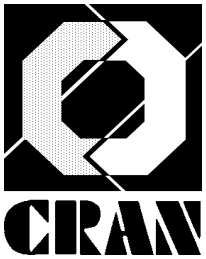
Institut National Polytechnique de Lorraine
Ecole Doctorale IAE + M
DFD Automatique



Habilitation à diriger des recherches

Présentée par

Didier MAQUIN

Docteur de l'Université de Nancy 1
Maître de Conférences à l'Institut National
Polytechnique de Lorraine

Document 1 : Curriculum vitae étendu

Diagnostic à base de modèles des systèmes technologiques

Soutenue le 18 novembre 1997 devant la commission d'examen :

Rapporteurs :	Bernard Dubuisson	Professeur, UTC
	José Ragot	Professeur, ENSG-INPL
	Marcel Staroswiecki	Professeur, Université de Lille I
Examinateurs :	René Husson	Professeur, ENSEM-INPL
	Philippe Mouyon	Ingénieur de recherche, ONERA-CERT
	Ronald Patton	Professeur, Université de Hull

A mon père,

disparu beaucoup trop tôt,
qui n'aura pas pu se rendre
compte combien je lui ressemble.

Avant propos

L'habilitation à diriger des recherches est en place depuis une dizaine d'années. Elle continue cependant de revêtir des formes très différentes. Constituée simplement de quelques publications reliées sans explications complémentaires ou, au contraire, d'une synthèse scientifique de trois cent pages, les formes que les candidats à ce titre lui donnent sont très variées. Ayant lu un certain nombre de ces documents, j'ai essayé de faire la synthèse des présentations qui m'ont le plus séduites.

Le mémoire que je présente en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches est donc constitué de trois documents séparés. Le premier document est un "Curriculum vitae étendu" dont l'objet est de me présenter. Il comprend une partie intitulée "activité de recherche" dans laquelle je décris, sous forme d'un rapport d'activité, les dix années de recherche conduites après ma thèse. Le second document, que j'ai intitulé "Contexte scientifique", situe les thématiques de recherche auxquelles je me suis intéressé. Ce document ne constitue pas une synthèse en ce sens qu'il est volontairement incomplet ; seuls figurent les thèmes auxquels j'ai pu apporter une contribution. On notera, par exemple, que la conception d'observateurs en présence d'incertitudes non structurées ou que cette même conception par placement de la structure propre ne sont pas évoqués. Je suis bien sûr le développement de ces travaux, mais je n'y ai pas, pour l'instant, apporté de contribution ; ils ne figurent donc pas dans ce document. Enfin, le troisième document est une sélection d'articles dont je suis co-auteur. Ils ont été choisis de manière à illustrer le mieux possible les différentes thématiques de recherche que j'ai abordées.

Sommaire

1. Etat civil 5
2. Situation actuelle 5
3. Cursus universitaire..... 5
4. Activités de recherche..... 6
    4.1. Travaux de thèse..... 6
    4.2. Encadrement de chercheurs et responsabilité de contrats 7
    4.3. Intégration dans la communauté scientifique.....24
    4.4. Bilan et perspectives 26
5. Activités pédagogiques 29
6. Activités administratives et responsabilités collectives.....31
7. Liste des publications.....33
    7.1. Revues internationales et nationales avec comité de lecture 33
    7.2. Contribution à la rédaction d'ouvrages 35
    7.3. Congrès internationaux et nationaux 35
    7.4. Rapports de recherche et de fin de contrat, mémoires.....39

1. Etat civil

MAQUIN Didier

48 ter, rue de Longefond
54220 Malzéville

Né le 22 novembre 1959 à Nancy (54)
Nationalité Française
Vie maritale - 2 enfants

2. Situation actuelle

Maître de Conférences à l'Institut National Polytechnique de Lorraine
61ième section, "Génie informatique, automatique et traitement du signal"
affecté à l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie.

Chercheur au Centre de Recherche en Automatique de Nancy,
Groupe Diagnostic et Robustesse,
2, Avenue de la Forêt de Haye, 54516 Vandoeuvre Cedex

Tuteur Scientifique : J. RAGOT.

Bénéficiaire d'un contrat d'encadrement doctoral (10/1991 – 10/1995 et depuis 10/1996),
Autorisé à co-diriger des thèses (02/1993),

3. Cursus universitaire

1987 Thèse de Doctorat de l'Université de Nancy I,
"Observabilité, diagnostic et validation de données des procédés industriels",
Président : R. Husson, rapporteurs : M. Darouach, J. Ragot
examinateurs : M. Aubrun, E. Deliac, B. Dubuisson, J. Mouchnino
mention très honorable avec félicitations du jury.

1984 Diplôme d'Etudes Approfondies en Génie Electrique,
option Automatique, mention assez bien (Université de Nancy I).

1982 Maîtrise de Sciences et Techniques Automatique et Commande Numérique,
mention assez bien (Université de Nancy I).

1980 D.E.U.G. Sciences de la matière, option technologie (Université de Nancy I).

1977 Baccalauréat série E (Lycée H. Loritz, Nancy).

4. Activités de recherche

Je suis entré au Centre de Recherche en Automatique de Nancy au sein du Laboratoire d'Automatique et de Recherche Appliquée dirigé par les professeurs M. Aubrun et C. Humbert en septembre 1983.

4.1. *Travaux de thèse*

Intégré dans l'équipe de recherche travaillant sur la validation de données et le diagnostic dirigée par le professeur J. Ragot, je me suis préoccupé du problème de décomposition structurelle des réseaux complexes dans le cadre d'une Action Thématique Programmée C.N.R.S. : "Décomposition des systèmes n-linéaires". L'utilisation de méthodes statistiques d'analyse de données telle que l'analyse typologique m'a permis d'élaborer une méthode originale de décomposition.

Je me suis ensuite intéressé aux différents problèmes posés par la validation de données dont l'objectif principal est de fournir des informations fiables et crédibles. Durant ma première année de thèse, des contacts scientifiques avec des ingénieurs de C.d.F. Chimie S.A. à Verneuil-en-Halatte ont abouti à la signature d'un contrat concernant la validation des informations d'une unité de production de la plate-forme pétrochimique de Carling. L'étude, dont la durée totale a été de deux ans, avait comme principaux objectifs "industriels" :

- le développement d'un logiciel de validation et son implantation au centre de recherche de C.d.F. Chimie S.A. à Verneuil à des fins de tests ;

- le développement d'un logiciel de contrôle reposant sur la méthode de validation de données par équilibrage de bilan mais prenant en compte les particularités du procédé pour l'atelier de production de Carling ;

- l'élaboration d'importantes extensions au niveau de la validation et de la détection des erreurs utilisant par exemple l'analyse des résultats selon leur chronologie et devant permettre une interprétation de ceux-ci ainsi que la détection et la localisation des capteurs en défaut.

Mon travail de thèse s'est articulé autour de ce contrat. L'ensemble des objectifs précédemment énoncés a été atteint. Sur le plan logiciel, les travaux ont abouti à la réalisation du "Logiciel de Validation de Données" (L.V.D.) qui permet la validation de données par équilibrage de bilan matière des systèmes décrits par des équations de type linéaire

(conservation de flux total) et offre des outils d'interprétation des données recueillies sur un procédé et des résultats de l'équilibrage de bilan. Ce logiciel a été commercialisé et de grands groupes s'y sont intéressés et l'ont acquis (Rhône Poulenc, Elf Aquitaine, Orkem ...). Sur le plan méthodologique, les résultats les plus significatifs ont été obtenus dans le domaine de la réconciliation des données de systèmes de grande dimension partiellement observés.

4.2. *Encadrement de chercheurs et responsabilité de contrats*

Première période 1988 - 1992

Les premières thèses auxquelles José Ragot m'a associé pour leurs encadrements sont celles de Messieurs A. Aitouche (actuellement enseignant à l'école des Hautes Etudes Industrielles de Lille) et H. Chafouk (actuellement enseignant à l'ESIGELEC de Rouen) qui ont soutenu des thèses de l'université de Nancy I respectivement le 27 novembre et le 4 décembre 1990.

Lors de ma thèse, certaines équivalences entre les méthodes de détection de défauts basées sur l'approche espace de parité statique et sur l'approche utilisant les termes correctifs normalisés avaient été mises en évidence. Il a donc été proposé à Monsieur Aitouche de poursuivre dans cette voie en l'explorant de manière systématique, c'est-à-dire en effectuant, d'une part, des tests en simulation permettant de comparer l'efficacité de ces différentes méthodes de détection, et, d'autre part, d'appliquer ces méthodes sur des données réelles issues d'un pilote de laboratoire constitué d'un réseau de cuves interconnectées. Les méthodes, initialement développées dans le cadre des systèmes décrits par un jeu d'équations linéaires, ont également été étendues au cas de systèmes bilinéaires. Ces travaux ont donné lieu aux publications [7] et [41].

Au cours de la réalisation du contrat avec CdF Chimie, l'une des principales difficultés de l'implantation, en milieu industriel, du logiciel de validation de données LVD a concerné l'évaluation de la précision des mesures. C'est la raison pour laquelle, l'estimation simultanée des données et de leurs variances fût le sujet proposé à Monsieur H. Chafouk. Cette estimation est effectuée au sens du maximum de vraisemblance. Les résultats, intéressants d'un point de vue théorique se sont cependant révélés peu utilisables d'un point de vue pratique car nécessitant un volume de données trop important. Ces travaux ont donné lieu aux publications [32] et [47].

Parallèlement à l'encadrement de ces travaux, j'ai assuré la responsabilité scientifique de trois contrats importants succinctement décrits ci-après. Tous ces travaux se sont inscrits

dans la voie tracée par mes travaux de thèse. La présentation du savoir-faire du laboratoire, en matière de validation de données et de détection de pannes de capteurs, au moyen du logiciel L.V.D. dont je suis le principal concepteur, a été un élément déterminant dans la négociation de chacun de ces contrats [34], [35], [40], [44] et [45].

Le premier contrat, conclu en 1988 avec la société E.d.F. (département "Surveillance, Diagnostic, Maintenance", G. Zwingelstein) a concerné la validation des informations prélevées sur le générateur de vapeur d'une tranche de centrale nucléaire (tranche de 1300 MW de la centrale de Paluel), avec comme objectif la surveillance du fonctionnement des capteurs dans le cadre de la maintenance préventive de l'instrumentation. Les méthodes de traitement reposaient sur l'utilisation conjointe de la redondance matérielle des informations et de la redondance analytique due à l'utilisation de modèles. Cette étude a en outre permis d'aborder le problème lié à l'utilisation de modèles non-linéaires. Les principales techniques de détection et de localisation de pannes de capteurs utilisées dans le cadre des bilans ont été adaptées pour tenir compte de cette difficulté supplémentaire. Les résultats obtenus, bien qu'uniquement en simulation (il était hors de question de réaliser des défauts réels sur l'installation) ont paru très satisfaisants aux représentants d'EdF. La première étude s'est déroulée sur deux ans ; au cours de celle-ci j'ai assuré l'encadrement partiel des travaux de thèse de monsieur F. Kratz. Cette thèse a été soutenue le 24 juin 1991. Ces travaux ont donné lieu aux publications [46] et [53] et à un rapport de fin de contrat [94].

Monsieur F. Kratz, qui est resté au sein du laboratoire (Maître de Conférences à l'ENSEM), a ensuite assuré la responsabilité de la poursuite de l'étude qui s'est effectuée sur la centrale de Cattenom. Suite à cette première étude, deux autres contrats d'une durée de deux ans chacun ont été signés en 1991 et 1994.

Le second contrat, conclu en 1988 avec la société Total Compagnie Minière France (division "Nord Massif-Central", C. Duchamp, J.L. Polgaire) concernait la validation de mesures et l'équilibrage de bilan matière d'un procédé de traitement d'uranium situé à Jouac (Haute Vienne). Les difficultés essentielles résidaient dans l'aspect fortement lacunaire des informations à traiter (problème d'observabilité) et dans leur forte hétérogénéité (établissement de bilans volumiques et massiques totaux, de bilans massiques en phase solide et volumiques en phase liquide et de bilan uranium). Pour la réalisation de ce contrat, j'ai assuré l'encadrement partiel des travaux de thèse de monsieur N. Héraud (actuellement Maître de Conférences à l'Université de Corté). Cette thèse a été soutenue le 27 septembre 1991. Les résultats des travaux ont été publiés dans une revue internationale [8] et ont donné lieu à un rapport de fin de contrat [93].

Le troisième contrat d'envergure, dont j'ai assuré la responsabilité scientifique, a été passé en 1989 avec la Société Nationale Elf Aquitaine Production (division "Recherche et Développement en Production", B. Cordier et C.T. Huynh) et concernait la conception d'une architecture d'instrumentation. Ce problème peut s'énoncer sommairement ainsi : où faut-il implanter des capteurs dans une installation industrielle pour obtenir l'image la plus fidèle possible de son fonctionnement même en présence de défauts de capteurs ? L'étude de l'optimisation de la position des capteurs est menée en tenant compte de contraintes portant sur l'observabilité du procédé, sur le coût global lié au nombre de capteurs, sur la précision des estimations ainsi que sur la fiabilité de l'architecture d'instrumentation, ou, plus précisément, sur un compromis entre ces différentes contraintes. Une partie de cette étude a constitué le sujet de thèse de monsieur H.C. Turbatte (actuellement ingénieur dans une société de service sous-traitant de la Cogema) dont j'ai assuré l'encadrement. Ce contrat s'est étendu en 1990, à Elf Gabon, société pour laquelle nous avons traité le problème de validation de mesures d'un procédé de transport de produits pétroliers dans le cadre d'un contrat d'un an dont j'ai assuré la responsabilité scientifique. Des résultats extrêmement intéressants ont été obtenus au cours de ces études dans un domaine où peu de travaux ont été publiés. La soutenance de thèse de monsieur H.C. Turbatte a eu lieu le 15 octobre 1992. Les résultats des travaux ont été publiés dans une revue nationale [16], lors d'une conférence [51] et ont donné lieu à un rapport de fin de contrat [95].

Enfin, j'ai partagé la responsabilité scientifique, avec monsieur G. Mourot, d'un contrat conclu en décembre 1991 avec les Mines De Potasse d'Alsace (Etablissement Amélie, Centre Jour, F. Schmitt) concernant l'élaboration d'un modèle de conduite d'un atelier de décantation et de lavage de boues. Ces boues sont issues d'un atelier de flottation où l'on extrait, à partir de la sylvinite, du chlorure de potassium (KCl). A la sortie de l'atelier de flottation, ces boues qui contiennent encore une petite quantité de KCl, sont décantées puis lavées pour récupérer ce produit utile. Les objectifs de cette étude ont été, tout d'abord, de mieux saisir et comprendre la complexité du procédé et les interactions entre les différents appareils qui constituent l'atelier, d'augmenter la disponibilité de cet atelier, d'assurer une meilleure récupération des éléments solubles et de mieux contrôler la qualité des rejets. Certains résultats de cette étude ont été présentés lors d'un congrès [71] et ont fait l'objet d'un rapport de fin de contrat [96].

Au cours de cette première période, l'essentiel des recherches, hormis ce dernier contrat, a porté sur l'amélioration des méthodes de validation de données. Des techniques d'analyse d'observabilité des systèmes multi-linéaires ont pu être mises au point, [5], [11], [12], [42] et [48] et les techniques d'estimation et de détection de défauts de capteurs améliorées [3], [4], [6], [9], [10], [33], [36], [37], [38], [39], [43] et [49]. Une synthèse de ces travaux est à l'origine de la rédaction de l'ouvrage intitulé "*Validation de données et diagnostic*", par J.

Ragot, M. Darouach, D. Maquin et G. Bloch publié en juin 1990 aux éditions Hermès dans la série “Diagnostic et Maintenance” dirigée par Messieurs B. Dubuisson et G. Zwingelstein [27].

Deuxième période 1993 - 1996

L’essentiel des travaux de la première période a porté sur la validation de données et la détection de défauts de systèmes en régime de fonctionnement statique. Rappelons que José Ragot et moi-même sommes enseignants dans une école de Géologie ; les premiers travaux ont tout naturellement été appliqués à des processus minérallurgiques, processus qui peuvent souvent valablement être représentés par des équations statiques. L’expérience acquise a cependant permis une ouverture vers d’autres secteurs d’activité, chimie (contrats CdF et Rhône Poulenc), pétrochimie (Elf Aquitaine et Elf Gabon), production d’électricité (EdF).

Nous avons ensuite ressenti la nécessité d’étudier les systèmes dynamiques. C’est ainsi que j’ai participé à l’encadrement des travaux de monsieur K. Adjallah (actuellement Maître de Conférences à l’Université de Technologie de Troyes) dont le sujet de thèse portait sur le diagnostic de systèmes par observateurs d’état. L’apport essentiel de ce travail étant la conception d’un observateur de systèmes non-linéaires et l’utilisation de bancs de tels observateurs à des fins de diagnostic. Cette thèse a été soutenue le 13 octobre 1993 et a donné lieu à deux publications dans des congrès internationaux [58] et [65].

Le 30 septembre 1994, mademoiselle S. Bousghiri a soutenu sa thèse intitulée “Diagnostic de fonctionnement de procédés continus par réconciliation d’état généralisé. Application à la détection de pannes de capteurs et d’actionneurs”. Ces travaux, que j’ai partiellement encadrés, ont constitué un pont entre les méthodes de validation de données développées dans le cadre de systèmes statiques et celles de diagnostic de systèmes décrits par un modèle d’état. En effet, l’utilisation des méthodes de validation a permis d’élaborer un filtre, assez semblable au filtre de Kalman, mais estimant simultanément l’entrée et la sortie d’un système. La mise en oeuvre de ce filtre sur un processus pilote a permis la détection de défauts de capteurs et d’actionneurs. Une partie des résultats a été publié [56].

Après une analyse fine des méthodes de diagnostic à base de modèles et une étude bibliographique importante concernant les observateurs d’état ou de sortie pour le diagnostic. Il nous a semblé qu’un effort de synthèse devait être entrepris, d’une part, pour essayer d’unifier la présentation de différents d’observateurs (correcteur, prédicteur, intégral, ...) et, d’autre part, pour fournir des méthodes numériques détaillées permettant le calcul effectif des matrices décrivant ces observateurs. C’est dans ce contexte que se sont déroulés les travaux

de thèse de mademoiselle B. Gaddouna. La soutenance a eu lieu le 3 avril 1995. Ces travaux ont donné lieu aux publications [59], [62] et [63].

Afin d'élargir le spectre de mes compétences, José Ragot m'a proposé d'être associé à l'encadrement des travaux de monsieur S. Ekongolo dont le thème de recherche concernait la modélisation de systèmes et la réduction d'ordre de modèles à l'aide de fonctions orthogonales, en particulier les fonctions de Laguerre et le lien avec d'autres méthodes comme celle des moments pondérés tronqués, des moments de Poisson ou les paramètres de Markov. L'influence de la fonction poids intervenant dans les fonctions de Laguerre sur la qualité de la reconstruction a été particulièrement étudiée. Monsieur Ekongolo a soutenu sa thèse le 4 avril 1996. Une partie des résultats obtenus ont été publiés dans des revues internationales [19] et [21] et dans un congrès [76].

Parallèlement à ces travaux, un nouveau contrat a été conclu en 1993 avec la Société Nationale Elf Aquitaine (P. Jouve). C'est dans ce cadre que j'ai assuré l'encadrement partiel des travaux de mademoiselle M. Luong qui a repris les idées développées au cours des études précédentes en les formalisant plus précisément. Des démonstrations précises de résultats intuitifs ont également pu être formulées. L'introduction de la notion de degré de redondance a permis d'unifier la manière d'énoncer les spécifications d'une architecture d'instrumentation tant en termes de redondance qu'en termes de détectabilité/isolabilité de défauts de capteurs. Mademoiselle M. Luong a soutenu sa thèse le 16 décembre 1996. Les résultats des travaux ont été publiés dans de nombreux congrès nationaux et internationaux [61], [64], [69], [70], [72], [73], [80]. De nombreux rapports d'avancement de contrat ont également été rédigés ainsi qu'un rapport final [97].

Période actuelle 1997 $\rightarrow$

Actuellement, les thésards dont j'assure partiellement l'encadrement sont :

monsieur P. Jambois, pour lequel j'ai obtenu une convention CIFRE avec la société Euriware et dont le sujet porte sur le développement de méthodes de validation et de détection de pannes de capteurs pour des systèmes bilinéaires ainsi que leur intégration au sein du logiciel Flownet (logiciel développé à l'aide du générateur de système expert G2) [79], [102].

monsieur J.M. Paris qui se préoccupe de l'adaptation de méthodes générales d'optimisation non-linéaire (particulièrement les méthodes de type SQP Sequential Quadratic Programming) pour la résolution des problèmes les plus fréquemment rencontrés en validation de données de systèmes dynamiques non-linéaires,

monsieur D. Mandel qui poursuit les recherches conduites par H. Turbatte et M. Luong concernant le placement de capteurs. Monsieur Mandel se préoccupe de la sensibilité des résidus issus des équations de redondance, par rapport à l'amplitude des défauts. Le placement de capteurs qui en résulte garantit, au sens statistique, la détectabilité et l'isolabilité d'un sous-ensemble donné de défauts [25], [84], [85], [103]. L'application de ces techniques s'effectue, dans le cadre d'un partenariat avec la Communauté Urbaine du Grand Nancy (CUGN), sur un réseau de distribution d'eau potable ; l'objectif principal étant la détection-localisation de "casses" de canalisations.

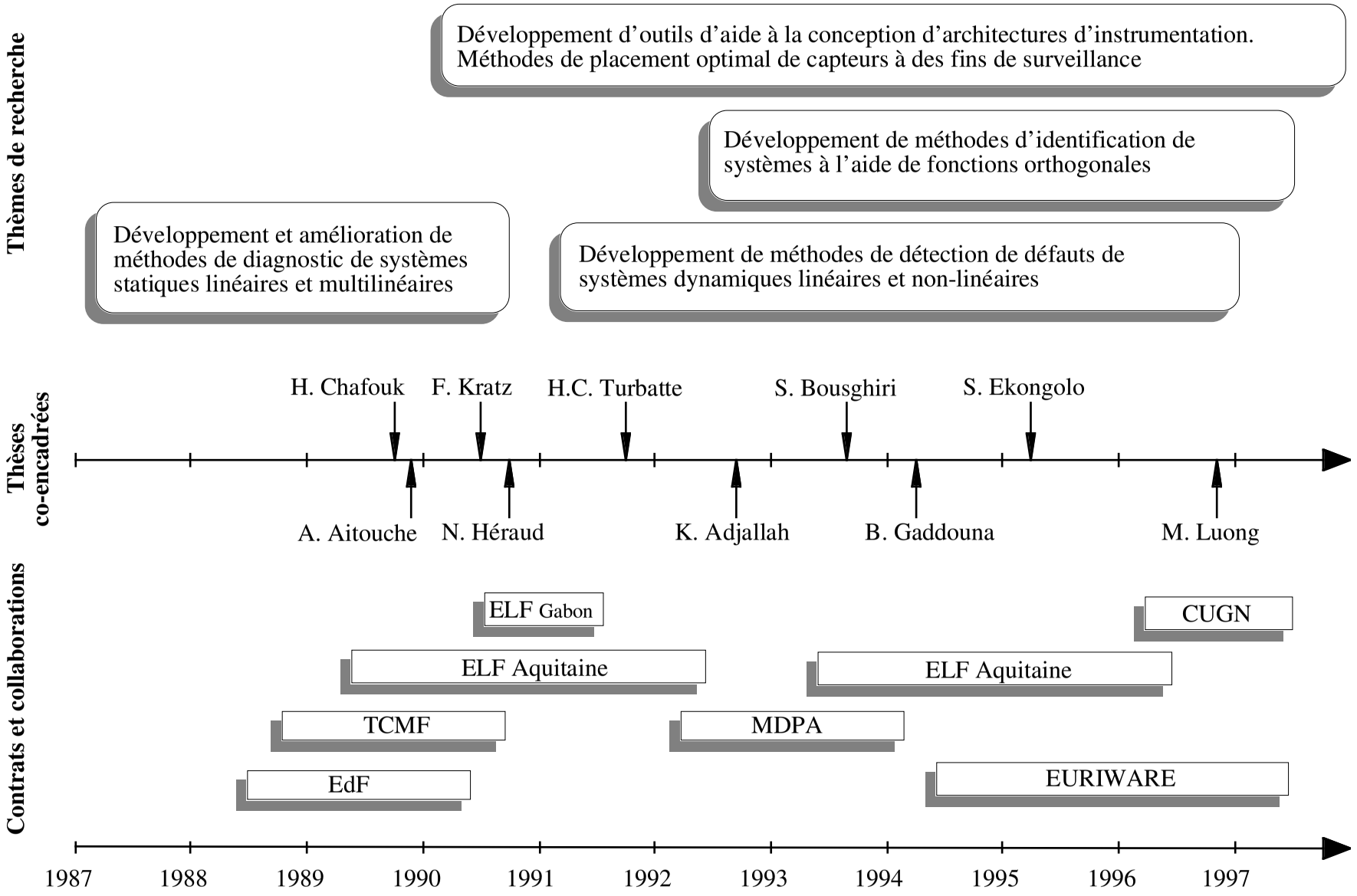
et enfin toujours dans le cadre d'une ouverture thématique, nécessaire à un futur "habilité", monsieur R. Malti, qui poursuit les travaux engagés par monsieur Ekongolo sur l'identification à l'aide de fonctions orthogonales. Monsieur Malti s'est intéressé à l'optimisation du pôle des fonctions de Laguerre ainsi qu'à l'élaboration de multi-modèles dont les composants sont des filtres de Laguerre, permettant ainsi d'identifier des systèmes dont la structure est non linéaire [24], [86].

Le tableau ci-après donne, à titre indicatif, les taux d'encadrement partiel de chacun de ces chercheurs.

Thèses soutenues			
H. Chafouk (1990)	75%	A. Aitouche (1990)	75%
F. Kratz (1991)	50%	N. Héraud (1991)	75%
H.C. Turbatte (1992)	50%	K. Adjallah (1993)	50%
S. Bousghiri (1994)	50%	B. Gaddouna (1995)	50%
S. Ekongolo (1996)	25%	M. Luong (1996)	75%
Thèses en cours			
P. Jambois	75%	J.M. Paris	50%
D. Mandel	50%	R. Malti	25 %

Le synoptique de la page suivante donne une vue synthétique des contrats et collaborations dont j'ai été responsable, les thèses que j'ai co-encadrées ainsi que les principaux thèmes de recherche abordés.

Les "fiches" qui suivent présentent, pour chaque thèse, le nom du doctorant, le titre de la thèse, l'université devant laquelle la thèse a été soutenue, la date de soutenance, la composition du jury ainsi que le résumé signalétique.


Thèmes de recherche
Développement d'outils d'aide à la conception d'architectures d'instrumentation. Méthodes de placement optimal de capteurs à des fins de surveillance
Développement de méthodes d'identification de systèmes à l'aide de fonctions orthogonales
Développement et amélioration de méthodes de diagnostic de systèmes statiques linéaires et multilinéaires
Développement de méthodes de détection de défauts de systèmes dynamiques linéaires et non-linéaires
Thèses co-encadrées
H. Chafouk
F. Kratz
H.C. Turbatte
S. Bousghiri
S. Ekongolo
A. Aitouche
N. Héraud
K. Adjallah
B. Gaddouna
M. Luong
Contrats et collaborations
ELF Gabon
CUGN
ELF Aquitaine
ELF Aquitaine
TCMF
MDPA
EdF
EURIWARE
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997

Houcine CHAFOUK

Validation de données à variance inconnue.

Thèse de Doctorat de l'Université de Nancy I, soutenue le 27 novembre 1990.

Rapporteurs : Eric Ostertag, Professeur à l'Ecole Nationale de Physique de Strasbourg
Mohamed Darouach, Professeur à l'IUT de Longwy

Examinateurs : Jean Fayolle, Directeur de l'entreprise AUTOMATICA
Claude Humbert, Professeur à l'Université de Nancy I
Didier Maquin, Maître de Conférences à l'Université de Nancy I
José Ragot, Professeur à l'INPL-ENSG

L'objectif fondamental de cette thèse est de développer des algorithmes pour l'estimation des variances des erreurs de mesure. Les techniques proposées utilisent l'hypothèse de normalité des erreurs de mesure ce qui permet d'expliciter très simplement leur fonction de vraisemblance.

Les travaux antérieurs dans ce domaine sont peu nombreux ce qui justifie l'intérêt de ce travail. Au niveau pratique, l'approche proposée est également importante car dans la plupart des procédés industriels la méconnaissance de la variance des mesures est un fait très courant.

Dans ces différentes approches, nous avons particulièrement développé l'estimation de variances et de grandeurs réelles pour les systèmes linéaires et bilinéaires mesurés et partiellement mesurés et nous avons généralisé le calcul de ces estimations aux systèmes multi-linéaires globalement redondants. De nombreux exemples en simulation ont permis de valider les concepts théoriques.

Abdelouhab AITOUCHE

Détection et localisation de défaillances de capteurs.

Thèse de Doctorat de l'Université de Nancy I, soutenue le 4 décembre 1990.

Rapporteurs : Michel Enjalbert, Professeur à l'IGC Toulouse
Mohamed Darouach, Professeur à l'IUT de Longwy

Examinateurs : Michel Aubrun, Professeur à l'Université de Nancy I
Abdelhafid Feghouli, Directeur de l'Institut Algérien du Pétrole
Wojciech Gomolka, Professeur à l'Université de Haute Silésie (Pologne)
Didier Maquin, Maître de Conférences à l'Université de Nancy I
José Ragot, Professeur à l'Institut National Polytechnique de Lorraine

L'objectif fondamental de cette thèse est la comparaison de méthodes de détection de défauts de capteurs. Des fonctions statistiques de comparaison, utilisées sur différents horizon temporels, permettent de détecter des changements dans les caractéristiques des capteurs. Des défauts réels, provoqués sur une installation pilote, permettent d'évaluer les performances des méthodes qui ont été retenues.

Les performances de la méthode de l'espace de parité ont été comparées aux méthodes des termes correctifs normalisés et aux écarts de fermeture de bilan normalisés dans le cas de systèmes linéaires. Une estimation de l'amplitude de défaut basée sur le critère des moindres carrés a été développée. Une autre technique de détection, basée sur le critère d'information d'Aikaike, associée à un algorithme de recherche systématique des capteurs défaillants, a été développée. Toutes ces méthodes ont été appliquées lorsqu'on dispose d'une ou plusieurs campagne de mesure.

Une technique utilisant une estimation récursive des grandeurs réelles par élimination de contrainte a été développée et appliquée à la détection de défaillances de capteurs.

Dans le cas des systèmes bilinéaires, nous avons étendu la méthode des termes correctifs normalisés et la méthode des écarts de fermeture de bilan normalisés à la détection de défauts. Des algorithmes pour localiser les capteurs en défaut ont été proposés. Une technique d'estimation de l'amplitude de défaut basée sur un calcul hiérarchisé à deux niveaux permet d'estimer l'amplitude des défauts.

Frédéric KRATZ

Utilisation des techniques de redondances matérielles et analytiques à la détection de pannes de capteurs. Application aux centrales nucléaires.

Thèse de Doctorat de l'Université de Nancy I, soutenue le 24 juin 1991.

Rapporteurs : Michel Aubrun, Professeur à l'Université de Nancy I
Eric Ostertag, Professeur à l'Ecole Nationale de Physique de Strasbourg

Examinateurs : André Despujols, Ingénieur de Recherche à la DER d'EdF
Didier Maquin, Maître de Conférences à l'Université de Nancy I
José Ragot, Professeur à l'INPL-ENSG
Marcel Staroswiecki, Professeur à l'Université de Lille 1

Dans ce travail, on s'intéresse à la détection de pannes de capteurs sous les aspects suivants :

- la détection proprement dite,
- la localisation de l'élément défectueux,
- la correction de l'erreur.

On examine le comportement de quelques méthodes appliquées à la redondance analytique statique linéaire ou non (espace de parité, fermeture des équations de contrainte, termes correctifs normalisés) à l'aide de données simulées.

L'utilisation de modèles non-linéaires pour la redondance analytique est abordée. A partir des techniques des écarts de fermeture de contrainte et des termes correctifs normalisés, nous présentons une extension dans le cas des modèles non-linéaires en insistant sur les propriétés mathématiques que doivent posséder les modèles. Après avoir montré les difficultés rencontrées lors du calcul des estimées des grandeurs vraies et de l'agrégation des voies en défaut, une méthode basée sur la linéarisation des modèles est détaillée.

La méthode des termes correctifs normalisés a été appliquée à l'instrumentation du circuit secondaire d'un générateur de vapeur de la centrale REP de Paluel. Des résultats encourageants ont étés obtenus. Une connaissance approfondie des modèles et une identification des paramètres plus parfaite peuvent néanmoins contribuer à de meilleurs résultats.

Nicolas HERAUD

Validation de données et observabilité des systèmes multilinéaires.

Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine
soutenue le 27 septembre 1991.

Rapporteurs : Nicolas Cheimanoff, Maître de Recherche aux Mines de Paris
Didier Maquin, Maître de Conférences à l'Université de Nancy I

Examinateurs : Michel Aubrun, Professeur à l'Université de Nancy I
Mohamed Darouach, Professeur à l'IUT de Longwy
Jean Sébastien Ibos-Auge, Ingénieur à Total Compagnie Minière France
José Ragot, Professeur à l'INPL-ENSG

Le travail présenté concerne la validation de données et l'observabilité des systèmes multilinéaires dans le but d'effectuer le diagnostic de l'instrumentation d'une installation.

Après un rappel sur la validation de données et l'observabilité des systèmes linéaires, ces notions sont étendues aux systèmes multilinéaires. Différentes méthodes, telles que le calcul hiérarchisé, la linéarisation des contraintes et les fonctions de pénalisation sont présentées pour l'estimation des valeurs vraies en présence de mesures manquantes. Ces différentes méthodes sont comparées et un algorithme récursif d'estimation utilisant les techniques de linéarisation des contraintes et des fonctions de pénalisation est présenté. La validation de données ne peut être effectuée que sur des systèmes observables. Nous avons donc développé une méthodologie originale, basée sur l'emploi de diagrammes arborescents, qui permet d'extraire les équations les équations du procédé correspondant à sa partie observable. La technique de validation de données a été appliquée avec succès sur un procédé complexe de traitement de minerai d'uranium de la société Total Compagnie Minière France. L'installation partiellement instrumentée permet de disposer de mesures de flux volumiques, de masse volumique, de teneur d'uranium dans la phase solide et liquide des flux. Outre l'obtention de données cohérentes, l'analyse des résultats de la validation permet de détecter d'éventuels défauts sur l'instrumentation.

Hervé-Claude TURBATTE

Conception d'architectures d'instrumentation sous contraintes d'observabilité et de fiabilité. Application à des plates-formes pétrolières.

Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine
soutenue le 15 octobre 1992.

Rapporteurs : Geneviève Dauphin-Tanguy, Professeur à l'Ecole Centrale de Lille
André Titli, Professeur à l'INSA de Toulouse

Examinateurs : Claude Humbert, Professeur à l'Université de Nancy I
Chang Trung Huynh, Ingénieur à Elf Aquitaine
Didier Maquin, Maître de Conférences à l'INPL-ENSG
José Ragot, Professeur à l'INPL-ENSG

Pour un processus, notre objectif a été, d'une part, de quantifier la disponibilité des informations nécessaires à la conduite et, d'autre part, de déterminer où placer des capteurs pour que, lors de la défaillance d'un ou plusieurs capteurs, les variables nécessaires à la conduite soient toujours observables en fonction de contraintes de fiabilité, de position ou de coût financier.

Pour évaluer la fiabilité d'une architecture d'instrumentation donnée (MTTF : Mean Time To Failure), deux approches ont été développées. Dans la première approche, la fiabilité est calculée directement en recherchant toutes les pannes de capteurs qui ne nuisent pas à l'observabilité des variables. Dans la deuxième approche, plus simple et plus rapide, on calcule la fonction de défiabilité de l'architecture en utilisant la Méthode de l'Arbre des causes (MAC).

Pour rechercher l'architecture d'instrumentation la plus fiable, quatre méthodes ont été développées. Ces méthodes sont basées soit sur une comparaison du MTTF de différentes architectures, soit sur une analyse de la structure du graphe du processus, soit sur une analyse de l'évolution de la fiabilité dans le temps ou encore sur une analyse des cycles contenus dans le graphe du processus.

Les méthodes développées ont été appliquées avec succès sur des plates-formes pétrolières de la société Elf.

Kondo Hloindo ADJALLAH

Contribution au diagnostic de systèmes par observateur d'état.

Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine
soutenue le 13 octobre 1993.

Rapporteurs : Driss Mehdi, Professeur à l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers
Marcel Staroswiecki, Professeur à l'Ecole Centrale de Lille

Examinateurs : Mohamed Darouach, Professeur à l'IUT de Longwy
Didier Maquin, Maître de Conférences à l'INPL-ENSG
Alain Richard, Professeur à l'Université de Nancy I
José Ragot, Professeur à l'INPL-ENSG

La détection de défauts et le diagnostic à base de modèles utilisent différentes formes d'équations de représentation des systèmes, dont les modèles d'état. Les méthodes de détection de défauts basée sur la génération de redondances par observateurs d'état s'appuient, pour la plupart, sur des modèles linéaires ou linéarisés. Après avoir posé, dans un chapitre de généralités, les problèmes liés au diagnostic dans les système industriels en général, un ensemble de techniques permettant de les résoudre est proposé, d'abord dans le cas linéaire, puis dans le cas non-linéaire tout en évitant d'emprunter les formes canoniques observables souvent difficiles à manipuler. Le mémoire se décompose en trois principaux chapitres.

Le premier chapitre commence par un bref rappel de la théorie générale des observateurs d'état et des méthodes de base de construction dans le cas linéaire. Ensuite, quelques méthodes de reconstruction d'état de systèmes linéaires en présence d'entrées perturbatrices ou "inconnues" sont présentées. Dans le second chapitre, on examine les problèmes de la reconstruction d'état des systèmes non-linéaires et on propose quelques techniques de reconstruction d'état pour ces systèmes dont la principale est basée sur la théorie de stabilité de Lyapunov. Les résultats de ces reconstructions d'état sont comparés, à l'aide d'un exemple, à ceux d'une technique basée sur la transformation du système sous forme canonique. Enfin, dans le troisième chapitre, on décrit les méthodes et techniques de génération de résidus robustes pour la détection de défauts des systèmes linéaires et linéarisés en présence d'erreurs de modèles ou de linéarisation ainsi que des systèmes non-linéaires. Des résultats comparatifs sont présentés et analysés sur un exemple.

Souad KRATZ-BOUSGHIRI

Diagnostic de fonctionnement de procédés continus par réconciliation d'état généralisé. Application à la détection de pannes de capteurs et d'actionneurs.

Thèse de Doctorat de l'Université de Nancy I, soutenue le 30 septembre 1994.

Rapporteurs : Gérard-Léon Gissinger, Professeur à l'Université de Haute-Alsace
Michel Vergé, Professeur à l'ENSAM de Paris

Examinateurs : Mohamed Darouach, Professeur à l'IUT de Longwy
Claude Laurent, Professeur à l'Université de Metz
Didier Maquin, Maître de Conférences à l'INPL-ENSG
José Ragot, Professeur à l'INPL-ENSG
Dominique Sauter, Professeur à l'Université de Nancy I

Les travaux présentés dans ce mémoire, concernent l'étude de la détection et de la localisation de défauts de fonctionnement de capteurs ou d'actionneurs de systèmes continus en régime dynamique.

Après un rappel sur la notion de détection, nous présentons différentes approches du diagnostic en insistant plus particulièrement sur les méthodes utilisant la redondance analytique. Un bref aperçu de la théorie de la réconciliation de données est exposé. Différentes méthodes permettant une estimation simultanée des états et commandes (état généralisé) sont présentées dans le cas général, c'est-à-dire dans le cas où toutes les grandeurs ne sont pas nécessairement mesurées. La solution proposée donne une estimation en temps différé, car du point de vue temps et volume de calcul, son application directe s'avère inexploitable. A partir de la formulation du problème d'estimation, nous donnons des solutions adaptées à un traitement en ligne sous deux formes. La première forme montre que l'estimation est une fonction linéaire des mesures antérieures. La seconde forme est récursive, la solution à l'instant courant est fonction de celle obtenue à l'instant précédent. Pour cette seconde forme, nous utilisons la formulation des systèmes singuliers pour l'estimation de l'état et de la commande. Ces méthodes sont comparées sur des exemples permettant de mieux cerner les avantages et les inconvénients de chacune d'entre elles pour une application au diagnostic. Nous présentons ensuite, compte tenu du choix de l'estimateur sur fenêtre glissante, une stratégie de détection et de localisation de défaut de capteurs ou d'actionneurs. La sensibilité de l'estimateur vis-à-vis des incertitudes de modèle est alors abordée. Nous développons ensuite une fonction de localisation de l'élément défaillant. L'application à deux systèmes réels, un pendule inversé et un procédé hydraulique, montre les bonnes qualités de notre stratégie.

Besma GADDOUNA

Contribution au diagnostic des systèmes linéaires invariants à entrées inconnues. Application à un processus hydraulique.

Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, soutenue le 3 avril 1995.

Rapporteurs : Eric Ostertag, Professeur à l'Ecole Nationale de Physique de Strasbourg
J.C. Trigeassou, Professeur à l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers

Examinateurs : Mohamed Darouach, Professeur à l'IUT de Longwy
Gérard Krzakala, Professeur à l'Université de Nancy I
Didier Maquin, Maître de Conférences à l'INPL-ENSG
José Ragot, Professeur à l'INPL-ENSG

L'objectif de ce mémoire de thèse est le diagnostic des systèmes invariants affectés de perturbations. Dans le premier chapitre nous avons présenté les méthodes de reconstruction complète et partielle d'état des systèmes réguliers linéaires mono et multi-sorties. Nous avons montré que les observateurs d'ordre complet et d'ordre réduit, comprenant les observateurs prédicteurs, correcteurs et intégraux, sont tous issus d'une structure générale que nous avons appelée "observateur généralisé". Dans le deuxième chapitre, nous avons développé des méthodes de reconstruction d'état des systèmes linéaires affectés de perturbations sur la commande et sur la sortie. Nous avons estimé ces perturbations. Dans le cas où celles-ci affectent la commande du système, appelé ainsi système à entrées inconnues, nous avons développé deux méthodes de calcul des matrices d'un observateur de Luenberger destiné à reconstruire l'état de ce type de système. Dans le troisième chapitre, nous avons présenté l'analogie existant entre un système singulier et un système régulier à entrées inconnues. Nous avons étendu la technique de détermination des matrices d'un observateur (UIO) présentée dans le deuxième chapitre, à un observateur permettant la reconstruction d'état d'un système singulier. Dans le cadre du diagnostic des systèmes singuliers, nous avons étendu la méthode de génération d'équations de parité à ce type de systèmes. Dans le quatrième chapitre, nous avons appliqué la méthode de détermination des matrices d'un observateur UIO dans le but de reconstruire l'état du processus réel et d'effectuer son diagnostic. L'observateur mis en oeuvre possède la qualité d'être peu sensible aux perturbations.

Simon Honoré BEBE EKONGOLO

Contribution à l'identification des systèmes dynamiques sur la base de filtres orthogonaux. Le cas des filtres de Laguerre.

Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, soutenue le 4 avril 1996.

Rapporteurs : Michel Monsion, Professeur à l'Université de Bordeaux I
J.C. Trigeassou, Professeur à l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers

Examinateurs : Eric Ostertag, Professeur à l'Ecole Nationale de Physique de Strasbourg
Didier Maquin, Maître de Conférences à l'INPL-ENSG
José Ragot, Professeur à l'INPL-ENSG

La modélisation de système sous forme de fonction de transfert ou de matrice de transfert est classique en automatique. Elle comporte une phase dite structurelle délicate et une phase d'estimation des paramètres. L'utilisation de filtres orthogonaux dans ce cadre, réduit toutefois souvent la phase de modélisation structurelle au simple choix de la famille des filtres et conduit à des modèles linéaires facile à identifier (à partir des moindres carrés pondérés par exemple). En particulier, les filtres de Laguerre-Kautz, que nous avons étudié dans cette thèse, se révèlent d'une grande efficacité pour la représentation d'une très large classe de systèmes et de signaux.

La littérature sur les modèles de Laguerre est néanmoins surtout relative aux systèmes mono-variable et malgré de nombreuses et variées application concrètes, elle présente un certain nombres de points délicats notamment, en rapport avec le rôle des fonction-poids, le choix du pôle et la mise en oeuvre. Les contributions majeures de notre travail portent donc en partie sur ces points.

Dans ce travail, nous avons en effet proposé et longuement étudié diverses utilisation de fonction-poids dans l'approximation de Laguerre de systèmes mono-variable. Nous avons développé une méthode itérative générale d'optimisation de cette approximation dont nous avons étudié la mise en oeuvre, et montré, en simulation, la robustesse aux bruits de mesure non-colorés. Nous avons montré que l'on pouvait facilement contraindre les modèles de Laguerre à respecter certaines propriétés, tant temporelles que fréquentielles, du système. Nous nous sommes aussi intéressés à la simplification de modèle sous contraintes par filtres de Laguerre-Kautz. Nous avons enfin étendu la méthode d'optimisation des modèles de Laguerre aux systèmes multivariables et nous en avons présenté une application à l'identification d'un échangeur thermique industriel.

Marie LUONG

Conception optimale de l'architecture d'un système d'instrumentation sous contraintes de diagnostic, de fiabilité et de disponibilité.

Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine
soutenue le 16 décembre 1996.

Rapporteurs : Marcel Staroswiecki, Professeur à l'Ecole Centrale de Lille
Michel Vergé, Professeur à l'ENSAM de Paris

Examinateurs : Chang Trung Huynh, Ingénieur à Elf Aquitaine
Robert Lengellé, Professeur à l'Université de Technologie de Troyes
Didier Maquin, Maître de Conférences à l'INPL-ENSG
José Ragot, Professeur à l'INPL-ENSG
Pierre Zaccagnino, Responsable de la recherche à Elf Aquitaine

L'objectif de ce mémoire concerne, d'une part, l'analyse structurale et quantitative d'un processus et, d'autre part, la conception optimale d'une architecture d'instrumentation permettant de définir la position, le nombre et la précision des capteurs. Cette conception doit satisfaire à de nombreuses contraintes dont les principales sont la disponibilité de la valeur des variables nécessaires à la conduite, la détectabilité et l'isolabilité des capteurs défaillants, la précision de l'estimation, le coût, la fiabilité et la disponibilité du système d'instrumentation.

En ce qui concerne l'analyse structurale et quantitative, nous avons développé des méthodes permettant de caractériser le processus selon le critère d'observabilité, le degré de redondance des variables, la détectabilité et l'isolabilité des capteurs défaillants, la précision de l'estimation de l'état du processus, la fiabilité et la disponibilité de son système d'instrumentation.

Quant à la conception optimale d'un système d'instrumentation, elle a été résolue en trois étapes : i) définir la position et le nombre de capteurs sous contraintes d'observabilité, de degré de redondance, de détectabilité et l'isolabilité des capteurs défaillants, de "non-mesurabilité" et d'obligation de mesurer des variables. En utilisant les cycles et la formulation en termes de programmation linéaire en nombre entiers, une solution optimale est proposée soit en minimisant le coût à fiabilité imposée, soit en maximisant la fiabilité à coût imposé, ii) déterminer la précision des capteurs de façon à garantir une précision imposée de l'estimation en se basant sur un algorithme à itération directe, iii) déterminer le taux de réparation des capteurs pour obtenir une disponibilité donnée pour le système d'instrumentation.

4.3. *Intégration dans la communauté scientifique*

Les contacts fructueux qui ont pu être noués grâce au congrès IFAC AIPAC'89 organisé par le CRAN m'ont permis de faire partie d'un groupe de travail sur le diagnostic qui rassemble douze chercheurs des laboratoires d'automatique de Duisbourg, Mulhouse, Karlsruhe et Nancy dans le cadre d'un contrat de recherche initié par l'I.A.R. (Institut Franco-Allemand pour les Applications de la Recherche).

Sur le plan international, des liens étroits sont établis avec le professeur P.M. Frank (université de Duisbourg, Allemagne), par l'intermédiaire, notamment, du groupe de travail de l'I.A.R., et avec le professeur R.J. Patton (université de Hull, Grande Bretagne). Une collaboration scientifique ponctuelle a également été établie avec le professeur Ribbens (université du Michigan, Etats Unis). Celle-ci s'est concrétisée par une publication qui a été présentée au congrès TOOLDIAG'93 qui s'est tenu à Toulouse en avril 1993 [17].

Ces contacts internationaux ont permis l'élaboration d'un projet européen Capital Humain et Mobilité (réf. nr. ERB 4050 PL93-2481) intitulé "Développement de nouvelles approches pour le diagnostic robuste dans les systèmes incertains combinant des techniques basées sur des modèles, la logique floue et les réseaux de neurones".

Les partenaires européens de ce projet ainsi que leurs domaines de compétence sont :

- l'équipe du Prof. P.M. Frank de Duisburg (D) : la génération de résidus utilisant des modèles linéaires et non linéaires, la robustesse aux entrées inconnues, les techniques floues et les réseaux de neurones pour la détection et l'isolation de défauts,

- l'équipe du Prof. R.J. Patton de Hull (UK) : la génération de résidus robustes par affectation de structure et les méthodes de l'espace de parité,

- l'équipe du Prof. G. Gissinger de Mulhouse (F) : la génération de résidus utilisant les méthodes d'identification des paramètres des modèles,

- l'équipe du Prof. J. Ragot de Nancy (F) : les techniques de réconciliation de données, les systèmes singuliers et non linéaires, l'identification des systèmes non linéaires et la reconnaissance floue des formes,

- l'équipe du Prof. Rembold de Karlsruhe (D) : les systèmes à base de connaissances pour la détection et l'isolation de défauts, la modélisation des systèmes à base de règles, l'intelligence artificielle,

- l'équipe du Prof. Kiencke de Karlsruhe (D) : les techniques de traitement de signal et d'estimation, les systèmes automobiles,

- l'équipe du Prof. Eckmiller de Bonn (D) : les réseaux de neurones, les modèles neuronaux, les classifieurs neuronaux, les techniques neuro-floues.

L'objectif principal de ce projet est de former un réseau de laboratoires à caractère scientifique afin d'utiliser les compétences complémentaires existant déjà dans les différentes équipes. Cette collaboration se traduit par le développement de nouvelles méthodes de diagnostic et leur test sur des processus de laboratoires et des processus industriels. Ultérieurement, les méthodes seront rassemblées dans une "boîte à outils" logicielle pour une utilisation industrielle ou en recherche.

Au niveau national, j'ai été un membre actif du groupe de travail "diagnostic" du GRECO CNRS "Pôle automatique intégrée" présidé par A. Titli et B. Dubuisson puis de ce même groupe de travail diagnostic du GdR-PRC, conjointement dirigé par M. Staroswiecki, M. Vergé et J. Ragot. Cette participation à ces groupes de travail m'a permis d'être en contact régulier avec les principaux centres de recherche français où le diagnostic constitue une direction de recherche privilégiée (M. Staroswiecki, LAIL, Lille, B. Dubuisson, UTC, Compiègne, D. Jaume et M. Vergé, ENSAM Paris, J.C. Trigeassou, LAII, Poitiers, M. Basseville, IRISA, Rennes, I. Nikiforov, LM2S, Troyes, M. Monsion, LAP, Bordeaux, G. Monnier et J.F. Magni, CERT, Toulouse, etc...).

Comme l'indique Marcel Staroswiecki dans le rapport d'activité de juin 1997 du GdR - PRC Automatique[1], "La problèmatique de la sûreté de fonctionnement des systèmes a fait l'objet d'un intérêt croissant de la communauté scientifique au cours des dix dernières années". Il cite ensuite les communautés s'y étant intéréssées. Dans le cadre de la proposition d'Action Incitative S3 : Sûreté, Surveillance, supervision, je suis impliqué dans le groupe de travail numéro 2 : *Surveillance, détection, localisation, diagnostic*, concernant la conception d'algorithmes de surveillance et le projet numéro 2 : *Etude des complémentarités entre redondance analytique et décision statistique pour la conception d'algorithme optimaux de détection et localisation des défaillances*.

[1] GdR : Groupement de Recherche et PRC : Programme de Recherche Coordonnées sont des actions initiées par le CNRS et le MENESR.

J'ai été membre du comité d'organisation de la seconde Conférence Internationale sur l'Automatisation Industrielle qui s'est tenue à Nancy du 7 au 9 juin 1995. Cette manifestation s'est déroulée sous l'égide de l'Association Internationale pour l'Automatisation Industrielle (AIAI). Fondée en 1991, cette association, présidée par Guy Bogdadi, regroupe la section de Montréal de l'*Instrument Society of America*, l'Ecole de Technologie Supérieure de l'Université du Québec, le département *Automatic Control and Systems Enginering* de l'Université de Sheffield et le Centre de Recherche en Automatique de Nancy. Plus de 150 conférenciers provenant de vingt pays différents y ont participé.

Sollicité par Michèle Basseville, éditeur associé de la revue de *l'International Federation of Automatic Control* (IFAC), Automatica, j'ai été relecteur de plusieurs articles soumis pour publication dans cette revue. J'ai également été relecteur pour la revue *European Journal of Control*, à l'invitation de Sergio Bittanti, éditeur associé de cette revue.

4.4. *Bilan et perspectives*

Comme l'indiquent clairement la description des sujets de thèse co-encadrées, mes recherches sont orientées vers la supervision des processus technologiques, et plus particulièrement, elles relèvent de deux thèmes principaux.

Le premier thème, qui pré-existait au sein de l'équipe avant mon arrivée, concerne le développement où l'amélioration de méthodes de détection de défauts. Après ma thèse d'université, j'ai continué à travailler au développement de méthodes de diagnostic de systèmes statiques linéaires et multi-linéaires. L'effort a porté sur les méthodes d'analyse d'observabilité de ces systèmes et sur l'unification de différentes méthodes de détection-localisation de défauts. Des études et des implantations de logiciels ont été réalisées dans le cadre de contrats industriels. Une recherche bibliographique importante a ensuite permis de s'orienter vers les méthodes utilisées pour les systèmes dynamiques. Les contributions à ces méthodes portent sur les techniques de génération d'équations de redondance et sur l'aspect robustesse par rapport à des erreurs de modélisation ou des perturbations.

Je suis à l'origine de l'émergence et du développement du second thème : l'aide à la conception d'une architecture d'instrumentation. L'objectif est de définir, a priori, un schéma d'instrumentation (nombre, qualité et position des capteurs) capable de fournir les informations nécessaires à la conduite et à la sécurité d'un processus, satisfaisant en outre des contraintes portant sur la fiabilité globale de l'installation ou sur sa capacité à supporter des pannes de capteurs.

Pour atteindre cet objectif, deux étapes distinctes d'analyse et de synthèse ont été envisagées. L'étape d'analyse concerne l'étude des informations disponibles sur un processus, conduisant à la classification des variables selon leur observabilité. Les travaux antérieurs ont permis la mise au point d'une méthode effectuant cette classification dans le cas de processus décrits par un jeu d'équations linéaires correspondant à des bilans en flux totaux. Nous avons étendu cette méthode au cas des processus décrits par un jeu d'équations bilinéaires correspondant à des bilans en flux partiels (bilan par espèce chimique ou bilan énergétique par exemple). Afin de mieux quantifier la capacité d'une installation à supporter des pannes de capteurs tout en ayant la capacité de continuer à fonctionner, nous avons également introduit la notion de degré de redondance. Une méthode permettant l'évaluation de ces degrés de redondance a été établie tant pour le cas des systèmes linéaires que pour celui des systèmes bilinéaires. Les résultats obtenus lors ce cette phase d'analyse sont extrêmement précieux et permettent une compréhension plus fine des interactions au sein d'une installation.

La seconde étape concerne la définition optimale du schéma d'instrumentation. Pour le cas des systèmes linéaires, le critère d'optimisation peut porter indifféremment sur la fiabilité globale de l'architecture d'instrumentation ou sur le coût d'installation des capteurs. La recherche de l'optimum s'effectue en prenant en compte des contraintes portant sur l'observabilité, les degrés de redondance, la "non-mesurabilité" de certaines variables et, de manière duale, l'obligation de mesure de certaines autres (contraintes de sécurité) ainsi que la détectabilité - isolabilité des défaillances de capteurs. Pour les systèmes bilinéaires, en l'état actuel des travaux, l'optimisation ne peut porter que sur le critère de coût.

Toutes les méthodes développées et algorithmes qui en découlent ont fait l'objet de réalisations de maquettes logicielles permettant leurs validations.

L'objectif de ces recherches est de disposer d'un outil intégré permettant, d'une part, d'établir, au stade de la conception, une architecture d'instrumentation optimisée utilisant la notion de redondance analytique, et, d'autre part, lors de l'exploitation, de développer et de mettre en oeuvre un outil de détection de panne, de diagnostic de l'instrumentation défaillante et de fourniture de "valeurs de remplacement" permettant de satisfaire les contraintes de sûreté de fonctionnement définies dans le cahier des charges.

L'expérience que j'ai pu acquérir dans le domaine de la supervision des processus me permet maintenant d'envisager de nouvelles voies de recherche. L'une des principales difficultés d'application des méthodes à base de modèles concerne précisément la disponibilité de ce modèle dont la qualité conditionne entièrement les performances de la

surveillance. La prise en compte d'incertitudes de modélisation constitue donc un sujet de recherche incontournable. Les solutions proposées jusqu'à présent ne sont pas suffisamment satisfaisantes pour être mises en oeuvre d'un point de vue pratique. Cette prise en compte peut s'effectuer de différentes manières selon que l'on est capable ou non d'estimer ou de majorer les erreurs commises. Par exemple, si l'on a utilisé un modèle linéaire pour représenter le fonctionnement d'un processus dont le comportement est faiblement non-linéaire, cette majoration est parfois possible. Si cette connaissance est disponible elle doit bien sûr être utilisée ; l'adaptation des seuils de détection est une voie qui mérite d'être plus explorée que ce qu'elle ne l'a été jusqu'à présent. Les techniques incluant intrinsèquement la notion d'incertitude méritent également d'être étudiées afin de juger de leur potentialité dans la résolution des problèmes liés à la surveillance. En particulier, les premières études dont ont fait l'objet les techniques basées sur l'algèbre des intervalles ou celles utilisant les systèmes d'inégalités matricielles (LMI : Linear Matrix Inequalities) méritent d'être approfondies.

Pour certains processus, l'information dont on peut disposer n'est pas suffisante pour élaborer un modèle numérique de leur comportement qui puisse être utilisé directement pour la surveillance. Cependant, la plupart du temps, les opérateurs qui conduisent ce type de systèmes disposent d'informations qualitatives qui peuvent compléter avec profit la connaissance "dure" – au sens numérique – dont on dispose. Il convient donc de développer des méthodes de surveillance qui puissent prendre en compte des informations hétérogènes. Le recours à des techniques floues semble prometteur pour la fusion d'indicateurs de nature différentes.

Les méthodes de placement de capteurs qui ont été développées jusqu'à présent l'ont été à partir de l'expérience acquise dans les méthodes d'analyse d'observabilité des systèmes statiques linéaires modélisés par des graphes orientés. Quoiqu'intéressant, ce type de modèle, qui permet par exemple de décrire correctement une unité pétrochimique, n'est pas suffisamment général. Un effort important doit donc être entrepris pour "généraliser", à des modèles plus complexes, les concepts développés jusqu'à présent, en particulier la notion de degré de redondance qui revêt des propriétés extrêmement intéressantes. Des travaux concernant les méthodes de placement de capteurs ont également été développés par l'équipe du Professeur Staroswiecki à Lille (T. Carpentier, R. Litwak, J.P. Cassar, M. Staroswiecki) sur la base d'une modélisation de type "graphe bipartis" réduisant le modèle à un ensemble de contraintes s'appliquant sur un ensemble de variables. La mise en place de collaborations plus étroites devraient permettre de faire progresser significativement ces recherches.

5. Activités pédagogiques

J'exerce des activités d'enseignement depuis 1984, aussi bien au sein de l'université que dans des écoles d'ingénieurs ou encore en formation continue.

Nommé Allocataire d'Enseignement Supérieur en décembre 1985, j'ai tout d'abord assuré, au cours de la première année, l'encadrement de travaux pratiques de logique des étudiants du D.E.U.G. S.P.I.[2] J'ai ensuite dispensé l'ensemble des travaux dirigés et travaux pratiques d'automatique fondamentale (continu et échantillonné) de la première année de M.S.T.[3] Automatique et Commande Numérique de Nancy. Nommé responsable de la salle de travaux pratiques d'automatique de l'université de Nancy I, j'ai participé à une opération de renouvellement du matériel.

J'ai ensuite été nommé Maître de Conférences en novembre 1988, sur un poste à l'I.U.T.[4] de Longwy au département Génie Thermique et Energie. Responsable des enseignements de contrôle régulation et d'informatique, j'ai alors assuré l'ensemble des cours et travaux dirigés de la seconde année dans ces disciplines, et je supervisais les travaux pratiques. J'ai ainsi introduit l'utilisation, en T.P., d'un logiciel de simulation orienté automatique, ainsi que celle de tableurs, outils modernes que de jeunes techniciens auront à manipuler lors de leur insertion en milieu industriel ou en bureaux d'études. J'étais également impliqué dans l'encadrement d'"études techniques" (projets de réalisation de 80 heures) des étudiants de seconde année. De plus, j'assurais la responsabilité et la coordination des enseignements d'automatique de troisième année (préparant au Diplôme d'Ingénieur-Technologue, D.I-T.).

Muté, à ma demande, à l'Institut National Polytechnique de Lorraine, au sein de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie (ENSG) au 1er octobre 1992, je suis responsable des enseignements de traitement du signal, cours et travaux pratiques et des enseignements de mathématiques, cours et travaux dirigés (enseignements de première année). Sous la coordination du Professeur José Ragot, je suis co-responsable de l'ensemble des enseignements liés à l'automatique ou au traitement du signal dans cette Ecole. A ce titre, je participe à l'organisation (emploi du temps, intervenants extérieurs, visites de sites) de l'option d'ouverture de troisième année intitulée "Modélisation et conduite des processus" (volume horaire de 110 heures).

---

[2] Diplôme d'Etudes Universitaires Générales Sciences Physiques pour l'Ingénieur

[3] Maîtrise de Sciences et Techniques

[4] Institut Universitaire de Technologie

La liste ci-dessous énumère les enseignements assurés au cours de l'année universitaire 1996-1997 ; cette liste est représentative de la nature des enseignements dispensés depuis que je suis en poste à l'ENSG.

Cours (20h) et travaux pratiques (60h) de traitement de signal,
dispensés aux élèves ingénieurs de l'E.N.S.G. de Nancy (1ère année).

Cours(10h) et travaux dirigés (26h) de mathématiques,
dispensés aux élèves ingénieurs de l'E.N.S.G. de Nancy (1ère année).

Encadrement de projets,
d'élèves ingénieurs de l'E.N.S.G. de Nancy (2ème et 3ème année).

Travaux dirigés (24h) en signaux et systèmes,
dispensés aux élèves ingénieurs de l'E.N.S.G. de Nancy (2ème année).

Cours(18h) et travaux dirigés (18h) en modélisation et conduite des processus,
dispensés aux élèves ingénieurs de l'E.N.S.G. de Nancy (3ème année).

Travaux dirigés (18h) d'automatique,
dispensés aux élèves ingénieurs de l'E.N.S.E.M.[5] de Nancy (1ère année).

Travaux dirigés (35h) en signaux et systèmes,
dispensés aux élèves ingénieurs de l'E.E.I.G.M.[6] de Nancy (2ème et 3ème année).

Cours (10h) sur les principes fondamentaux d'estimation (module C3),
dispensé aux étudiants de D.E.A. Automatique et Traitement Numérique du Signal,
Nancy I-Reims-INPL

J'interviens dans un module du DEA Automatique et Traitement Numérique du Signal cohabilité par les universités de Nancy I, Reims et l'INPL depuis 1991 (Module DIVA2 : Analyse et validation de données de 1991 à 1994, puis Module C3 : Estimation de l'état des systèmes depuis 1995). Je coordonne également les enseignements du module "Conduite et optimisation des processus de production" dispensés par le Centre d'Enseignement Supérieur en Exploitation et Valorisation des Ressources Minérales (CESEV) implanté à l'ENSG.

Pour chaque année universitaire, ces enseignements représentent un service statutaire (192 heures équivalent TD) et environ 40 à 50 heures complémentaires (sauf en 1995-96, où, n'ayant pas de prime d'encadrement doctoral et de recherche, j'ai effectué plus d'heures d'enseignement).

---

5 Ecole Natiuonale Supérieure d'Electricité et de Mécanique

6 Ecole Européenne d'Ingénieurs en Génie des Matériaux

Je suis co-auteur de plusieurs polycopiés importants concernant la validation de données (50 pages), la commande de procédés (78 pages), le diagnostic à base de modèles (73 pages), le traitement de signal (100 pages), la modélisation (30 pages) et les principes élémentaires d'estimation (50 pages). Ces documents pédagogiques ont été rédigés dans le cadre d'enseignements spécialisés que je co-anime avec J. Ragot à l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie ainsi que dans le cadre des enseignements du Diplôme d'Etudes Approfondie Automatique et Traitement Numérique du Signal (Nancy I, Reims et INPL).

6. Activités administratives et responsabilités collectives

Nommé responsable de la salle de travaux pratiques d'automatique de l'université de Nancy I en décembre 1985, j'ai également assuré, depuis cette date et jusqu'en novembre 1988, la gestion financière du compte relatif à ces travaux pratiques (enveloppe financière annuelle globale de l'ordre de 650 kF).

J'ai participé au dépouillement des dossiers de candidatures en première année d'I.U.T. Génie Thermique et Energie de Longwy pour les années scolaires 1989-1991. A cette occasion, j'ai repris et amélioré la gestion informatisée des candidatures permettant l'édition des différentes listes d'admission.

Assurant, depuis 1984, la gestion de la bibliothèque (de l'ordre de 400 références, livres, thèses, ouvrages divers), de mon laboratoire d'appartenance, j'ai mis en place une structure de gestion identique pour la bibliothèque du département Génie Thermique et Energie de Longwy.

J'ai une forte implication dans des actions de recherche et d'encadrement (l'équipe à laquelle j'appartiens ne comporte que trois membres permanents enseignants du supérieur, J. Ragot, F. Kratz (50%) et moi-même, pour une équipe qui compte, en moyenne, vingt personnes). Je participe donc à la gestion de l'équipe, à la recherche, à la négociation et au suivi de contrats.

Depuis mon retour sur Nancy, mon implication dans des responsabilités collectives s'est accentuée. Depuis octobre 1992, je suis membre élu (collège Maîtres de Conférences) du Conseil de l'ENSG et, à ce titre, je participe à la définition des grandes orientations de l'Ecole.

Je fais également partie de la Commission Enseignement de l'Ecole dont le rôle est d'apporter des réflexions sur les problèmes généraux relatifs à tous les enseignements

dispensés (motivation des élèves, moyens pédagogiques, méthodes de contrôle des connaissances, etc...).

De septembre 1994 à septembre 1996, j'ai assuré les fonctions de Directeur Adjoint des Etudes de l'ENSG. Outre les tâches régulières, j'ai eu plus particulièrement en charge la réorganisation de l'ensemble des disciplines liées aux mathématiques au cours des trois années de formation d'ingénieur. J'ai également assuré le rôle de coordinateur, auprès de la Direction des Etudes, en ce qui concerne les investissements et les développements en matière multimédia.

En avril 1995, j'ai été nommé membre de la Commission de Spécialistes 61ème section de l'INPL et en mai 1995, j'ai été élu membre du Conseil d'Administration de l'INPL, où je suis l'un des deux élus de mon collège représentant l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie.

7. Liste des publications

Je suis co-auteur de 25 publications dans des revues internationales et nationales avec comité de lecture (dont *Automatica*, *Control Theory and Advanced Technology*, *International Journal of Systems Sciences*, *Electronics Letters*, *International Journal of Mineral Processing*, etc...) ainsi que 59 publications dans des congrès internationaux ou nationaux (dont *IEEE Conference on Decision and Control*, *American Control Conference*, *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, *Safeprocess*, *European Control Conference*, etc...). Parallèlement, je contribue à la diffusion de la connaissance en participant à des journées d'études (GdR CNRS, Club Automation, Groupement Français de Génie des Procédés...) ou en rédigeant des articles de vulgarisation dans des revues (Revue de l'industrie minérale, Mesure, ...). Ce volume de publications important est dû à une politique de valorisation immédiate des travaux conduits au sein du laboratoire et une volonté affichée de diffusion la plus large possible des résultats dans la communauté scientifique nationale et internationale.

7.1. *Revues internationales et nationales avec comité de lecture*

[1] M. Darouach, J. Ragot, J. Fayolle, **D. Maquin**
"Calcul hiérarchisé et décomposition des systèmes linéaires et bilinéaires appliqués à la validation de données". *Revue Afcet APII*, vol. 20, pp. 405 - 432, 1986.

[2] M. Darouach, J. Ragot, J. Fayolle, **D. Maquin**
"Validation des mesures par équilibrage de bilans-matière. Concepts et méthodologie". *International Journal of Mineral Processing*, vol. 17, pp. 273-285, 1986.

[3] **D. Maquin**, J. Ragot, M. Darouach, J. Fayolle
"Validation des mesures par équilibrage de bilans-matière. Décomposition structurelle et calcul hiérarchisé". *International Journal of Mineral Processing*, vol. 23, pp. 241-252, 1988.

[4] J. Ragot, A. Janyene, **D. Maquin**, J. Fayolle
"Validation de données de systèmes dynamiques par équilibrage de bilan". *International Journal of Control and Computers*, vol. 16, n° 2, pp. 50-54, 1988.

[5] J. Ragot, **D. Maquin**, G. Bloch, W. Gomolka
"Observability and variables classification in bilinear processes". *Journal A*, vol. 31, n° 4, pp. 17-23, 1990.

[6] M. Zasadzinski, M. Darouach, P. Pierrot, **D. Maquin**, G. Krzakala
"Validation des données des systèmes linéaires de très grande dimension à l'aide du calcul décentralisé". 7th IASTED International Conference, Grindelwald, february 17-19, 1988. In *International Journal of Control and Computers*, vol. 18, n° 3, pp. 74-78, 1990.

[7] J. Ragot, A. Aitouche, F. Kratz, **D. Maquin**
"Detection and location of gross error in instruments and analytic redundancies using parity space technique". *International Journal of Mineral Processing*, vol. 31, pp. 281-299, 1991.

[8] N. Héraud, **D. Maquin**, J. Ragot
"Multilinear balance equilibration - Application to a complex metallurgical process". *Minerals and Metallurgical Processing Journal*, pp. 197-204, november 1991.

[9] **D. Maquin**, G. Bloch, J. Ragot
"Data reconciliation for measurements". *Revue Européenne Diagnostic et Sûreté de Fonctionnement*, vol. 1, n° 2, pp. 145-181, 1991.

[10] J. Ragot, **D. Maquin**, D. Sauter
"Data validation using orthogonal filters". *IEE Proceedings - D : Control Theory and Applications*, vol. 139, n° 1, pp. 47-52, 1992.

[11] W. Gomolka, H.C. Turbatte, **D. Maquin**, J. Ragot
"Contribution à l'analyse de l'observabilité des systèmes linéaires décrits par des équations de bilans". *Revue Afcet APII*, vol. 26, n° 2, pp. 69-89, 1992.

[12] J. Ragot, **D. Maquin**, G. Bloch
"Sensor positioning for processes described by bilinear equations". *Revue Européenne Diagnostic et Sûreté de Fonctionnement*, vol. 2, n° 2, pp. 115-132, 1992.

[13] J. Ragot, **D. Maquin**
"Failure detection, identification and accomodation based on new accomodation filter". *International Journal of System Sciences*, vol. 24, n° 6, pp. 1215-1220, 1993.

[14] J. Ragot, **D. Maquin**, F. Kratz
"Analytical redundancy for system with unknown inputs. Application to faults detection". *Control-Theory and Advanced Technology*, vol. 9, n° 3, pp. 775-788, 1993.

[15] J. Ragot, **D. Maquin**
"An algorithm for obtaining redundancy equations of LTI systems". *Automatica*, vol. 30, n° 3, 1994.

[16] H.C. Turbatte, **D. Maquin**, C.T. Huynh, J. Ragot
"Conception de l'architecture d'un système d'instrumentation. Application à un procédé pétrochimique". International Conference on Fault Diagnosis, TOOLDIAG'93, April 5-7, Toulouse, France, 1993. In *Revue Européenne Diagnostic et Sûreté de Fonctionnement*, vol. 4, n° 1, pp. 53-72, 1994.

[17] J. Ragot, **D. Maquin**, W.B. Ribbens
"Two approaches for the isolation of plant failures in dynamic systems". International Conference on Fault Diagnosis, TOOLDIAG'93, April 5-7, Toulouse, France, 1993. In *Revue Européenne Diagnostic et Sûreté de Fonctionnement*, vol. 4, n° 1, pp. 73-91, 1994.

[18] M. Ouladsine, **D. Maquin**, J. Ragot
"A new procedure for multi-input dynamic systems identification". *Journal of Modelling and Simulation*, vol. 14, n° 3, p. 107-111, 1994.

[19] S. Ekongolo, **D. Maquin**, J. Ragot
"Time series expansion using discrete bilateral Laguerre models". *Electronics Letters*, vol. 31, n° 12, p. 955-956, 1995.

[20] **D. Maquin**, M. Luong, J. Ragot
"About the design of measurement systems and fault accommodation". *Engineering Simulation*, special issue on Engineering Diagnostics, G.E. Pukhov ed., vol. 13, p. 1009-1024, 1996.

[21] J. Ragot, S. Ekongolo, **D. Maquin**
"State equations and decomposition into Laguerre functions". *Journal of Franklin Institute*, vol. 333(B), n° 2, p. 283-288,1996.

[22] J. Ragot, M. Luong, **D. Maquin**
"Observability of systems involving flows circulation". *International Journal of Mineral Processing*, vol. 47, p. 125-140, 1996.

[23] **D. Maquin**, M. Luong, J. Ragot
“Fault detection and isolation and sensor network design.” *European Journal of Automation*, vol. 31, no 2, p. 393-406, 1997.

[24] R. Malti, **D. Maquin**, J. Ragot
"Bilateral decomposition of a time function into Laguerre series. Application to LTI systems identification.". Acceptée à *Journal of Franklin Institute*.

[25] D. Mandel, A. Abdollahzadeh, **D. Maquin**, J. Ragot
"Data reconciliation by inequality balance equilibration. A LMI approach." Submitted to *International Journal of Mineral Processing*.

7.2. *Contribution à la rédaction d'ouvrage*

[26] J. Ragot, M. Darouach, **D. Maquin**
"Mass-balance equilibration". Outline of contribution to the NATO Advanced Study Institute Ankara, Turkey, 21-30 août 1984. Mineral Processing Design, chap. 8. NATO ASI series n° 122, 1987.

[27] J. Ragot, M. Darouach, **D. Maquin**, G. Bloch
"Validation de données et diagnostic". Traité des nouvelles technologies, série diagnostic et maintenance, 432 p., Hermès, 1990.

[28] J. Ragot, **D. Maquin**, F. Kratz
"Observability and redundancy decomposition. Application to diagnosis". In *Advances in fault diagnosis for dynamic systems*. Chapter 13, R.J. Patton, P.M. Frank, R.N. Clark eds., Prentice Hall Control Engineering Series, 1997.

7.3. *Congrès internationaux et nationaux*

[29] **D. Maquin**, J. Ragot, J. Mercklé
"Application de l'analyse typologique à la décomposition des systèmes complexes". 4ème Journées de l'optimisation, Montréal, 1984.

[30] **D. Maquin**, M. Darouach, J. Fayolle, J. Ragot
"Localization of sensors in large scale industrial systems". Congrès IMACS '86, Villeneuve d'Ascq, 3-6 juin 1986. In Applied Modelling and Simulation of Technological Systems, pp. 33-39, Elsevier 1987.

[31] G. Bloch, **D. Maquin**, J. Ragot
"L.E.D.: Un tableur pour la modélisation des procédés industriels". Symposium IASTED Grindelwald, 17-20 février 1987.

[32] H. Chafouk, J. Ragot, **D. Maquin**, J. Fayolle
"Validation de mesures à variance inconnue". 16th IASTED International Conference. Paris, june 22-24, 1987.

[33] M. Darouach, J. Fayolle, **D. Maquin**, J. Ragot
"Data validation in large steady state linear systems". Congrès ICIAM '87. Paris, June 29 - July 3, 1987.

[34] **D. Maquin**, J. Fayolle, J. Ragot, J. Mouchnino
"L.V.D., Logiciel de Validation de Données. Application à l'équilibrage de bilan-matière d'une unité chimique". 1er Congrès National de Génie des Procédés, Nancy, 21-23 septembre 1987. In *Récents Progrès en Génie des Procédés*, vol. 1, pp. 46-51, Lavoisier, 1987.

[35] J. Fayolle, **D. Maquin**, J. Ragot, M. Darouach
"Présentation d'un outil d'aide à l'établissement de bilans cohérents". Congrès des industries minérales, Mines et Carrières Marocaines et Françaises, Marrakech, 3-11 octobre 1987. In Revue de l'Industrie Minérale, Les techniques, pp. 2-7, janvier 1988.

[36] J. Ragot, A. Janyene, **D. Maquin**

"Equilibrage de bilan pour des systèmes linéaires en régime dynamique". Journées de l'optimisation, Montréal, May 2-4, 1988.

[37] M. Darouach, J. Ragot, J. Fayolle, **D. Maquin**
"Data validation in large scale steady state linear systems". 12th World Congress on scientific computation IMACS, Paris, July 18-22, 1988.

[38] J. Ragot, **D. Maquin**, M. Darouach, J. Fayolle
"Validation de données en temps réel par filtrage sous contraintes orthogonales". Colloque SIMO'88, Simulation et optimisation en génie des procédés, Toulouse, 14-15 septembre 1988. In *Récents Progrès en Génie des Procédés*, vol. 2, n°6, pp. 127-133, Lavoisier, 1988.

[39] J. Ragot, **D. Maquin**
"Traitement de données contradictoires issues de systèmes multicapteurs". Colloque TEC ' 88, Grenoble, 13-14 octobre 1988.

[40] **D. Maquin**, J. Ragot
"L.V.D. : a software for mass balance equilibration and data validation". European symposium on computer application in the chemical industry, Erlangen, April 23-26, 1989. In Dechema Monographs, vol. 116, pp. 555-560, 1989.

[41] A. Aitouche, F. Kratz, **D. Maquin**, J. Ragot
"Détection et localisation d'erreurs de mesures par la technique de l'espace de parité". Congrès CAPTEURS 89, Paris, 6-9 juin 1989.

[42] **D. Maquin**, M. Darouach, J. Ragot
"Observability and data validation of bilinear systems". Congrès IFAC, AIPAC '89, Nancy, 3 - 7 juillet 1989. In Advanced Information Processing in Automatic Control, R. Husson Ed., IFAC Symposia series, n° 5, pp. 113-118, Pergamon Press, 1990.

[43] J. Ragot, **D. Maquin**, M. Darouach
"Data validation for very large scale systems in mineral industries". Congrès IFAC, AMMMP, Buenos Aires, September 4-8, 1989.

[44] **D. Maquin**, J. Ragot, P. Bourjot, F. Pellissier, G. Robin
"Une application industrielle de la validation de données par équilibrage de bilans matière". 2ème Congrès National de Génie des Procédés, Toulouse, 5-7 septembre 1989. In *Récents Progrès en Génie des Procédés*, vol. 3, n°9, pp. 386-391, Lavoisier, 1989.

[45] J. Fayolle, J. Ragot, **D. Maquin**, B. Leroux
"Validation de données et diagnostic des procédés. Une application industrielle intégrée". 2ème Congrès National de Génie des Procédés, Toulouse, 5-7 septembre 1989. In *Récents Progrès en Génie des Procédés*, vol. 3, n°9, pp. 411-416, Lavoisier, 1989.

[46] F. Kratz, J. Ragot, **D. Maquin**, A. Despujols
"Detection of bias in measurement using analytical redundancy". 7th International Symposium on Technical Diagnostics, Helsinki, September 17-19, 1990.

[47] J. Ragot, **D. Maquin**, H. Chafouk, A. Aitouche
"Reconciliation of data with unknown variance". 7th International Symposium on Technical Diagnostics, Helsinki, September 17-19, 1990.

[48] J. Ragot, **D. Maquin**, M. Darouach
"Analysis of generalized bilinear systems. Application to diagnosis". IMACS Symposium on Modelling and Control of Technological Systems, Lille, May 7-10, 1991.

[49] J. Ragot, **D. Maquin**, G. Bloch
"Data reconciliation for process flow". European Control Conference, Grenoble, July 2-5, 1991.

[50] J. Ragot, **D. Maquin**, S. Nowakowski
"Estimation of measurement error variances from n-linear process data". SAFEPROCESS'91, IFAC/IMACS Symposium on fault detection, supervision and safety for technical processes, Baden-Baden, September 10-13, 1991.

[51] H.C. Turbatte, **D. Maquin**, B. Cordier, C.T. Huynh
"Analytical redundancy and reliability of measurement system". SAFEPROCESS'91, IFAC/IMACS Symposium on fault detection, supervision and safety for technical processes, Baden-Baden, September 10-13, 1991.

[52] **D. Maquin**, J. Ragot
"Comparison of gross errors detection methods in process data". 30th IEEE Conference on Decision and Control, December 11-13, Brighton, England, 1991.

[53] F. Kratz, G. Mourot, **D. Maquin**, F. Loisy
"Detection of measurement errors in nuclear power plants". IFAC Symposium on Control of Power Plants and Power Systems, München, March 9-11, 1992.

[54] F. Kratz, **D. Maquin**, J. Ragot
"Robust generation of analytical redundancy equations and applications to diagnosis". 31st IEEE Conference on Decision and Control, December 16-18, Tucson, USA, 1992.

[55] B. Roth, D. Schwartz, **D. Maquin**, J. Ragot
"Analysis and design of a multi-sensor prototype for measuring the level in large-sized tanks". International Symposium on Intelligent Instrumentation for Remote and On-site Measurements, IMEKO, Brussels, Belgium, 12-13 May, 1993.

[56] S. Bousghiri, R. Dorr, **D. Maquin**
"Utilisation de la réconciliation de données pour la détection et l'isolation des défaillances de capteurs ou d'actionneurs". Eleventh IASTED International Conference on Applied Informatics, Annecy, France, may 19-21, 1993.

[57] **D. Maquin**, G. Mourot, J. Ragot
"Méthodes et outils pour le diagnostic des processus". 4ème Congrès National de Génie des Procédés, Grenoble, 21-23 septembre 1993. In *Récents Progrès en Génie des Procédés*, vol. 7, n° 29, pp. 149-154, Lavoisier, 1993.

[58] K. Adjallah, F. Kratz, **D. Maquin**
"Fault detection in nonlinear systems". Congrès IEEE-SMC, Systems engineering in the service of humans, Le Touquet, France, October 17-20, 1993.

[59] **D. Maquin**, B. Gaddouna, J. Ragot
"Generation of parity equations for singular systems. Application to diagnosis". Congrès IEEE-SMC, Systems engineering in the service of humans, Le Touquet, France, October 17-20, 1993.

[60] **D. Maquin**, J. Ragot
"Diagnostic de fonctionnement des systèmes à partir de modèles". 4ème Congrès International de Génie des Systèmes Industriels, GSI 4, 15-17 décembre, Marseille, France, 1993.

[61] **D. Maquin**, M. Luong, J. Ragot
"Observability analysis and sensor placement". SAFEPROCESS'94 IFAC/IMACS Symposium on fault detection, supervision and safety for technical processes, Espoo, Finland, June 13-15, 1994.

[62] B. Gaddouna, **D. Maquin**, J. Ragot
"Design of unknown input observer". SAFEPROCESS'94 IFAC/IMACS Symposium on fault detection, supervision and safety for technical processes, Espoo, Finland, June 13-15, 1994.

[63] **D. Maquin**, B. Gaddouna, J. Ragot
"Estimation of unknown inputs in linear dynamic systems". 1994 IEEE American Control Conference, June 29-July 1, Baltimore, MD, USA, 1994.

[64] M. Luong, **D. Maquin**, C.T. Huynh, J. Ragot
"Observability, redundancy, reliability and integrated design of measurement system". 2nd IFAC Symposium on Intelligent Components and Instruments for Control Applications, SICICA'94, June 8-10, Budapest, Hungary, 1994.

[65] K. Adjallah, **D. Maquin**, J. Ragot
"Non-linear observer-based fault detection". 3rd IEEE Conference on Control Applications, August 24-26, Glasgow, U.K., 1994.

[66] E. Tan, G. Mourot, **D. Maquin**, J. Ragot
“Identification of fuzzy models”. Workshop on Fuzzy Technologies in Automation and Intelligent Systems, Duisbourg, Germany, 1994.

[67] J. Ragot, **D. Maquin**, G. Mourot
“Control design for loop transfer recovery.” IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, October 2-5, San Antonio, TX, USA, 1994.

[68] **D. Maquin**, M. Darouach, J. Ragot
“Robust observer for continuous uncertained systems”. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, October 2-5, San Antonio, TX, USA, 1994.

[69] **D. Maquin**, M. Luong, J. Ragot
“Sûreté de fonctionnement et redondance analytique”. 1er Congrès Pluridisciplinaire Qualité et Sûreté de Fonctionnement, 17-18 novembre, Compiègne, France, 1994.

[70] M. Luong, J.M. Paris, **D. Maquin**, J. Ragot
"Observability, reliability and sensor positioning". 1995 AIChE Spring National Meeting, Houston, USA, March 19-23, 1995.

[71] S. Ekongolo, **D. Maquin**, J.M. Paris
"Elaboration de modèles caractérisant le fonctionnement d’un atelier de décantation et de lavage de boues". 2nd International Conference on Industrial Automation, Nancy, France, June 7-9, 1995.

[72] **D. Maquin**, M. Luong, J. Ragot
“Dependability and analytical redundancy”. On-line Fault Detection and Supervision in the Chemical Process Industries, June 12-13, Newcastle upon Tyne, England, 1995.

[73] **D. Maquin**, M. Luong, J. Ragot
“Some ideas about the design of measurement systems”. European Control Conference ECC’95, Roma, Italia, September 5-8, 1995.

[74] A. Aitouche, H. Chafouk, **D. Maquin**
"Détection de capteurs défaillants par la méthode du maximum de vraisemblance généralisé appliquée aux systèmes bilinéaires". Mediterranean Conference on Electronics and Automatic Control, MCEA'95, Grenoble, France, September 13-15, 1995.

[75] J.M. Paris, J. Ragot, **D. Maquin**
"Diagnostic de fonctionnement des systèmes à partir de modèles". International Industrial Engineering Conference Productivity in a World without Borders, Montréal, Canada, October 18-20, 1995.

[76] S. Ekongolo, **D. Maquin**, J. Ragot
“Model simplification and system approximation with constrained Laguerre models”. Symposium on Modelling, Analysis and Simulation, CESA'96, Lille, France, July 9-12, 1996.

[77] J. Ragot, **D. Maquin**
“Techniques récentes de diagnostic de systèmes et rôle de l’intrumentation”. Congrès de la Société de l’Industrie Minérale 1996, Montpellier, France, 1-4 octobre 1996.

[78] A. Abdollahzadeh, M. Luong, **D. Maquin,** J. Ragot
“Influence de la précision des capteurs sur la précision de l'état d'un système. Application au choix de la précision des capteurs”. Colloque national, Simulation, Optimisation et Commande en Génie des procédés, SIMO'96, Toulouse, France, 22-23 octobre 1996. In *Récents Progrès en Génie des Procédés*, vol. 10, n°47, pp. 183-188, Lavoisier, 1996.

[79] P. Jambois, J.M. Paris, **D. Maquin**
"Etude d'observabilité par la théorie des graphes. Implantation dans un logiciel de réconciliation de données". Colloque national, Simulation, Optimisation et Commande en Génie des procédés, SIMO'96, Toulouse, France, 22-23 octobre 1996. In *Récents Progrès en Génie des Procédés*, vol. 10, n°47, pp. 259-264, Lavoisier, 1996.

[80] M. Luong, **D. Maquin**, J. Ragot
"Sensor network design for failure detection and isolation". IFAC Conference on Control of Industrial Systems, Belfort, France, May 20-22, 1997.

[81] S. Ploix, **D. Maquin,** J. Ragot
"Asymptotic observer for a non linear descriptor system". IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes, SAFEPROCESS'97, Hull, UK, 26-28 août 1997.

[82] **D. Maquin**, V. Cocquempot, J.P. Cassar, M. Staroswiecki, J. Ragot
"Generation of Analytical Redundancy Relations for FDI purposes". IFAC Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives, SDEMPED'97, Carry-le Rouet, France, September 1-3rd, 1997.

[83] J. Ragot, F. Kratz, **D. Maquin**
"Espace de parité pour les systèmes linéaires incertains. Synthèse, quelques résultats nouveaux et mise en oeuvre". Seizième Colloque GRETSI, Grenoble, France, 15-19 septembre 1997.

[84] J. Ragot, D. Mandel, **D. Maquin**
"Validation de mesures. Application à la surveillance des réseaux de distribution d'eau potable". 6ème Congrès Français de Génie des Procédés, Paris, France, 24-26 septembre 1997.

[85] D. Mandel, **D. Maquin**, J. Ragot
"Conception de systèmes de surveillance. Application à une station de pompage d'eau potable". Colloque de Recherche Doctorale Automatique, Génie informatique, Image et Signal, AGIS'97, Angers, France, 9-11 décembre 1997.

[86] R. Malti, J. Ragot, **D. Maquin**
"Identification par multi-modèles à base de filtres de Laguerre". Colloque de Recherche Doctorale Automatique, Génie informatique, Image et Signal, AGIS'97, Angers, France, 9-11 décembre 1997.

[87] J. Ragot , **D. Maquin**, A. Abdollahzadeh
"Application du concept LMI à la réconciliation de données par équilibrage de bilan de type inégalité". CHIMIOMETRIE'97, Expériences et modèles, Lyon, 3-5 décembre 1997.

7.4. *Rapports de recherche et de fin de contrat, mémoires*

[88] **D. Maquin**
"Décomposition des systèmes complexes à l'aide de l'analyse typologique. Application à l'équilibrage de bilan matière". Rapport de DEA Génie Electrique, Nancy, 1984.

[89] J. Ragot, J. Fayolle, **D. Maquin**, M. Darouach
"Décomposition des systèmes n-linéaires". Action Thématique Programmée CNRS, Rapport de fin de contrat, Nancy, 28 mars 1985.

[90] J. Fayolle, **D. Maquin**, M. Darouach, J. Ragot
"Equilibrage de bilan matière du procédé Styrène de CdF Chimie S.A. à Carling". Rapport de fin de contrat, Nancy, juin 1985.

[91] **D. Maquin**
"Observabilité, diagnostic et validation de données des procédés industriels". Thèse de Doctorat de l'Université de Nancy I, novembre 1987.

[92] **D. Maquin**, J.M. Lebel, S. Nowakowski, J. Ragot

"Analyse d'un système de suivi de capteurs dans l'atelier de finissage du train à chaud Sollac-Sacilor". Rapport d'étude préliminaire, Vandoeuvre, avril 1989.

[93] N. Héraud, **D. Maquin**, J. Ragot
"Traitement des données du procédé d'enrichissement d'uranium de TCMF à Jouac". Rapport de fin de contrat CRAN/TCMF, Vandoeuvre, juillet 1989.

[94] F. Kratz, **D. Maquin**, J. Ragot
"Détection de pannes de capteurs par la redondance analytique statique". Rapport de fin de contrat CRAN/EDF, janvier 1991. Note HP 27/91/20, EdF Chatou, 1991.

[95] H.C. Turbatte, **D. Maquin**, J. Ragot
"Recherche de l'architecture d'instrumentation la plus fiable d'un procédé modélisé par des équations de bilan linéaires". Rapport de fin de contrat CRAN/SNEAP, mai 1991.

[96] S.B. Ekongolo, **D. Maquin**, G. Mourot, J. Ragot
"Elaboration d'un modèle de conduite d'un atelier de décantation et de lavage des boues". Rapport de fin de contrat CRAN/Mines De Potasse d'Alsace, avril 1994.

[97] M. Luong, **D. Maquin**, J. Ragot
“Conception optimale de l’architecture d’un système d’instrumentation”. Rapport de fin de contrat CRAN/SNEAP, mai 1995.