

GDR - MACS

GT - MOSAR (Méthodes et Outils pour la Synthèse et l'Analyse en Robustesse)

&amp;

GT - CPNL (Commande Predictive Non Linéaire)

Réunion commune du **jeudi 21 et vendredi 22 janvier 2010***LIRMM (Salle des séminaires)*

Montpellier



## Programme de la journée du 21 janvier 2010

10h00 - 10h30 : **Accueil**10h30 - 12h00 : **Session plénière (présentation + discussion)****An overview of Quantitative Feedback Theory (QFT) - robust control with classical methods**par : Per-Olof Gutman (*TECHNION/année sabbatique au CEA*)12h00 - 13h30 : **Déjeuner**13h30 - 14h30 : **Commande par retour d'état H2/LQ avec anticipation : application au contrôle latéral d'un véhicule automobile**par : Saleh Louay, Philippe Chevrel, Jean François Lafay, Franck Mars (*IRCCYN, Nantes*)14h30 - 15h30 : **La conduite en conditions limites par contrôle sur un modèle non-linéaire du véhicule : approche affine par morceaux, robustesse prouvée**par : Mariana Netto, André Benine-Neto (*LIVIC-LCPC/INRETS, Versailles-Satory*), Stefano Scalzi (*Electronic Eng. Department, Univ. of Rome, Tor Vergata*), William Pasillas-Lepine (*SUPELEC, Gif-Sur-Yvette*), Said Mammar (*IBISC, Evry*)15h30 - 16h30 : **Polytopic methods, set invariance and predictive control for different classes of systems with variable time-delay**par : Warody Lombardi, Sorin Olaru, Silviu Niculescu (*SUPELEC, Gif-Sur-Yvette*)16h30 - 17h00 : **Some thoughts about output feedback and robustness in Model Predictive Control**par : Per-Olof Gutman (*TECHNION/année sabbatique au CEA*)

## Programme de la journée du 22 janvier 2010

08h45 - 09h00 : **Accueil**

09h00 - 10h00 : **Synthèse d'une commande mixte GPC/ $H_\infty$  pour la commande robuste en cascade position-pression des actionneurs électropneumatiques**

par : Lotfi Chikh, Philippe Poignet, François Pierrot (*LIRMM, Montpellier*), Micaël Michelin, Cédric Baradat (*Fatronic Tecnalina*)

10h00 - 11h00 : **Commande d'un stabilisateur cardiaque actionné par effet gyroscopique**

par : Julien Gagne, Olivier Piccin, Edouard Laroche, Jacques Gangloff (*LSIIT, INSA, Strabsourg*)

11h00 - 12h00 : **Modélisation LPV pour la commande d'un robot manipulateur parallèle**

par : Isabelle Queinnec (*LAAS, Toulouse*)

12h00 - 13h00 : **Déjeuner**

13h00 - 14h00 : **Commande par vision d'un endoscope flexible pour la chirurgie transminale**

par : Laurent Ott, Florent Nageotte, Philippe Zanne, Michel De Mathelin (*LSIIT, INSA, Strabsourg*)

14h00 - 15h00 : **Time-varying discrete-time linear systems with bounded rates of variation : Stability analysis and control design**

par : Pedro L.D. Peres (*University of Campinas, Brazil*)

15h00 - 16h00 : **Fault detection and reconfiguration based on robust invariant sets and predictive control**

par : Florin Stoican, Sorin Olaru (*SUPELEC, Gif Sur Yvette*)

16h00 - 16h30 : **Robust  $H_\infty$  vibration control of fluid/plate system**

par : Bogdan Robu, Denis Arzelier, Lucie Baudouin, Christophe Prieur (*LAAS, Toulouse*)

16h30 - 17h00 : **Discussion finale et cloture des journées**

## Résumés des présentations

---

Per-Olof Gutman (*TECHNION/ année sabbatique au CEA*)

### "An overview of Quantitative Feedback Theory (QFT) - robust control with classical methods"

**Abstract : (Contents)** *The robust control problem. The role of feedback. The essence of QFT. Plant uncertainty. Specifications. Horowitz-Sidi bounds in the complex plane. Design of the feedback compensator and pre-filter. A basic linear SISO example. Feasibility. Extensions. Applications. QFT in relation to other control design methods.*

---

Saleh Louay, Philippe Chevrel, Jean François Lafay, Franck Mars (*IRCCYN, Nantes*)

### "Commande par retour d'état $H_2/LQ$ avec anticipation : application au contrôle latéral d'un véhicule automobile"

**Résumé :** *Il s'agit de montrer les caractéristiques de la commande optimale avec anticipation  $H_2$  -Preview pour l'assistance au contrôle latéral d'un véhicule automobile. De nombreux travaux dédiés à tester les différentes lois de commande pour l'assistance au contrôle latéral, e.g synthèses de la commande robuste et optimale  $LQ$ ,  $LQG$ ,  $H_2$  et  $H_\infty$ , avec optimisation des contraintes. Ces synthèses ont prouvé leur efficacité pour le suivi l'axe de la voie et le rattrapage d'écarts excessifs, mais leur niveau d'anticipation reste encore faible à cause de l'absence de prédiction pour la courbure de la trajectoire à venir.*

*Récemment, une approche avec un aspect prédictif est apparue dans la littérature, il s'agit de la loi de commande avec anticipation  $H_2$  (optimal control with preview) qui concerne l'utilisation de la connaissance préalable de références pour améliorer la poursuite, ou de la perturbation pour la rejeter. L'optimalité du régulateur est assurée au sens de la norme  $H_2$  ou  $H_\infty$ . L'efficacité de cette stratégie de commande avancée réside principalement dans son capacité d'inclure la connaissance d'une trajectoire à suivre dans le futur sur un horizon fini, et dans son capacité de pallier l'effet de retard éventuel dans la boucle de commande grâce à l'information avancée.*

---

Mariana Netto, André Benine-Neto (*LIVIC-LCPC/INRETS, Versailles-Satory*), Stefano Scalzi (*Electronic Eng. Department, Univ. of Rome, Tor Vergata*), William Pasillas-Lepine (*SUPELEC, Gif-Sur-Yvette*), Said Mammam (*IBISC, Evry*)

### La conduite en conditions limites par contrôle sur un modèle non-linéaire du véhicule : approche affine par morceaux, robustesse prouvée

**Résumé :** *Ce travail 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 forte non-linéarité. La commutation se fait sur la base des angles de dérives (avant et arrière) des pneus. L'action est sur l'angle de braquage. La stratégie de contrôle proposée est fondée sur deux boucles de contrôle : la première est un retour d'état réalisé par des techniques de placement de pôle, et la deuxième utilise un contrôle PI pour assurer le suivi d'une référence en vitesse de lacet en présence de perturbations et d'incertitudes dans les paramètres. 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 performant même dans des manoeuvres très difficiles et plus performant vis-à-vis d'un contrôle sur modèle linéaire.*

---

## Résumés des présentations

---

Warody Lombardi, Sorin Olaru, Silviu Niculescu (*SUPELEC, Gif-Sur-Yvette*)

### **Polytopic methods, set invariance and predictive control for different classes of systems with variable time-delay**

**Résumé :** *The work focuses on the control of different classes of linear systems with polytopic uncertainty to model the presence of variable delay affecting the input. It is shown that the embedding problem can be casted as a polytopic containment problem and a new approach to construct a simplex enclosure is proposed. The stability of the closed-loop system is guaranteed by forcing the state trajectories to attain a robust positively invariant set. A predictive control law is applied in order to respect a constraints set.*

---

Lotfi Chikh, Philippe Poignet, François Pierrot (*LIRMM, Montpellier*), Micaël Michelin, Cédric Baradat (*Fatronik Tecnalía*)

### **Synthèse d'une commande mixte GPC/ $H_\infty$ pour la commande robuste en cascade position-pression des actionneurs électropneumatiques**

**Résumé :** *Les robots parallèles ont largement fait leurs preuves en industrie où ils sont utilisés pour de nombreuses tâches nécessitant précision et rapidité. Cependant, du fait de leur prix élevé dû en grande partie au coût des actionneurs électriques utilisés, l'emploi d'actionneurs à bas prix revêt un intérêt majeur. Ceci explique le choix des actionneurs pneumatiques qui sont beaucoup moins chers et présentent un rapport poids puissance plus élevé. Cependant, et du fait des non linéarités importantes dues à la compressibilité de l'air, la commande précise et robuste de ces actionneurs constitue le principal obstacle à leur utilisation en robotique parallèle.*

*Cette présentation traitera donc de la modélisation et de la commande des actionneurs pneumatiques. Plus particulièrement, une stratégie de commande basée sur la linéarisation entrée/sortie puis sur l'application de contrôleurs robustes sera détaillée. Deux techniques de commande ont été implémentées expérimentalement aussi bien pour la commande en pression, en force et en position : la commande prédictive Généralisée (GPC) et la commande  $H$  infinie par utilisation de LMI. Une stratégie de commande en cascade pression/position combinant les deux techniques précédentes sera exposée. Et afin de tester expérimentalement ces lois de commande, un banc d'essai d'actionneurs électropneumatiques comprenant aussi bien des vérins pneumatiques que des muscles artificiels, a été conçu et réalisé au LIRMM*

---

Julien Gagne, Olivier Piccin, Edouard Laroche, Jacques Gangloff (*LSIIT, INSA, Strasbourg*)

### **Commande d'un stabilisateur cardiaque actionné par effet gyroscopique**

**Résumé :** *La stabilisation cardiaque active consiste à maintenir immobile la zone du coeur sur laquelle intervient le chirurgien en compensant en temps réel l'effort cardiaque. C'est une technique qui rend possible les interventions à coeur battant apportant ainsi de nombreux bénéfices et réduisant les risques pour le patient. La solution étudiée exploite l'effet gyroscopique pour générer le couple de compensation et un accéléromètre pour les mesures de mouvement. La commande du système nécessite d'une part d'estimer la perturbation et de reconstruire la position et la vitesse de la zone à stabiliser, à partir de la mesure d'accélération bruitée. D'autre part un double objectif doit être réalisé : compenser la perturbation cardiaque et maintenir l'actionneur autour de son point de fonctionnement nominal afin de respecter les contraintes liées à l'actionnement gyroscopique.*

---

## Résumés des présentations

---

Isabelle Queinnec (LAAS, Toulouse)

### Modélisation LPV pour la commande d'un robot manipulateur parallèle

**Résumé :** Cette présentation concerne la modélisation et la commande d'un manipulateur robotique à architecture parallèle. L'objectif de ce travail est de proposer des contrôleurs construits à partir d'approches de commande robuste espace d'état. Ainsi, la tâche principale est de proposer des modèles linéaires décrivant la dynamique du robot le long de sa trajectoire de référence (pick-and-place) en partant des modèles géométriques et cinématiques proposés classiquement par les roboticiens. Compte-tenu du comportement non-linéaire du système, une approche de type LPV est mise en oeuvre. Quelques résultats concernant la synthèse de contrôleurs utilisant ces modèles LPV sont finalement proposés.

---

Laurent Ott, Florent Nageotte, Philippe Zanne, Michel De Mathelin (LSIIT, INSA, Strasbourg)

### Commande par vision d'un endoscope flexible pour la chirurgie transminale

**Résumé :** La chirurgie abdominale par voie transluminale est une approche révolutionnaire qui consiste à introduire les instruments dans la cavité abdominale par un orifice naturel du patient (tel que la bouche, l'anus, le vagin ou l'urètre). Cette nouvelle technique chirurgicale porte la dénomination NOTES (Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery) dans la littérature médicale. Les gastroscopes utilisés aujourd'hui pour effectuer les opérations ont une partie distale active orientable selon deux directions orthogonales à l'aide de deux molettes présentes sur la poignée et offre un retour visuel par la caméra embarquée dans l'extrémité distale de l'endoscope. L'interface de commande peu intuitive et les informations visuelles limitées font du gastroscopie un outil difficile à manier. Afin d'apporter une assistance robotique aux praticiens lors d'interventions transluminales, nous avons développé un système de positionnement automatique de la tête flexible de l'endoscope. L'objectif est de réaliser une liaison virtuelle entre la tête et une structure anatomique d'intérêt malgré les mouvements physiologiques, l'interaction des instruments avec l'environnement et le mouvement d'enfoncement manuel de l'endoscope. Ce système s'appuie sur la motorisation d'un endoscope flexible classique, où nous avons remplacé les molettes de la poignée par deux moteurs pour permettre la commande numérique des deux degrés de liberté de la tête flexible. La liaison virtuelle "tête-structure anatomique" est alors réalisée sur la base d'un schéma d'asservissement visuel 2D.

Pour réaliser une stabilisation efficace de l'image endoscopique, les lois de commande devront être capables de remplir les objectifs suivants :

- Rejeter efficacement les perturbations périodiques induites par le mouvement naturel des organes de la cavité abdominale. Le rejet des perturbations périodiques a été réalisé dans une première approche à l'aide d'une commande répétitive appelée Prototype Repetitive Controller (PRC).
  - Permettre le suivi de consigne de manière à réaliser une trajectoire définie par le chirurgien sur l'environnement stabilisé. Pour répondre à ce second objectif, un algorithme de commande prédictive comprenant un modèle de bruit répétitif (R-GPC) a été employé.
  - Des perturbations non périodiques sont également susceptibles d'apparaître lorsque le chirurgien agit manuellement sur l'endoscope. Ces perturbations ne sont pas efficacement rejetées par les algorithmes de commande PRC et R-GPC. On observe notamment des effets de répétition gênants après la perturbation non-périodique. Afin de corriger ces problèmes, nous avons proposé, sur la base du correcteur PRC, de construire un schéma de commande à commutation entre un correcteur à effet périodique et un correcteur classique.
-

## Résumés des présentations

---

Pedro L.D. Peres (*University of Campinas, Brazil*)

### Time-varying discrete-time linear systems with bounded rates of variation : Stability analysis and control design

**Abstract :** *This talk is concerned with the problems of robust stability analysis and state feedback control design for discrete-time linear systems with time-varying parameters. It is assumed that the time-varying parameters lie inside a polytopic domain and have known bounds on their rate of variation. A convex model is proposed to represent the parameters and their variations as a polytope and linear matrix inequality relaxations that take into account the bounds on the rates of parameter variations are proposed. A feasible solution provides a parameter-dependent Lyapunov function with polynomial dependence on the parameters assuring the robust stability of this class of systems. Extensions to deal with robust control design as well as gain-scheduling by state feedback are also provided in terms of linear matrix inequalities. Numerical examples illustrate the results.*

---

Florin Stoican, Sorin Olaru (*SUPELEC, Gif Sur Yvette*)

### Fault detection and reconfiguration based on robust invariant sets and predictive control

**Abstract :** *The talk deals with a set membership fault tolerant control strategy for a multisensory control scheme. A key point to ensure fault tolerance is the detection of healthy and faulty closed-loop behaviour for each sensor. In the present approach we achieve this detection by constructing invariant sets and, through membership operations, we update the set of the reliable sensors that will be taken into consideration for the design of the command action.*

*The results are based on boundedness hypotheses for the exogenous signals and discretization errors on one hand and on fixed point conditions for a nonlinear mapping which describes the gap between the nonlinear system and a linearized model in the functioning interval on the other hand. Further, it is shown that receding horizon optimization techniques can be used to effectively build the control action from the set of reliable healthy sensors.*

---

Bogdan Robu, Denis Arzelier, Lucie Baudouin, Christophe Prieur (*LAAS, Toulouse*)

### Robust $H_\infty$ vibration control of fluid/plate system

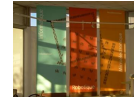
**Abstract :** *Recent developments in the aerospace applications lead to more and more flexible wings. Thus it is crucial to suppress or to attenuate the plane wing's vibration when the wing is in interaction with the movement of the fuel inside of it. For the experimental setup we study this is done using colocated piezoelectric actuators and sensors. First we derive an infinite dimensional model for the fluid-flexible structure system and then we calculate a robust controller. Two types of controllers are calculated (using Robust Control Toolbox under Matlab and HIFOO algorithm) and implemented on the experimental setup. The results in vibration suppression are then compared. Finally a reduced order simultaneous controller is computed and tested.*

---





## Venir au LIRMM



Le LIRMM est situé au Nord-Ouest de Montpellier, quartier "Hôpitaux Facultés", près du parc Euromédecine.

### Adresse :

LIRMM - UMR 5506

161 rue Ada

34095 Montpellier Cedex 5 France

**GPS :** 43° 38'.22 Nord, 3° 50'.42 Est

**Tel :** 04 67 41 85 85

**Fax :** 04 67 41 85 00



## Venir à Montpellier

**Par avion :** L'Aéroport International de Montpellier Méditerranée est situé à 10 km du centre ville. 11 vols quotidiens assurent la liaison avec Paris-Charles de Gaulle et Orly-Ouest en 1h10. Des liaisons directes relient Lyon et Nantes.

**Par train :** La gare SNCF est située au centre ville, plusieurs liaisons quotidiennes TGV relient Montpellier à Paris en 3h30.

**Par route :** Par l'autoroute A9, Montpellier est à environ 700 Km de Paris. Prendre la sortie 28 (Vendargues), puis suivre les panneaux Montpellier (Hôpitaux-Facultés).

## Accès au LIRMM

**Depuis l'aéroport :** Une navette (11 trajets quotidiens, chaque départ après arrivée d'un avion en provenance de Paris, coût 5 €) vous déposera en 15mn au centre ville, à la gare routière (niveau 1er étage de la gare SNCF).

**Par les transports en commun - Tarif : 1,30 € le ticket**

- **Tramway :** Prendre devant la gare SNCF le tramway (ligne 1), direction Mosson, descendre à l'arrêt "Château d'Ô" situé sur l'avenue des Moulins, près du LIRMM (Point D sur le plan). Durée du trajet : 30 minutes.
- **Bus :** Prendre devant la gare SNCF le bus numéro 16, direction Euromédecine, descendre à l'arrêt "St. Priest" (Point C sur le plan). Durée du trajet : 30 minutes.

**Point A :** LIRMM

**Point B :** Portail du LIRMM

**Point C :** Arrêt du bus 16 St-Priest

**Point D :** Arrêt du Tram 1 Château d'Ô

