

Rapport d'activité

Synthèse de la carrière :

A la suite de la cessation d'activité de l'entreprise agricole familiale, j'ai effectué une reconversion professionnelle passant par la reprise de mes études supérieures au niveau de la deuxième année de DEUG, à 30 ans. J'ai ainsi obtenu en 4 ans un DEA, puis un diplôme de Doctorat me permettant d'être recruté comme Maître de Conférences en 1987. Il est à noter que les deux dernières années de préparation de thèse de Doctorat étaient financées par un emploi de Maître auxiliaire à l'IUT de Bordeaux 1, dont la charge d'enseignement était de 384 h/an.

En poste au département de Mesures Physiques de l'IUT Bordeaux 1 jusqu'en 1992, je me suis naturellement investi dans les enseignements de ma spécialité, l'automatique, en introduisant en particulier les outils et méthodes de la commande par ordinateur numérique, aussi bien dans les enseignements théoriques que pratiques, sous forme de nouvelles manipulations de travaux pratiques.

J'intervenais également dans la filière « Automatismes industriels » du CNAM, tant en enseignements théoriques que pratiques.

En 1992 j'ai eu l'occasion de revenir au département Génie Electrique et Informatique Industrielle (GEII), où j'avais effectué mon service de Maître Auxiliaire et qui correspondait plus à ma spécialité. M'intégrant dans une équipe, j'ai pu également apporter mes compétences concernant les méthodes récentes de la commande, en particulier par ordinateur numérique à travers les outils récents dont les logiciels de CAO (Matlab, Labview, ...).

J'ai également accompagné la mise en place de la filière de Maintenance Aéronautique à l'Université Bordeaux 1, d'abord en définissant le contenu des enseignements d'automatique de la Maîtrise Scientifique et Technique, puis dès la construction de l'Institut de Maintenance Aéronautique dans la zone aéroportuaire de Mérignac, en mettant en place un laboratoire de travaux pratiques d'automatique.

J'ai également introduit des cours d'automatique avancée (commandes optimales, commandes robustes) dans le DEA d'automatique créé en 1990.

Mes activités de recherche se déroulaient au sein du Laboratoire d'Automatique, de Reconnaissance des Formes et de Robotique Agricole (LARFRA) de Bordeaux 1. J'y ai cofondé une équipe dont les thèmes étaient la commande robuste, la détection de défaillances et la supervision par système à base de connaissances. Cette équipe a été un élément moteur de la création du Laboratoire d'Automatique et de Productique (LAP) en 1991. Ces activités de recherche étaient largement tournées vers les applications industrielles, en particulier à travers de fortes collaborations avec la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France.

Ces travaux m'ont permis de présenter un dossier d'Habilitation à Diriger des Recherches en 1993, et après qualification aux fonctions de Professeur, d'être nommé Professeur des Universités en 1997, à l'IUT de Bordeaux 1.

Assumant la responsabilité des enseignements d'automatique au département GEII, j'ai progressivement réécrit les différents fascicules de cours et de travaux dirigés (en automatique analogique et automatique numérique), ainsi que le renouvellement complet des maquettes de travaux pratiques, en collaboration avec mes collègues.

J'ai également pris la responsabilité de la filière d'automatique au CNAM de Bordeaux, encadrant depuis une dizaine de projets de fin d'études d'ingénieur CNAM.

Au cours de l'année 2001-2002, j'ai initié et collaboré avec Franck Cazaurang à la constitution d'un DESS Ingénierie des Systèmes Aéronautiques et Spatiaux, qui a été ouvert à la rentrée 2002 au sein de l'Institut de Maintenance Aéronautique. Ce DESS est devenu MASTER « Ingénierie et Maintenance en Aéronautique ».

Ayant pris en 1998 la responsabilité de l'équipe ARIA du Laboratoire d'Automatique et Productique (LAP, devenu depuis un département du laboratoire Intégration du Matériau au Système, UMR), j'ai naturellement orienté les travaux théoriques en commande robuste et détection de défaillances vers les applications aéronautiques et spatiales. Les collaborations ont été nombreuses et fructueuses: EADS lanceurs, Thalès, CNES, PSA. J'ai également créé en 1997 un groupe de travail d'envergure nationale en commande robuste, rassemblant jusqu'à 50 chercheurs des meilleures équipes françaises.

Enfin, j'ai participé à des projets européens de recherche dans le domaine aéronautique (GARTEUR) aboutissant à des ouvrages collectifs internationaux.

Ces activités d'enseignement et de recherche m'ont naturellement conduit à développer des relations académiques internationales, à travers la participation à des conférences, la visite de stages et l'appartenance au comité de lecture de revues internationales, comme reviewer et éditeur associé.

Toutes ces activités ont pour dénominateur commun l'automatique.

Mes enseignements ont toujours couvert l'ensemble des niveaux universitaires: du DUT au master (ex DEA). A l'IUT je me suis toujours efforcé de dispenser ces enseignements en cours magistraux, travaux dirigés et travaux pratiques, afin d'assurer la cohérence de la formation.

Pour les enseignements de master j'ai créé des cours d'automatique présentant les dernières avancées de la recherche, validées par la communauté internationale. Au cours des années, ces cours ont naturellement évolué en fonction des auditoires (DEA puis master « pro ») ainsi que de l'évolution de la discipline.

Mes recherches ont été orientées dès mon recrutement en 1987 vers les méthodes modernes de commande robuste des systèmes linéaires multivariables. Les recherches menées sous mon impulsion dans ce domaine pendant plus de 10 ans ont profondément marqué le laboratoire d'automatique, où l'équipe ARIA continue de développer des recherches dans ce domaine, avec de fortes applications en aéronautique et espace.

A la suite d'un désaccord scientifique avec le directeur du Laboratoire d'Automatique en 2001, le Président de l'Université m'a imposé de quitter ce laboratoire pour rejoindre le Laboratoire de Génie Mécanique et Matériaux de Bordeaux.

N'ayant aucune compétence universitaire autre qu'en automatique, je n'ai pas pu concrétiser cette affectation administrative par une activité de recherche importante.

Activité scientifique :

- Les thèmes de recherche de l'équipe ARIA, jusqu'en 2002:
 - la méthodologie des commandes robustes de systèmes multivariables (H^∞ , μ -synthèse, LMI, systèmes différentiellement plats);
 - les algorithmes de détection et localisation de défaillances et leur mise en œuvre;
 - l'intégration de ces différents systèmes pour la supervision.

Participant à chacun de ces thèmes, j'assumais plus particulièrement les responsabilités du premier (commandes robustes) et du troisième (supervision).

En ce qui concerne la commande robuste, nos travaux ont permis d'éclairer l'utilisation des algorithmes et outils de la théorie H^∞ et μ -synthèse sous le jour de l'optimisation multi-objectif sous contrainte. La formulation H^∞ permet de traduire des objectifs de commande sous forme standard, puis de chercher le régulateur optimal. Un résultat intéressant est obtenu en particulier par l'étude et le développement d'une structure de commande générique à deux degrés de liberté: le problème de poursuite robuste de modèle est résolu par synthèse H^∞ . La spécification fait appel à une représentation par Transformation Linéaire Fractionnaire (LFT) à base de factorisation en matrices copremières. Le critère obtenu sous forme de contrainte μ est bloc-diagonal, ce qui garantit la convergence de la procédure d'optimisation, de type γ -itération. (Thèse d'Emmanuel Prempain, 1995).

Cette formulation a été étendue au cas des systèmes dynamiques différentiellement plats : le découplage non linéaire permet la commande en poursuite de trajectoire, et l'erreur de poursuite est traitée par μ -synthèse. (Thèse de Franck Cazaurang, 1997).

Cette approche a été appliquée à l'analyse de robustesse des pilotes automatiques d'aéronefs, dans le cadre du groupe européen GARTEUR (Group for Aeronautical Research and Technology in EUROpe) FM(AG11). Il s'agit d'exploiter la platitude d'un modèle simplifié de mécanique du vol, sur modèle HIRM du groupe GARTEUR, pour générer la famille de modèles incertains sous forme de représentation linéaire fractionnaire (LFT). Cette LFT est ensuite traitée en μ -analyse pour analyser la robustesse paramétrique. (Thèse de Loïc Lavigne, 2003).

De façon plus générale, notre activité en commande robuste concernait la méthodologie de mise en œuvre d'algorithmes de synthèse, en prenant en compte aussi bien les objectifs de performance que les contraintes de robustesse ou les aspects non-linéaires ou de discrétisation.

L'activité de détection de défaillances a été introduite comme deuxième axe de recherche afin de maîtriser les 2 aspects complémentaires de la supervision. Ma participation à l'encadrement de la thèse de Ali Zolghadri (1992) s'est concrétisée par un algorithme original de détection fondé sur un test d'intersection de régions de confiance de 2 modèles: l'un obtenu hors ligne et l'autre calculé en ligne.

La supervision est conçue autour des notions de conduite et de surveillance, et concerne l'intégration et la mise en œuvre par un système d'exploitation autonome et en temps réel, des outils et algorithmes de commande et surveillance. Pour chacun de ces aspects, nous avons développé des modèles génériques pour la description des niveaux structurels et fonctionnels (de type SAGACE) et comportemental. La modélisation des stratégies utilise les notions de phase, situation et action modélisées par des objets et des tâches typées. (Thèse de Christophe Savignac, 1999).

Ainsi, la conduite est la recherche d'un chemin dans un graphe de situations, auxquelles correspondent des régulateurs et détecteurs adaptés: le changement de situation déclenche la commutation des algorithmes de commande et détection.

• Depuis septembre 2002, privé de l'appartenance à un laboratoire et à toute structure de recherche en automatique à l'Université Bordeaux 1, je me suis attaché à démontrer le bien-fondé de ma prise de position scientifique dans la controverse CRONE :

- d'une part l'application d'un concept de régulation linéaire invariant dans le temps à un problème de suspension hydro-pneumatique fondamentalement non-linéaire, ne peut se faire qu'en utilisant abusivement le concept de linéarisation autour d'un point d'équilibre. Ce point de vue est exposé dans l'article publié dans la revue *Nonlinear Dynamics* en 2006, ainsi que les articles disponibles sur les sites www.laas.fr/gt_opd/ et <http://perso.numericable.fr/benoit-be/>.
- D'autre part la « robustesse fractale » associée au concept CRONE repose essentiellement sur les propriétés asymptotiques des commandes en boucle fermée à grand gain de boucle ouverte. Cela se traduit en particulier par une trop faible raideur de ressort dans la « suspension Crone ». C'est l'objet de l'article soumis en 2005, disponible sur le site, ainsi que les commentaires des reviewers.

Pendant cette période récente, j'ai continué à être invité à des jurys de thèse extérieurs (6 dont 4 comme rapporteur) et d'HDR (3 dont 2 comme rapporteur). J'ai également participé à l'encadrement de stagiaires de Master, dans le cadre de collaborations industrielles dans le domaine aéronautique et spatial.

- *Publications : présentation des 5 publications (ou brevets, éditions de logiciels) jugées les plus significatives parmi celles citées en annexe :*

Zolghadri A., B. Bergeon, M. Monsion. (1993). A two ellipsoid overlap test for on-line failure detection. *Automatica*, Vol. 29, No. 6, pp. 1517-1522. Cet article propose de comparer en ligne 2

modèles du système à surveiller. Le premier modèle est obtenu a priori, tandis que le deuxième est ajusté itérativement en ligne. Un test algébrique permet alors de tester l'intersection des 2 régions de confiance attachées à ces modèles. La défaillance est soupçonnée lorsque les régions de confiance sont disjointes.

Bergeon B., D. Martinez, P. Coustal and J.P. Granier (1996). Design of an active suspension system for a micro-gravity experiment. *Control Engineering Practice*, vol 4, n° 11. Dans le cadre d'une collaboration avec le CNES et la société SFIM, cet article présente une application de la synthèse H^∞ à la commande active d'une table destinée à recevoir des expériences de micro-gravité embarquée sur station spatiale. Les différentes contraintes et objectifs sont représentés par des fonctions de pondération affectant le modèle dynamique de la table instrumentée. Le modèle augmenté obtenu est alors traité par la méthode d'optimisation H^∞ .

Prempain E. et B. Bergeon (1998) A multivariable two-degree-of-freedom control methodology. *Automatica*, Vol 34, No 12. La séparation des objectifs de régulation et de poursuite de trajectoire se traduit nécessairement par une structure de régulateurs à 2 degrés de liberté. Une formulation originale de cette structure permet d'éclaircir les rôles respectifs de ces 2 parties du régulateur. L'application sur un tel schéma de synthèse d'une méthode d'optimisation permet d'atteindre les 2 objectifs de façon plus directe et en utilisant l'algorithme de minimisation de norme H^∞ , qui est convexe, au lieu de passer par la double itération de mu-synthèse, non convexe.

Cazaurang F., L. Lavigne and B. Bergeon (2002), LFT Generation by Flatness Approach, for Mu-Analysis of HIRMplus Fighter Aircraft . In *Lecture Notes in Control and Information Sciences* : Advanced Techniques for clearance of flight control laws, A. Varga, C. Fielding, S. Bennani and M. Selier (Eds), Springer-Verlag. Dans le cadre d'une collaboration européenne (GARTEUR) nous avons proposé une méthode d'aide à la certification de pilote automatique d'aéronefs basée sur la représentation du modèle dynamique non linéaire sous forme de représentation linéaire fractionnaire (LFT). Cette linéarisation est fondée sur la propriété de platitude du modèle non linéaire.

Bergeon B. (2006), Comment on the paper : The CRONE Suspension: Management of the Dilemma Comfort-Road Holding (by Moreau et al). *Nonlinear Dynamics*, Vol. 45, N° 3-4, Aug. 2006, pp 427-428, Springer Netherlands. Ce commentaire montre une erreur fondamentale dans la modélisation linéaire d'une suspension hydro-pneumatique décrite dans l'article commenté. Le modèle linéaire erroné est utilisé dans les communications des auteurs sur la suspension CRONE.

- *Encadrement et animation recherche :*

Cofondateur, avec Michel Monsion, de l'équipe ARIA en 1988, au sein du LARFRA, j'ai participé activement à la fondation du Laboratoire d'Automatique et de Productique en 1991. Les thèmes, qui étaient novateurs à l'Université Bordeaux 1, étaient les commandes adaptatives et robustes. Rapidement nous avons élargi nos thèmes à l'intelligence artificielle et les systèmes à base de connaissances, en collaboration étroite avec Jean-Louis Ermine, du Laboratoire de Recherche en Informatique de Bordeaux (LABRI). De juillet 1998 à novembre 2001, j'ai assumé la **responsabilité de cette équipe ARIA.**

- *Organisation colloques, conférences, journées d'étude*

Créateur en 1997 du **Groupe de Travail en commande robuste des systèmes multivariables**, j'en ai assumé la responsabilité jusqu'en septembre 2003. Regroupant plusieurs équipes de recherche françaises, parmi les plus représentatives et reconnues en commande robuste: LAAS (G. Garcia, S. Tarbouriech, J. Bernussou, D. Arzelier ...), Supélec (G. Duc, S. Font, P. Boucher...), ONERA-CERT (J. F. Magni, G. Ferrères, P. Apkarian...), LAPCaen (M. M'Saad, G. Scorletti), LAII Poitiers (D. Mehdi), ENSP Strasbourg (M. de Mathelin). Les activités de ce groupe se sont traduites par 19

réunions scientifiques, regroupant de 15 (pour la première) à 50 personnes. Les matériels correspondant à ces exposés sont disponibles sur Internet (site <http://laii.univ-poitiers.fr/control>). Ce groupe de travail a été **reconnu et est soutenu par le Groupement de Recherche en Automatique** du CNRS, depuis **septembre 1999**. Comme responsable du groupe, j'ai assuré l'organisation de la session de présentation de nos activités aux Journées Nationales d'Automatique, du GDR Automatique, à Autrans en janvier-février 2001. J'ai assuré également la coordination de l'équipe de rédaction des Actes de cette journée.

- *Direction de thèses et autres travaux (détail en annexe)*

Ygorra Stéphane: Commande robuste à modèle de référence multiple: application à une table de découpe. Février 1992. (50%) (actuellement Maître de Conférences, Bordeaux 1)
Khaddad Abdolali : Contribution à la réalisation d'un système à base de connaissances pour l'identification des systèmes. Juillet 1992. (25%)
Zolghadri Ali : Etude et réalisation d'un système de supervision à base de connaissances d'une table de découpe. Juillet 1992. (50%). (actuellement Professeur d'Université, Bordeaux 1)
Alkhatib Bassel: Etude et réalisation d'un système d'exploitation des connaissances. Application au domaine de l'automatique. Novembre 1993. (100%). (retour en Syrie)
Prempain Emmanuel : Contribution du schéma à modèle de référence multiple aux lois de commande robustes multivariables H^∞ et μ -synthèse. Novembre 1995. (100%). (Professeur à l'Université de Liverpool, UK).
Martinez Didier: Application de la commande H^∞ au découplage et à l'amortissement actif par action inertielle. Avril 1996. (100%). (Ingénieur de recherche, Renault).
Cazaurang Franck : Commande robuste des systèmes plats. Application à la commande d'une machine synchrone. Décembre 1997. (75%).(actuellement Maître de Conférences, Bordeaux 1)
Savignac Christophe : Contribution à la conception de systèmes de supervision à base de connaissances : spécification de la fonction de conduite. Octobre 1999. (100%)
Lavigne Loïc : Outils d'analyse et de synthèse des lois de commande robuste des systèmes dynamiques plats. Juin 2003. (50%). (actuellement Maître de Conférences, Bordeaux 1).

Ainsi que des stages de DEA, des mémoires d'ingénieur du CNAM, ...

- *Réseaux de recherche*

- nationaux

- GdR automatique (S3, GT identification)
- Groupe de travail en **commande robuste des systèmes multivariables**, dont j'étais fondateur (1997) et **animateur** jusqu'en juin 2003. Ce GT a obtenu le soutien du GdR Automatique en 1999.
- Membre (extérieur) du bureau du Centre de Compétence Technique 4 (Automatique et pilotage) du CNES. Ce CCT était dirigé par Jean Mignot. Son fonctionnement se traduit par des réunions (ateliers, séminaires) mensuelles.

- européens

- GARTEUR FM(AG11) : méthodes d'analyse pour la certification des lois de commande de vol d'aéronefs.
- Projet de détection hybride de défaillance pour l'amélioration de la maintenance des aéronefs (Sextant Avionique, 2^{ème} appel d'offre du 5^{ème} PCRD).

- *Valorisation de la recherche :*

- EDF-DER (Centres de Clamart et de Chatou)
 - Application de la théorie de la robustesse aux systèmes adaptatifs, 1990 ;
 - Application et savoir-faire des théories de la robustesse 1991-1994 ;
 - Réalisation d'un système à base de connaissances pour la synthèse de loi de commande de procédés industriels 1990-1993 ;
 - Modélisation et supervision de procédés industriels 1993 ;
 - Intégration de différents modules nécessaires à l'aide à la conduite de centrales thermiques 1994 ;
 - Etude d'un modèle de communication et d'intégration de connaissances pour la supervision d'un système d'aide à la conduite de centrales thermiques 1995-97.
- CNES (Toulouse) et SFIM Industries (Asnières); 1992-1995;
 - Application de la μ -synthèse à la réduction de l'effet des perturbations d'accélération sur une plateforme d'expérience de micro-gravité embarquée sur satellite .
- CNES (Département Dynamique et Automatique, Toulouse); 1996;
 - Etude de commande robuste de système multi-degré de liberté couplé.
- SEXTANT AVIONIQUE (Bordeaux) Projet européen du 5^{ème} PCRD:
 - Réduction des coûts de maintenance d'aéronefs par détection hybride de défaillance et reconfiguration.
- PSA (la Garenne-Colombes)
 - Contrôle dynamique robuste de véhicule
- EADS Lanceurs (les Mureaux) 2000,
 - Expertise sur l'application de la synthèse H^∞ pour le pilotage des lanceurs Ariane 5.
- CEA-DIST (SIIA, Saclay).
 - Intégration des méthodologies de modélisation et de conception de systèmes de conduite et supervision, capitalisation au fil de l'eau des connaissances mises en œuvre.

- *Rayonnement :*

- Editeur associé à la revue Control Engineering Practice de l'IFAC, de 1993 à 2004, dans les spécialités de la commande linéaire et commande robuste, dans les domaines de l'aéronautique et de l'espace;
- Reviewer : IEEE Trans on Control System Technology, Automatica, European Journal of Control, APII (JESA), Conférences : ACC, ECC, CDC, IFAC World congress, ACASP, IFAC SSC, ... IFAC AUTOMATIC CONTROL IN AEROSPACE 2007.
- Membre du jury des thèses de D. Henry (U. Bordeaux, novembre 1999), A. Hiret, (U. Paris -Sud Orsay), O. Pagès (Annecy juillet 2001, M. Chadli (Nancy, décembre 2002, Président)
- Membre des jurys d'HDR de A. Zolghadri, (LAP Bordeaux, décembre 2001), G. Montseny, (LAAS Toulouse, mars 2004).
- Rapporteur de 17 thèses :H. Noura, Nancy, septembre 1993 ; D. Faille, Supélec, juillet 94 ; Al Hamid, Université de Poitiers, novembre 1996 ; P. Ambos, Supelec-Université Paris-sud, novembre 97; H. Xavier de Araujo, LAAS-Université Paul Sabatier, Toulouse, janvier 98 ; F. Monge, CEA Grenoble, septembre 1998 ; Y. Le Gorrec, Sup-Aéro, Toulouse, décembre 98 ; P. Tona, INP Grenoble, janvier 2000 ; H. Koc, ENSP Strasbourg, septembre 2000 ; F. Gay, IRCCyN et Ecole Centrale de

Nantes, octobre 2000 ; S. Richard, Ecole des Mines de Nantes, février 2001 ; C. Döll, Supaéro Toulouse, (et président du jury) juin 2001 ; O. Voinot, Supaéro Toulouse, octobre 2002 ; X. le Mauff, Supélec-Université Paris-sud, novembre 2002 ; D. Lefèbvre, IRCCYN, mars 2003 ; H. Tanguy, IRCCYN, janvier 2004 (président du jury) ; A. P. Feuersänger, Supaéro Toulouse (et président du jury) décembre 2007.

- Rapporteur des Habilitations à diriger des recherches : D. Alazard, Supaéro Toulouse, février 2003 ; C. Chiappa, Supaéro Toulouse, avril 2003.

Activités pédagogiques :

- Depuis mon recrutement comme Maître de Conférences à l'IUT de l'Université Bordeaux 1 mes enseignements concernent essentiellement l'Automatique. M'imposant d'effectuer la totalité de mon service d'enseignement (192 htd/an) dans mon département de rattachement, j'ai été amené à enseigner à tous les niveaux (LMD) de l'Université Bordeaux 1, ainsi qu'au CNAM. Mes enseignements couvrent donc l'ensemble de la Commande Linéaire.

Au cours des dernières années, des avancées importantes ont été faites en théorie et pratique de la commande des systèmes. Tant du point de vue théorique (la théorie des Systèmes) que pratique et applicatif (industriel, spatial, ...) la commande des systèmes est d'une importance primordiale pour de nombreux domaines de la vie culturelle, industrielle et économique. L'enjeu prioritaire de l'enseignement universitaire est de faire évoluer les contenus, tant théoriques que pratiques, des enseignements pour que les jeunes diplômés apportent dans le milieu professionnel les meilleures connaissances et savoir-faire issus des laboratoires de recherche. C'est naturellement dans cette vision que je m'efforce de situer mes enseignements.

Au carrefour de plusieurs disciplines (mathématiques, physique, informatique), la commande automatique des systèmes se nourrit de nombreux concepts et outils de ces disciplines, tout en proposant un cadre de présentation et formalisation synthétiques des connaissances .

Tous niveaux confondus, l'enseignement de l'automatique doit présenter un équilibre entre outils mathématiques : transformation de Laplace, représentations fréquentielles, Algèbre linéaire pour la représentation d'état, algorithmes d'optimisation pour l'identification (moindres carrés) et la commande (optimisation linéaire quadratique), signaux aléatoires, normes H2 et H ∞ , ...) et applications concrètes de modélisation, identification et synthèse de commande.

- A l'IUT (niveau L2), l'enseignement doit être essentiellement orienté vers le savoir-faire technologique. La difficulté principale de l'enseignement de l'automatique réside dans la définition du niveau théorique nécessaire à la mise en œuvre d'un régulateur basique, de type PID, aussi bien en technologie analogique que numérique. C'est d'ailleurs sur ce point d'achoppement que j'avais mené la réflexion de la commission nationale chargée de rédiger les programmes d'automatique pour la Commission Pédagogique Nationale des IUT, en 2000. Le choix avait été de privilégier l'approche fréquentielle, basée sur la transformation de Laplace et l'exploitation des travaux de Bode, Black et Nyquist, revisités par l'utilisation des logiciels modernes de CAO (Matlab, Scilab). Pour la mise en œuvre sur calculateur numérique, la conception suit la méthode fréquentielle à travers l'utilisation de la transformation de Tustin. Sur ces choix pédagogiques, j'ai progressivement réécrit les polycopiés de cours, et de travaux dirigés, tout en renouvelant complètement le matériel et

les sujets de travaux pratiques, en collaboration avec les jeunes collègues au fil de leur recrutement.

En fonction des besoins du service, j'effectue également des enseignements de mathématiques et de physique.

Automatique..

- cours d'automatique en 2ème année, (S3 et S4)	51 hetd/an
- TP d'automatique de 2ème année, (S3 et S4)	44 hetd/an.
- TD d'automatique de 2nde année, (S3 et S4)	62 hetd/an.
- cours de Grafcet en 1ère année	3 hetd/an.

Mathématiques

- TD de Probabilités et statistiques (S4)	15 hetd/an
-TD et TP Signaux et Systèmes (initiation Matlab)	14 hetd/an.

Physique

- cours/TD de thermique et de mécanique en 1 ^{ère} année, (S1 et S2)	40 hetd/an.
---	-------------

Documents photocopiés: (<http://perso.numericable.fr/benoit-bel/>):

- *Systèmes linéaires à temps continu : modélisation et conception de commande*, 74 p;
- *Systèmes linéaires numériques* : 42 p

- Appelé à intervenir en Master 1 EEA de l'Université Bordeaux 1 à partir de 2005, j'ai proposé un cours original en 2 parties. La première concerne la généralisation aux approches algébriques de commande numérique (espace d'état à temps discret) de l'utilisation de la transformation de Tustin, généralisation fondée sur des résultats de recherche obtenus en collaboration avec Rabah Rabah (IRCYN, Nantes) publiés en 2001. La 2^{ème} partie du cours, plus volumineuse, présente une vision historique et technique de l'idée de modèle augmenté et de problème standard. Partant des travaux de Wonham et Francis sur le modèle interne, en passant par l'optimisation linéaire quadratique gaussienne (LQG) sur système à bruit coloré, j'introduis le concept de minimisation de norme L2 de système comportant des pondérations fréquentielles représentant divers bruits et/ou objectifs de commande. (18 h de cours /an)

Documents photocopiés: (<http://perso.numericable.fr/benoit-bel/>):

- *Représentation d'état des systèmes linéaires à temps discret*
- *De la commande à modèle interne au problème standard*

- Dès la création du DEA d'automatique à l'Université Bordeaux 1 en 1990, j'ai bâti un cours de commande linéaire des systèmes multivariables, intégrant les bases de la commande LQ-LQG, et présentant les fondements (très récents à l'époque) de la commande robuste H_∞ . Ce cours a été intégré depuis sa création au DESS ISAS de l'Institut de Maintenance Aéronautique en septembre 2002, créé sous mon impulsion et en collaboration avec Franck Cazaurang. Ce DESS est devenu Master ASA de l'Université Bordeaux 1. Au cours des années ce cours s'est progressivement enrichi (en intégrant le modèle interne de Wonham, l'optimisation H_2 , la mu-synthèse, ...) et adapté aux problèmes particuliers de la synthèse de commande dans les domaines aéronautiques et spatiaux. Il sert de base théorique aux interventions des professionnels du Cnes sur le pilotage de satellites, de EADS pour le pilotage de lanceurs. (18 h cours/an)

Documents photocopiés :

- *Commande linéaire des systèmes multivariable* : (<http://perso.numericable.fr/benoit-be/>)

Responsabilités Collectives :

Soucieux de maintenir l'unité de mes activités autour de ma discipline, afin d'optimiser l'efficacité, mes prises de responsabilité administratives ont surtout concerné directement mes activités d'enseignement et de recherche. A ce titre elles ont déjà été évoquées dans les rubriques précédentes, mais je les rappelle ici pour mémoire.

- J'ai créé en 1997 et animé jusqu'en 2003 un groupe national de recherche en commande robuste des systèmes multivariables, groupe qui a été reconnu et intégré au GT Automatique du CNRS en 1999.
- J'assure la responsabilité pédagogique des enseignements d'automatique au département de Génie Electrique et Informatique Industrielle de l'IUT Bordeaux 1 depuis 1998.
- J'ai présidé la commission « automatique » de la Commission Pédagogique Nationale des IUT Génie Electrique et Informatique Industrielle en 1999. Cette commission a redéfini les programmes. J'ai également participé à la commission de préparation du thème « l'enseignement de l'Automatique selon le Programme Pédagogique National » pour le colloque des départements Génie Electrique et Informatique Industrielle des IUT en juin 2005 à Villeurbanne.
- Je suis **responsable** de la filière Automatismes industriels du **CNAM** à Bordeaux, depuis 1995. En 2000, j'ai présenté un exposé sur l'enseignement de "l'Automatique pour le métier d'Automaticien", au cours d'une journée de réflexion sur les programmes d'automatique au CNAM, organisée à Paris par le Pr. Henri Bourlès, titulaire de la chaire. Au titre de cette responsabilité, j'ai organisé les enseignements de 2nd cycle (cycle B), et de 3^{ème} cycle (cycle C). Cela s'est traduit, en particulier, par la responsabilité de plusieurs oraux probatoires et mémoires d'ingénieur CNAM. Pour l'année 2004/2005 par exemple, ont été soutenus 3 mémoires d'ingénieur et un oral probatoire.

- De 2002 à 2003, à la demande du directeur de l'Institut de Maintenance Aéronautique, confirmée par le Vice-Président du Conseil scientifique de l'Université Bordeaux, j'ai travaillé au développement d'activités de recherche pour l'aéronautique et l'espace, en liaison avec des laboratoires reconnus de l'Université. Cette activité s'appuie sur les contacts nombreux que j'ai pu développer dans le secteur aéronautique et spatial européen, tant universitaire qu'industriel, par les programmes GARTEUR, les collaborations contractuelles ou l'animation de groupes de recherche.
Dans ce cadre j'ai participé à la définition du projet : Diagnostic et applications spatiales (LAP, CRAN, LAAS, LAIL et CNES, Astrium, Alcatel Space), et encadré les travaux suivants :
 - Contribution au développement d'un outil de bilan analytique de performances SCAO, et étude de robustesse par μ -analyse, (stagiaire DEA-DESS au CNES Toulouse)
 - Evaluation des différentes méthodes de planification de trajectoire pour les futurs satellites agiles, (stagiaire DESS à Alcatel Space Cannes)
 - Etude de pilote de véhicule de rentrée atmosphérique (EADS Transport les Mureaux).

- *Responsabilités et mandats nationaux, ou régionaux :*
J'ai été également, depuis Avril 1992 jusqu'à septembre 97 (nommé professeur):
 - membre élu au Conseil National des Universités, section 61; réélu en 95, membre du bureau.
 - membre élu à la commission de spécialité d'établissement de l'Université Bordeaux I, commission regroupant les sections 61 et 63, réélu en 95

Depuis décembre 2009 :

- membre élu au Conseil de l'IUT Bordeaux 1 ;
- Membre représentant la Fédération Syndicale Unifiée (FSU) au Comité Technique Paritaire (CTP) de l'Université Bordeaux 1.

Liste classée des publications :

• *Ouvrages individuels et collectifs :*

Commande robuste des systèmes multivariables, JESA Vol 35, n° 1-2, Bergeon B. ed. (2001) (225 p).

Lecture Notes in Control and Information Sciences : Advanced Techniques for clearance of flight control laws, A. Varga, C. Fielding, S. Bennani and M. Selier (Eds), Springer-Verlag.

• *Articles.*

Bergeon B. et E. Irving (1990). Commande Robuste à Modèle Fréquentiel de Référence. AFCEC-APII, 90 - 24 – pp 83-97.

Bergeon B., A. Zolghadri, M. Monsion and S. Ygorra (1992). A supervised Robust Control of a Manipulator. IMACS Transactions.

Zolghadri A., B. Bergeon, M. Monsion. (1993). A two ellipsoid overlap test for on-line failure detection. Automatica, Vol. 29, No. 6, pp. 1517-1522.

Zolghadri A., B. Bergeon, Z. Benzian, J.L. Ermine, M. Monsion (1993). Fault diagnosis and supervision of a cutting tool robot. European Journal of Diagnosis and Safety in Automation, Volume 3, No. 2, pp. 151-174.

Bergeon B. (1994). Commande monovariante robuste H^∞ et QFT. APII, Vol 28 n° 2.

Prempain E. et B. Bergeon (1995). Méthodologie R2M2 multivariable. APII vol. 29-n°6.

Bergeon B., D. Martinez, P. Coustal and J.P. Granier (1996). Design of an active suspension system for a micro-gravity experiment. Control Engineering Practice, vol 4, n° 11.

Prempain E. et B. Bergeon (1998) A multivariable two-degree-of-freedom control methodology. Automatica, Vol 34, No 12.

Bergeon B., F. Cazaurang et S. Ygorra (2001) Méthodologie de commande robuste linéaire, extensions aux systèmes plats et saturés. JESA, Vol 35, n° 1-2, pp 85-106.

Rabah R. and B. Bergeon (2001). On state space representation for linear discrete-time systems in Hilbert space. Kharkov University Vestnik, Série Mathématiques, Mathématiques appliquées et Mécanique, vol. 514, pp 53-62.

Cazaurang F., L. Lavigne and B. Bergeon (2002), LFT Generation by Flatness Approach, for Mu-Analysis of HIRMplus Fighter Aircraft . In Lecture Notes in Control and Information Sciences : Advanced Techniques for clearance of flight control laws, A. Varga, C. Fielding, S. Bennani and M. Selier (Eds), Springer-Verlag.

Bergeon B. (2003) Review of the book : “Robust modal control with a Toolbox for Use with Matlab” by J. F. Magni, International Journal of Robust and Nonlinear Control, n°. 13, pp 1177-1180.

Bergeon B., F. Cazaurang. (2003) H^∞ design and multivariable delay margin, application to the control of a four-wheeled vehicle, JESA, Vol. 37, n° 7-8, pp 895-910.

Bergeon B. (2006), Comment on the paper : The CRONE Suspension: Management of the Dilemma Comfort-Road Holding (by Moreau et al). Nonlinear Dynamics, Vol. 45, N° 3-4, Aug. 2006, pp 427-428, *Springer Netherlands*.

- *Conférences, congrès et colloques à communication (Conférences internationales à comité de lecture et actes publiés) :*

Bergeon B. et A. Oustaloup (1984). Commande adaptative et d'ordre fractionnaire d'un manipulateur à deux degrés de liberté. Congrès "Commande adaptative: aspects pratiques et théoriques": Grenoble.

Oustaloup A. et B. Bergeon (1984). Commande d'ordre fractionnaire et introduction à la commande adaptative et d'ordre fractionnaire. Congrès "Commande adaptative: aspects pratiques et théoriques": Grenoble.

Oustaloup A. et B. Bergeon (1986). Conservation de la robustesse d'un régulateur d'ordre non entier dans le cas de la non stationnarité du procédé. AF CET, Robotics and Artificial Intelligence, Toulouse.

Oustaloup A. and B. Bergeon (1986). Frequency space synthesis of a robust dynamic command. ROMAN'SY, Cracow, Poland.

Oustaloup A., B. Bergeon et L. H. Mouss (1986) Robustesse par l'approche fréquentielle: synthèse en fréquence d'une commande dynamique robuste. IMACS Modelling and Simulation for Control of Lumped and Distributed Parameter System, Lille.

Bergeon B. and A. Oustaloup (1987). General Solution of Non Integer Order Linear Differential Equation. First ICIAM, Paris, Abstracts p 239.

Monsion, M., B. Bergeon, A. Khaddad and M. Bansard (1988). An Expert System for Industrial Process Identification. First IFAC Workshop on Artificial Intelligence in Real Time Control, SWANSEA, U.K., 95-99.

Bergeon B., M. Monsion and S. Ygorra (1990). Frequential Synthesis of Robust Multiple Reference Model Control. Proceedings of American Control Conference, SAN DIEGO, California, vol. 3, 3041-3043.

Herman T., B. Bergeon, B. Bonicelli, M. Monsion, F. Sevila and S. Ygorra (1990) Bond Graphs and Dynamic Modeling of a High Power Hydraulic System for Application to a Forestry Arm. AG ENG'90, Berlin.

Monsion M., B. Bergeon, A. Khaddad and J.L. Ermine (1991). SEISM: a Knowledge based System for Identification of Industrial Process. Poster invité, European Control Conference, Grenoble.

Ygorra S., B. Bergeon and M. Monsion (1991). Design Methodology for Robust Multiple Reference Model Control. European Control Conference, Grenoble.

Zolghadri A., B. Bergeon, M. Monsion, J. L. Ermine and Z. Benzian (1991). A Supervision Expert System for Robust Control of a Manipulator. 3rd IFAC -Artificial Intelligence in Real-Time Control, Nappa-Sonoma, California.

Zolghadri A., M. Monsion and B. Bergeon (1991). A supervised path planner. 5th International Conference on Advanced Robotics, Pisa, Italy.

Bergeon B., A. Zolghadri, M. Monsion and S. Ygorra (1991). Towards a supervised Robust Control of a Manipulator. Proceedings of American Control Conference, BOSTON, Massachusetts, vol. 3, 3058-3063.

Bergeon B., J. L. Ermine, A. Khaddad, M. Monsion (1991). Generic Expert System for Identification of Industrial Processes. Proceedings of 9th IFAC-IFORS Symposium on Identification and Parameters Estimation, Budapest, Hungary, 275-280.

Bergeon B., A. Zolghadri, Z. Benzian, M. Monsion and J. L. Ermine (1992). A Knowledge Based Supervision System of a Robot. 1^{er} Congrès Franco-Japonais de Mécatronique, Besançon.

Alkhatib B., B. Bergeon, J.L. Ermine, C.M. Falinower and M. Monsion (1992). SECOA: a knowledge based system for control design. ICARCV'92, Singapore.

Bergeon B., A. Zolghadri, Z. Benzian, J. L. Ermine and M. Monsion (1992). Knowledge Based Supervision System of a Cutting Tool Robot. Communication invitée, ICARCV'92, Singapore.

Zolghadri A., B. Bergeon and M. Monsion (1992). On-line fault detection using ellipsoidal confidence regions. ICARCV'92, Singapore.

Zolghadri A., E. Prempain, B. Bergeon and M. Monsion (1992). Local path-planning for a robotic contour following problem. ICARCV'92, Singapore.

Herman T., B. Bonicelli, F. Sevila, B. Bergeon and M. Monsion (1992) Predictive Control of High Power Hydraulic Systems for Application to a Forestry Arm. IEEE International Conference on Robotics and Automation, Nice.

Alkhatib B., B. Bergeon, J.L. Ermine, C.M. Falinower and M. Monsion (1992). Generic Expert System for Control Design. EXPERTSYS-92, Paris.

Alkhatib B., B. Bergeon, J.L. Ermine, C.M. Falinower and M. Monsion (1993). Generic Knowledge Based System for Design Analysis of Control Law for Industrial Processes. 4th Symposium on Expert Systems Application to Power Systems, Melbourne, Australia.

Bergeon B., A. Zolghadri, Z. Benzian, J. L. Ermine, M. Monsion (1993). Specification of a Real-Time Knowledge Based Supervision System. Proc. 12th IFAC World Congress, vol. 1, pp. 113-118, Sydney, Australia.

Alkhatib B., B. Bergeon, J.L. Ermine, C.M. Falinower and M. Monsion (1993). A Second Generation Expert System for Control Design. Proc. 12th IFAC World Congress, Sydney, Australia.

Alkhatib B., B. Bergeon, J.L. Ermine, C.M. Falinower and M. Monsion (1993). Knowledge Based System for Control Law Design. IEEE SMC'93, Le Touquet.

- Martinez D., J. P. Granier, B. Bergeon et P. Coustal (1995), H^∞ design and H^∞ control of GAMMA bench, EUROMECH 341, Giens France.
- Benzian Z., B. Bergeon, J. L. Ermine, C. M. Falinower (1995). Knowledge Engineering for a Power Plant Operations Support System. 7th IFAC/IFORS/IMACS Symposium on Large Scale Systems : Theory and Applications, vol. 2, pp. 627-632, London, UK.
- Prempain E., B. Bergeon (1995). Multivariable Two degree of Freedom Controller Methodology : The R2M2 approach. IFAC Conf. on System Structure and Control, vol.1, pp. 426-431, Nantes.
- Prempain, E. and B. Bergeon (1995). Robust tracking via the Robust Multiple Reference Model. European Control Conference, vol.1, pp.584-589, Roma, Italy.
- Benzian Z., B. Bergeon, C. M. Falinower, J. L. Ermine (1995). Improving the Development Process of Power Plants Operations Support Systems. European Control Conference, vol. 4, pp. 3166-3171, Roma, Italy.
- Prempain, E. and B. Bergeon (1996). An Initialization Procedure for the D-K iterations Algorithm for a Class of Problem. 13th IFAC 96 World Congress. San Francisco, California.
- Ygorra S., F. Cazaurang, B. Bergeon, (1996) Anti windup control of stable plants with input saturation CESA'96, Lille.
- Cazaurang F., S. Ygorra, B. Bergeon (1996) Anti windup position control of synchronous machine with current limitation, ELECTRIMACS 1996, St Nazaire.
- Savignac C. and B. Bergeon (1997) Knowledge specification for supervisory control, IFAC AIRTC, Kuala Lumpur.
- B. Bergeon (1997) Robust SISO control : a mixed H^∞ /QFT design. QFT, Glasgow.
- B. Bergeon and Ch. Savignac (1997) Knowledge modelling for the specification of a supervision system, IMACS World Congress, Berlin
- S. Ygorra, E. Lu and B. Bergeon (1998) A H^∞ design for an anti-windup scheme, IFAC SSC, Nantes.
- Ch. Savignac, B. Bergeon and S. Viollet (1998) Bumpless switching of two-degree-of-freedom generic controller, IEE-Int. Conf. on CONTROL'98, Swansea UK.
- Lu E., B. Bergeon and S. Ygorra (1999) An anti windup control using mu-synthesis. IEEE-MED'99, Haifa.
- Cazaurang F., B. Bergeon and S. Ygorra (mars 2000): Robust control of flat non-linear system. IFAC Workshop LHMNLC, Princeton NJ, USA.
- Rabah R., B. Bergeon and X. Dusser (juin 2000): on state space representation for linear discrete-time systems in Hilbert spaces. Symp. on Math. Theory of Networks and Systems, Perpignan, France.

Bergeon B., F. Cazaurang, N. Philippe (2001) H ∞ design and multivariable delay margin. IFAC System and Structure Control, Prague, août 2001.

Lavigne L., F. Cazaurang and B. Bergeon (2001) Modelization of disturbed flat system for robust control design. IFAC NOLCOS, Saint Petersburg, juillet 2001.

Cazaurang F., L. Lavigne. and B. Bergeon (2002), LFT representation of a longitudinal perturbed aircraft model by flatness approach. IEEE CACSD, Glasgow.

Cazaurang F., B. Bergeon and L. Lavigne (2003) Modelling of a longitudinal disturbed aircraft model by flatness approach. AIAA Guidance, Navigation and Control Conference, Austin Texas.

Direction de thèses :

Ygorra Stéphane: Commande robuste à modèle de référence multiple: application à une table de découpe. Février 1992. (50%) (Maître de Conférences, Bordeaux 1)

Khaddad Abdolali : Contribution à la réalisation d'un système à base de connaissances pour l'identification des systèmes. Juillet 1992. (25%)

Zolghadri Ali : Etude et réalisation d'un système de supervision à base de connaissances d'une table de découpe. Juillet 1992. (50%). (Professeur d'Université, Bordeaux 1)

Alkhatib Bassel: Etude et réalisation d'un système d'exploitation des connaissances. Application au domaine de l'automatique. Novembre 1993. (100%). (retour en Syrie)

Prempain Emmanuel : Contribution du schéma à modèle de référence multiple aux lois de commande robustes multivariées H^∞ et μ -synthèse. Novembre 1995. (100%). (Professeur à l'Université de Liverpool, UK).

Martinez Didier: Application de la commande H^∞ au découplage et à l'amortissement actif par action inertielle. Avril 1996. (100%). (Ingénieur de recherche, Renault).

Cazaurang Franck : Commande robuste des systèmes plats. Application à la commande d'une machine synchrone. Décembre 1997. (75%). (Maître de Conférences, Bordeaux 1)

Savignac Christophe : Contribution à la conception de systèmes de supervision à base de connaissances : spécification de la fonction de conduite. Octobre 1999. (100%)

Lavigne Loïc : Outils d'analyse et de synthèse des lois de commande robuste des systèmes dynamiques plats. Juin 2003. (50%). (Maître de Conférences, Bordeaux 1).