Faouzi .....	45
Minoiu-Enache Nicoleta.....	24
Miraoui Abdellatif .....	145
Monteiro Thibaud.....	68
Moog Claude .....	154
Morales-Menendez Ruben .....	146
Moreau Sandrine .....	18
Moreau Xavier .....	25, 100, 121, 146
Morère Yann .....	138
Morosan Petru-Daniel.....	60
Mounier Hugues .....	145
Moureaux Jean-Marie.....	56
Mourot Gilles.....	47, 149, 150
Moze Mathieu .....	108
M'Saad Mohammed.....	28, 61, 62

## **N**

Nadri Madiha .....	65
Nagy Anca M. ....	47
Nasri Othman.....	74
Ndiaye Ibrahima.....	66
N'doye Ibrahima.....	108
Nechak Lyes .....	153
Nelson Gruel Dominique.....	108
Netto Mariana .....	71
Niculescu Silviu-Iulian.....	60
Nigro Jean-Marc .....	57
Nikolov Emil .....	133
Noll Dominikus .....	72
Nollet Frédéric .....	125
Nouri Nedia .....	56

## **O**

Olaru Sorin.....	60
Orjuela Rodolfo.....	77
Ouadi Hamid.....	17
Ouahi Mohamed .....	63
Ouedraogo Kiswendsida Abel ....	139
Ouladsine Mustapha .....	39
Ould Bouamama Belkacem .....	41
Oustaloup Alain .....	25, 55, 107, 108, 146

Outbib Rachid .....	39	Rouissi Firas .....	51
<b>P</b>		Roussel Gilles .....	19
Pasillas-Lépine William .....	57, 71	Rudolph Joachim .....	28, 43
Payraudeau Sylvain .....	21	<b>S</b>	
Pellet Mathieu .....	55	Sabatier Jocelyn .....	108
Perez Manuela .....	56	Salhi Salah .....	73, 144
Person Christophe .....	55	Sandou Guillaume .....	115
Pessel Nathalie .....	20	Santomenna Gaetano .....	16
Petin Jean-Francois .....	32	Sayed-Mouchaweh Moamar .....	151
Petit Julien .....	55	Sboui Amine .....	61
Philippot Alexandre .....	137	Scalzi Stefano .....	71
Pierrot François .....	59	Scherb Francis .....	33
Piet-Lahanier Hélène .....	103, 111	Schutz Georges .....	47, 99
Pigeon Eric .....	66	Scorletti Gérard .....	70
Pita Gil Guillermo .....	63	Sellami Anis .....	44, 79
Ploix Stéphane .....	129	Sename Olivier .....	146
Poignet Philippe .....	59	Sentouh Chouki .....	139
Poinot Thierry .....	21	Serrier Pascal .....	25
Popescu Dumitru .....	49	Sidhom Lilia .....	144
Pouliquen Mathieu .....	66	Sigalotti Mario .....	88
Pourcel Claude .....	68	Siguerdidjane Houria .....	103
<b>R</b>		Simon Christophe .....	131
Rabhi Abdelhamid .....	24, 133	Snoussi Hichem .....	81
Radhy Nour-Eddine .....	108	Solvar Sébastien .....	16
Ragot José .....	47, 77, 105, 149, 150	Sorine Michel .....	99
Raïssi Tarek .....	80	Souley Ali Harouna .....	62
Ramirez-Mendoza Ricardo		Staroswiecki Marcel .....	130
Ambrocio .....	146	Stephant Joanny .....	63
Retif Jean-Marie .....	85	Steux Bruno .....	145
Riachy Samer .....	91, 112	<b>T</b>	
Riadi Riad .....	65	Talj Reine .....	86
Richard Cédric .....	81	Talon Vincent .....	64
Richard Jean-Pierre .....	91	Tanasa Valentin .....	144
Riedinger Pierre .....	88	Taouali Okba .....	117
Riera Bernard .....	137	Taralova Ina .....	154
Riwan Alain .....	18	Targui Boubekeur .....	28
Rizzo Audrey .....	146	Tawegoum Rousseau .....	65
Robert Gérard .....	127	Tenoutit Mammam .....	107
Robert Jérémy .....	82	Theilliol Didier .....	40
Rochdi Youssef .....	92	Theys Céline .....	81
Rodrigues Mickael .....	27, 78	Thiriet Jean-Marc .....	83
Rodriguez-Ayerbe Pedro .....	70	Thiry Laurent .....	32
Romano Joao Marcos Travassos		Thomasset Daniel .....	144
.....	143	Thomassin Magalie .....	123
Rondeau Eric .....	82, 83, 101	Tiefensee Fernando .....	144
Rotella Frédéric .....	113	Tiplica Teodor .....	150

Trigeassou Jean-Claude .....	107	Woittennek Frank.....	28
Trinh Do Hieu .....	105	Wolf Didier .....	55
<b>U</b>		<b>X</b>	
Uzunova Milka .....	133	Xu Cheng-Zhong .....	65
<b>V</b>		<b>Y</b>	
Val Thierry.....	81	Yagoubi Mohamed.....	23
Van Assche Vincent.....	27	Yang Quan.....	41
Van Den Bossche Adrien.....	81	Yvars Pierre-Alain.....	68
Van Rhijn Jonathan.....	18	<b>Z</b>	
Vandanjon Pierre Olivier .....	119	Zaltni Dalila .....	15
Vanderhaegen Frédéric .....	139	Zambettakis Irène .....	113
Verron Sylvain.....	150	Zaoui Abder .....	85
Victorino Alessandro .....	136	Zasadzinski Michel .....	108
Videau Gaétan .....	80	Zemouche Ali.....	111
Vidolov Boris .....	103	Zerrougui Mohamed .....	61
Vivalda Jean Claude .....	99	Zgaya Hayfa .....	67
Voda Alina.....	69, 138	Zhang Erliang .....	119
<b>W</b>		Zhang Kun .....	65
Walter Eric.....	111	Zolghadri Ali.....	80
Weber Philippe.....	40		