



Dossier d'HDR
Titres, travaux, services

Francis Courtois
Maitre de Conférence 1ère Classe
ENSIA, 1 avenue des Olympiades, 91744 Massy Cedex

7 mai 2004

Table des matières

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Activités de recherche : Automatique et Procédés | 5 |
| 1.1 | Préambule : l'automatique et les procédés alimentaires | 5 |
| 1.2 | Contexte de l'activité de recherche | 5 |
| 1.3 | Objectifs et domaine de compétence | 7 |
| 2 | Activités d'enseignement | 13 |
| 2.1 | Tronc Commun ENSIA | 13 |
| 2.2 | Troisième Année ENSIA | 15 |
| 2.3 | Enseignements à l'extérieur | 17 |
| 3 | Autres activités | 19 |
| A | Encadrement de travaux de recherche | 20 |
| A.1 | Terminés | 20 |
| A.2 | En cours | 21 |
| B | Publications | 22 |
| B.1 | Polycopiés et Présentations d'Enseignement | 22 |
| B.2 | Brevets, Logiciels | 22 |
| B.3 | Publications scientifiques | 23 |

Fiche individuelle

Francis COURTOIS

12 rue François Villon - 92340 Bourg La Reine - Tél : 01 43 50 54 42

Né le 6 avril 1965 à Villejuif (39 ans)

Divorcé, 2 enfants

Unité Mixte de Recherche Génie Industriel Alimentaire - UMR GENIAL
Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires - ENSIA
Département Génie Industriel Alimentaire - GIA
ENSIA, 1 Avenue des Olympiades, 91744 MASSY Cedex
Tél : 01 69 93 51 29 - Fax : 01 69 93 51 85
<mailto:francis@fcourtois.com>
<http://fcourtois.com>

Maître de conférence 1ère classe

Section CNECA n°3 : Mathématiques, physique, informatique, génie rural et des procédés

Diplômes et Titres Universitaires

- 1983 Baccalauréat C
- 1988 Diplôme d'ingénieur ENSIA, option Mathématiques Appliquées et Informatique
- 1989 Diplôme d'Etudes Approfondies de l'INPT, Génie Chimique option Génie des Procédés Alimentaires
"Modélisation du séchage du maïs en vue d'introduire la qualité agro-industrielle"
- 1991 Doctorat ENSIA, spécialité Génie des Procédés, mention très honorable,
sélectionnée en 1992 par le jury du GEC2¹ comme une des cinq meilleures thèses en Génie des Procédés
"Amélioration de la qualité agro-industrielle de maïs par la modélisation dynamique du séchage"

Formations complémentaires

- 1992 Identification et commande de processus (ADAPTECH, 5 jours)
Régulation auto-adaptative (ADAPTECH, 5 jours)
- 1993 Comparaison des méthodes de commande (SUPELEC, 5 jours)
- 1994 Ecole d'été : commande et filtrage optimaux (LAG, 5 jours)
Traitement numérique du signal : méthodes et techniques (SUPELEC, 5 jours)
- 1996 Colloque : interaction identification - commande (LAG, 2 jours)

¹groupement des enseignants chercheurs en génie chimique.

Langues

Anglais courant, espagnol moyen

Services Accomplis

- 1988-1990 Ingénieur de recherche (inscrit en thèse à l'ENSIA , bourse CIFRE)
Laboratoire de recherche Séchage et Qualité des Céréales
Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 91720 Boigneville
- 1991-1992 Maître assistant stagiaire en génie automatique des procédés alimentaires
Département Génie Industriel Alimentaire - Laboratoire associé INRA
Ecole Nationale Supérieure des Industries Alimentaires
à compter du 1/01/91 (arrêté ministériel du 10/01/1991)
- 1993 Maître assistant titulaire
à compter du 1/01/93 (arrêté ministériel du 18/06/1993)
- 1994 Promotion au 2ème échelon de la 2ème classe
à compter du 1/01/94 (arrêté ministériel du 16/01/95)
- 1995 Intégration dans le corps des Maîtres de Conférence de 2ème classe
à compter du 2/03/95 (arrêté ministériel du 29/05/1996)
section CNECA n°3
- 1996 Promotion au 3ème échelon de la 2ème classe
à compter du 1/07/96 (arrêté ministériel du 12/06/1996)
Promotion en 1ère classe, 1er échelon (section CNECA 3)
à compter du 1/09/96 (arrêté ministériel du 31/10/1996)
- mai-juin 96 "Visiting Professor" à l'université de Wageningen (Hollande)
à l'invitation du Pr. Ton VanBoxtel
- 1998-1999 "Visiting Professor" à l'UC Davis (USA) à l'invitation du Pr. R. Paul Singh
- 1999 Promotion au 2ème échelon de la 1ère classe
à compter du 1/07/99 (arrêté ministériel du 1/02/1999)
- 2002 Promotion au 3ème échelon de la 1ère classe
à compter du 1/05/02 (arrêté ministériel du 16/01/2002)
1 mois à l'UC Davis (USA) à l'invitation du Pr. R. Paul Singh
- 2003 1 mois à l'UC Davis (USA) à l'invitation du Pr. R. Paul Singh
Intégration dans le corps des Maîtres de Conférence de classe normale, 6ème échelon
à compter du 1/08/03 (arrêté ministériel du 10/07/2003)

Autres activités

Membre du conseil général (1992-1995) et de la commission informatique (2002-2003) de l'ENSIA.
Responsable des sites web du département et de l'UMR GENIAL (2001-2003)
Membre du comité de lecture du *Journal of Food Process Engineering* (1998-2002).
Co-animateur de l'équipe " automatique " de l'UMR GENIAL.
Expertises de brevet et de dossiers d'innovation de l'ANVAR (plus d'une trentaine)

Ingénieur conseil. Cours au l'école des mines d'Albi (ENSTIMAC), au CESIA, à l'ESITPA et à l'ISAB. Cours en anglais aux Philippines (Master) et en Français au Liban (DEA) et au Maroc (Formation continue). Expert invité par la FAO. Nombreuses conférences invitées.

Membre :

- de l'American Society of Chemical Engineers (AIChE)
- de la Société des Electriciens et Electroniciens (SEE).
- du Groupe Français de Génie des Procédés (GFGP), groupe Informatique et Procédés.
- de l'Association Française de Séchage pour l'Industrie et l'Agriculture (AFSIA)

Chapitre 1

Activités de recherche : Automatique et Procédés

1.1 Préambule : l'automatique et les procédés alimentaires

L'automatique est une des directions reconnues essentielles dans l'évolution des industries alimentaires. Maîtriser, dès le procédé, les critères qui concourent à la qualité, et à la sécurité des aliments est un enjeu majeur. Si les industries alimentaires sont engagées sur cette voie, il reste de nombreuses applications difficiles non encore traitées. Des problèmes théoriques, conceptuels et opérationnels nécessitent des recherches appropriées. Le positionnement de l'équipe est donc d'aborder ces situations difficiles. Il s'agit aussi d'apporter au génie des procédés l'analyse transitoire (dynamique) des opérations, la réalisation de compromis de fonctionnement, la prise en compte de non-linéarités et d'interactions entre variables, etc... Il faut noter qu'une particularité des procédés des IAA (et des procédés en général) est de se caractériser par un nombre d'actionneurs inférieurs aux nombres de propriétés à contrôler. Il est alors indispensable de réaliser un compromis pour la conduite

1.2 Contexte de l'activité de recherche

J'ai été recruté à l'ENSIA pour travailler à l'interface entre le Génie Industriel Alimentaire et l'Automatique. Déjà, dans le cadre de la thèse, j'avais travaillé sur la modélisation du procédé de séchage, couplée à la qualité, la simulation et l'optimisation des séchoirs et, enfin, la commande automatique des séchoirs. Depuis, j'ai continué ma recherche sur ce couplage Génie des Procédés et Automatique d'abord au sein du département GIA puis d'une Unité Mixte de Recherche.

Le département GIA¹ de l'ENSIA² réalise une recherche scientifique orientée vers le génie des procédés des industriels du secteur alimentaire au sens large (en incluant certaines applications dans le domaine des biotechnologies, des cosmétiques, du traitement d'eau...). La figure 1.1 présente les différents domaines couverts au sein du département. Ma recherche s'inscrit dans les programmes "séchage" et "simulation, modélisation, optimisation, commande".

Depuis l'année 2000, l'UMR GENIAL ou Unité Mixte de Recherche ENSIA - CEMAGREF - INRA - INAPG en GENIE Industriel ALimentaire a été créée. Cette UMR comprend deux axes de recherche majeurs (figure 1.2). J'ai pris, avec Nathalie Perrot ingénieur de recherche au CEMAGREF de Clermont Ferrand, la responsabilité de l'animation de l'équipe "Automatique"³. Nous nous réunissons soit à Clermont Ferrand soit à Massy, tous les 2-3 mois, pour faire le point des travaux de thèses et discuter des projets à lancer. En effet, les recherches à

¹Génie Industriel Alimentaire

²Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires

³cette animation scientifique succède à celle des séminaires de recherche appelés "Loncinades", que j'ai partagée avec Jean Vasseur, pendant plusieurs années au département GIA.

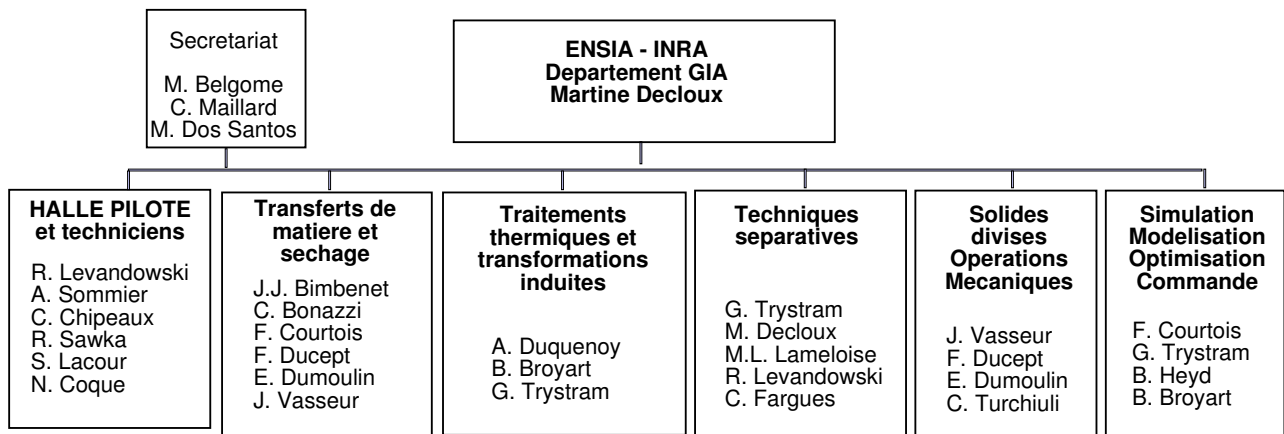


FIG. 1.1 – Organigramme du département GIA à l'ENSIA

Clermont Ferrand concernant pour l'essentiel la prise en compte de l'opérateur pour la mesure, le diagnostic ou la commande. De notre côté, à Massy, nous travaillons plus particulièrement avec une approche algorithmique tant en modélisation qu'en commande, l'opérateur n'étant qu'un utilisateur de nos travaux et non un maillon de la chaîne. Il y a donc un travail de coordination important entre nos approches complémentaires. Nous invitons aussi régulièrement des personnalités extérieures⁴ pour ouvrir le débat.

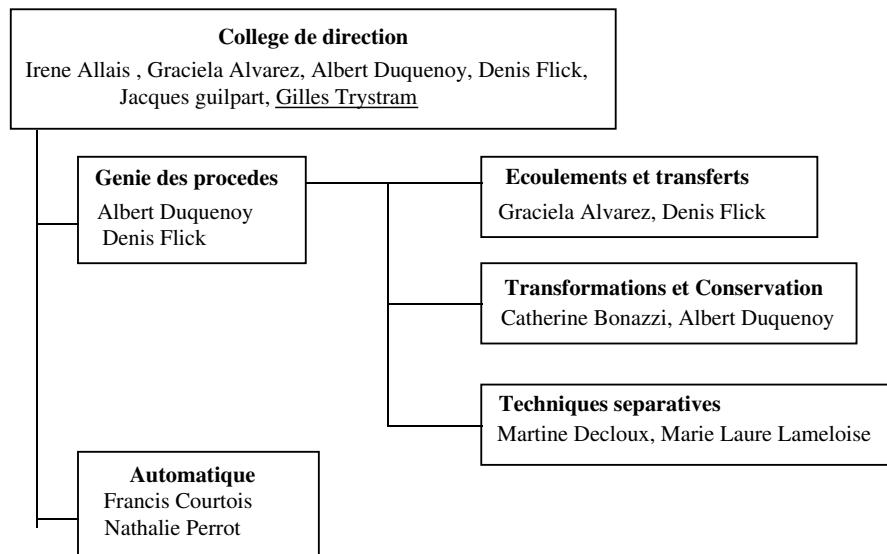


FIG. 1.2 – Organigramme de l'UMR GENIAL.

La modélisation est une méthode centrale dans notre UMR. Elle l'est aussi, très clairement, dans ma problématique de recherche. Elle est utilisée, non comme un but en soi, mais plutôt comme un moyen pour faire :

- l'analyse critique des données expérimentales, l'étude des mécanismes régissant le fonctionnement du procédé
- des simulateurs en CAO
- de l'optimisation
- des lois de commande

⁴tel le Pr. Denis Dochain, de l'université de Louvain La Neuve en Belgique, pour nous parler d'estimation.

- des observateurs de variables non mesurées
- du diagnostic
- ... et plus généralement, elle permet d'améliorer la conduite des procédés.

Pour financer nos recherches, les contrats industriels et les appels d'offre du ministère constituent une part très importante. Les bourses de DEA et de thèses aussi (une demande en cours auprès de l'école doctorale ABIES). Ainsi sur un budget annuel de 520 000 euros pour le département GIA, les contrats représentent 274 000 euros soit environ 53 %. J'ai ainsi travaillé sur des contrats avec les entreprises suivantes : EDF, NOVELEC, SATIG, SUD-CEREALES, McCAIN, GUINARD-ANDRITZ, BLEDNA.

Nous menons donc à la fois une recherche appliquée, en partenariat avec des industriels, sur des problèmes très concrets, et une recherche amont, sur la compréhension des mécanismes de transfert, de transformation et les méthodes pour les différentes opérations unitaires en industries alimentaires. Nous disposons pour ceci d'une gamme très large de pilotes dans une halle technologique.

Selon l'importance des sujets et la contrainte ou non d'un résultat industriel immédiat, nous abordons les problèmes de manières différentes :

- étude expérimentale ciblée
- étude plus générale avec modélisation simplifiée
- étude complète avec modélisation / compréhension des phénomènes mis en jeu

Nous travaillons souvent en équipe. Ainsi j'ai travaillé, en dehors du professeur Gilles Trystram responsable de l'UMR et du professeur émérite Jean Jacques Bimbenet spécialiste du séchage, avec d'autres chercheurs du département :

- Catherine Bonazzi⁵ (responsable du laboratoire de séchage)
- Jean Vasseur (séchage cylindre, ébullition, Aw⁶ à haute température, collage des poudres)
- Albert Duquenoy et, plus récemment, Bertrand Broyart (modélisation physique des transferts)
- Martine Decloux (micro filtration tangentielle)

Selon les travaux, des partenariats extérieurs (en dehors des industriels) ont été mis en place :

- ITCF, équipe de Jean-Claude Lasseran⁷, séchage du maïs
- CIRAD, équipe de Jean Michel Méot, séchage du riz et friture de banane plantain
- CEMAGREF, équipe de Graciella Alvarez, commande optimale de la réfrigération de palettes de fruits
- IFTS, Université de Bordeaux, instrumentation, modélisation et commande des décanteurs centrifuges
- SUPELEC, identifiabilité structurelle
- Université de Wageningen (Hollande), équipe de Ton van Boxtel, optimisation dynamique des procédés
- Université de Californie à Davis, équipe de Paul Singh, conception de TP pilotables à distance via Internet

1.3 Objectifs et domaine de compétence

A travers mes séjours en entreprise⁸, j'ai pu me faire mon idée des besoins des industriels des IAA. Ces besoins évoluent constamment mais on peut quand même les classer⁹ : conception¹⁰ des équipements, amélioration des réglages des procédés existants, amélioration des moyens de mesure en ligne, amélioration de la conduite, diagnostic. On pourrait regrouper tous ces éléments dans un chapitre "optimisation économique, temps réel, des procédés"¹¹. Les critères correspondants sont multiples et souvent contradictoires : minimiser la dépense énergétique, réguler ou augmenter la qualité, augmenter la flexibilité, améliorer la sécurité. On peut même y voir un ordre chronologique. Ainsi en 1988, au début de ma thèse, l'énergie et la qualité étaient les critères principaux. En 2003, la flexibilité et surtout la sécurité prévalent. Dans tous les cas, les mots clés sont : optimisation, transitoire et conduite. En effet, il est clair que l'optimisation que l'on recherche s'applique à tous les instants

⁵Chargée de Recherche INRA, 1ère Classe

⁶Activité de l'eau

⁷aujourd'hui à la retraite

⁸stages, thèses CIFRE, expertises pour l'ANVAR, contrats industriels

⁹niveau 1 de l'analyse

¹⁰dans la mesure du possible il s'agit de conception assistée par ordinateur (CAO)

¹¹une sorte de niveau 0 de l'analyse

de la production et est donc totalement liée à la conduite de la ligne (qu'elle soit pilotée par l'opérateur, un système de commande ou les deux). C'est d'ailleurs un apport majeur de l'Automatique au Génie des Procédés que de prendre en compte systématiquement l'aspect dynamique du problème, la conduite de l'outil de production. Tous les problèmes de conduite ne se traduisent pas en problèmes de commande tels que les traite l'automatique classique. En effet, en alimentaire, la complexité des procédés et la variabilité des produits sont telles que l'on doit souvent envisager d'autres approches ou combiner plusieurs techniques pour arriver à des solutions de conduite assistée par exemple. Il existe plusieurs exemples de tels développement au sein de l'équipe "Automatique" de l'UMR.

Quels sont les outils théoriques disponibles pour répondre à cette demande industrielle? A travers les colloques nationaux et internationaux et les revues scientifiques internationales, il est possible de trouver certains éléments. Ainsi, si on considère la réponse à un problème industriel, il s'agit souvent d'un assemblage méthodique de briques de base théoriques ou technologiques dont certaines existent et d'autres doivent être développées. Il y a aussi beaucoup de cas où des éléments existent mais pour des problèmes assez différents. Il est alors nécessaire de compléter le travail pour transférer l'outil à ce nouveau cas d'application¹².

Cette notion de "brique de base" en recherche est très importante. Tout d'abord, d'un point de vue méthodologique, elle permet de décomposer un problème complexe en une somme ordonnée de sous-problèmes bien classés. Ensuite, par différence avec l'état de l'art, elle permet de lister les compétences nécessaires. Cela évite aussi de rester cantonné au cas spécifique traité et de réfléchir plus en profondeur, de généraliser la méthode pour d'autres cas, de construire un cadre théorique, autant que faire se peut. On peut ajouter qu'elle permet de dégager des lignes forces sur lesquelles le travail de recherche doit se concentrer, sur lesquels on doit construire des sujets de thèse. La thèse de Ioan Cristian Trélea (1997) en est une belle illustration. En l'absence de méthode clairement identifiée adaptée à la commande des procédés alimentaires discontinus, cette thèse visait à construire une approche généralisable. Elle fut appliquée avec succès sur différents procédés alimentaires.

Finalement, on peut parler d'approche modulaire, à l'instar de l'informatique moderne. A la clé, il s'agit de progresser à la fois sur le procédé mais aussi sur la méthode. La question se pose donc de savoir quels sont les modules sur lesquels faire porter l'effort de recherche? Ces modules sont censés permettre de répondre à des questions précises telles que "quelle est l'évolution des variables d'état¹³ au cours de la transformation?". Ainsi, dans un second niveau d'analyse, on trouve les mots clés suivants : mesure, traitement de données, simulation, estimation, commande, optimisation. Mais il convient de compléter l'analyse car si on veut simuler, il faut quelque chose à simuler, idem pour l'optimisation par ne citer que ces exemples. En fait, un mot clé est en filigrane dans tout cela : *modélisation*. Modélisation des transferts de chaleur, de matière, de mouvement en premier lieu ; mais aussi modélisation des réactions (aspect qualité) induites dans le procédé, modélisation de l'interaction procédé - opérateur¹⁴. Comme on le verra dans le corps de ce mémoire, la modélisation (et son complément : la simulation) est partout : dans la mesure en ligne, le traitement des données industrielles ou expérimentales, la planification d'expérience, la conception des équipements, l'optimisation d'une ligne de production, le diagnostic et la commande des procédés. Un avantage, et non des moindres, de la modélisation est d'autoriser une démarche itérative essai - erreur ou, plus exactement, hypothèse - (in)validation. Ainsi, dans le cadre de la thèse de Jean Michel Trichard (1997), nous avons construit des expériences sur le pilote de micro-filtration tangentielle sur la base de nos hypothèses de modélisation. La plupart des modèles de la bibliographie d'alors étaient des modèles statiques à temps explicite. Afin de conduire le procédé, il fallait considérer une modélisation dynamique. Les expériences réalisées en dynamique¹⁵ ont ainsi invalidé tous ces modèles tirés de la bibliographie. Dans nos travaux, les connaissances en matière de transferts de chaleur et de matière, ainsi que sur le génie de la réaction, sont utilisées au maximum. C'est la grande différence avec l'automatique classique où l'on considère le procédé comme une boîte noire dont on veut simplement identifier le comportement entrée - sortie. Ainsi, il m'est apparu plus pertinent de développer une compétence à l'interface entre :

- le génie des procédé qui amène la compréhension des mécanismes et ainsi la robustesse aux modèles (au sens d'une meilleure capacité d'interpolation et même d'extrapolation) mais qui néglige le caractère transitoire (ou

¹²Exemple : adapter une loi de commande, initialement prévue pour des séchoirs à courants croisés à basse température, sur un séchoir à flux mixtes à haute température (et pour deux autres produits). Thèses de Francis Courtois, Ioan Cristian Trélea et Miguel Abud.

¹³exemple classique : évolution de la température à coeur au cours de la stérilisation.

¹⁴thématique développée par le groupe de Clermont Ferrand

¹⁵i.e. en conditions transitoires avec des créneaux de pression transmembranaire et de vitesse tangentielle

dynamique) des phénomènes

- l'automatique qui apporte le point de vue et les méthodes propres aux systèmes dynamiques, amenant le problème de conduite, de gestion du temps réel, dès le début ; mais qui néglige les connaissances disponibles sur les mécanismes fondamentaux qui régissent ces mêmes systèmes.

L'objectif, en terme de compétences, ici est bien de se situer à l'interface entre les deux, de centrer l'expertise sur la combinaison judicieuse des connaissances, méthodes et techniques à la fois du Génie des Procédés et de l'Automatique. C'est une réelle opportunité : les combinaisons possibles sont infinies et le domaine applicatif concerné est immense.

Pour bien comprendre l'articulation de mes recherches, il faut reprendre les modules déjà cités, et les ordonner.

A la base, il y a le procédé alimentaire. Ce que l'on appelle le procédé est en fait un assemblage complexe d'équipements, de fluides, d'énergie et de produits en complète interaction. La première chose à faire est d'analyser convenablement le "système" mis en regard des objectifs, d'une part, et des connaissances disponibles, d'autre part. Si l'objectif global est toujours technico-économique, les moyens à mettre en oeuvre varient. Dans notre cas, la solution passe souvent par l'instrumentation, la modélisation et l'automatisation. Les connaissances disponibles seront prises soit dans le Génie des Procédés soit dans le domaine de l'Automatique, pour l'essentiel.

Avant d'effectuer la moindre expérimentation, se pose ainsi le problème de savoir quelles expériences réaliser ; et si l'instrumentation est adaptée aux objectifs. Disposer d'un modèle ou, plus généralement, de solides connaissances sur les transferts permet de répondre à ces questions. Il s'agit là d'une réflexion "amont" préalable à toute expérimentation : l'instrumentation du pilote est-elle compatible avec mon modèle ? Puis je réellement identifier ces paramètres inconnus ? Nous avons commencé à répondre à cette question par une méthode initialement développée à SUPELEC et que nous avons adaptée¹⁶. Il reste encore des développements à envisager dans le but d'élargir le domaine d'application aux modèles très non-linéaires.

Dès que l'on commence à manipuler le procédé, on génère des matrices de données temporelles qu'il faut traiter. En premier lieu, il faut vérifier la cohérence des mesures par des traitements informatisés. On vérifie par exemple que l'accroissement de la température de séchage a un effet positif monotone sur la teneur en eau du produit séché. Ainsi, dans le cadre de nos travaux en séchage, des outils logiciels ont été développés pour traiter par lot l'ensemble des cinétiques de séchage, les normaliser, les représenter et détecter rapidement les incohérences¹⁷. Un travail similaire a été conduit dans le cas de la friture¹⁸.

On voit facilement que l'analyse des données expérimentales est largement améliorée grâce à la connaissance sur les mécanismes, en particulier sur les transferts. On comprend aussi bien que le choix des expériences à conduire dépend des mêmes connaissances. Il s'agit là d'un apport majeur du Génie des Procédés qui, contrairement à l'Automatique, met en regard les données et les mécanismes qui sont censés les avoir générées. Si les connaissances et méthodes du Génie des Procédés sont donc très importantes, il n'en reste pas moins souvent nécessaire de procéder à des ajustements sur les données pour avoir un modèle optimisant au mieux description¹⁹ et représentation²⁰. Pour citer un exemple en séchage et friture, une approche mixte combinant les premières lois de Fick et Fourier et une approche compartimentale²¹ fut développée. Cette approche combine à la fois les connaissances disponibles sur les transferts de matière et de chaleur, et une description simplifiée des gradients internes. On gagne en simplicité, vitesse de calcul et surtout, le système devient structurellement identifiable²². Dans le cadre de la thèse de Abla Belarbi, nous avons travaillé sur le problème du séchage d'un produit composite : la datte se compose en effet d'un noyau enrobé de pulpe et recouvert d'une peau, deux compartiments aux propriétés bien différentes. Nous avons obtenu un modèle à 2 compartiments représentant bien les cinétiques

¹⁶Thèse de Régis Lemaire. Application au séchage du maïs. Développement d'un code de test d'identifiabilité structurelle sur MUPAD (logiciel de calcul formel).

¹⁷thèse de Miguel Abud sur le séchage du riz. Programme Aliment Demain, ADEME. Partenariat avec SATIG et SUD-CEREALES.

¹⁸Contrat avec le CIRAD, travail de Master Wageningen de Franka Bossers. Contrat confidentiel avec McCain

¹⁹modèle dont les équations décrivent au mieux les mécanismes

²⁰modèle dont les équations reproduisent au mieux le comportement observées des variables d'entrée et de sortie

²¹Thèses de Miguel Abud, Abla Belarbi

²²Thèse de Régis Lemaire sur l'identifiabilité et la planification d'expériences. Application en séchage et en friture. Partenariat avec le CIRAD.

expérimentales. Il reste encore à mieux explorer les véritables mécanismes régissant les transferts d'eau entre les différents composants d'un tel produit. Par ailleurs, on s'aperçoit que des modèles donnant satisfaction en conditions constantes ne sont parfois plus valides en conditions variables²³. C'est à ce problème que nous avons essayé de répondre au travers de toutes les thèses ayant abordés la modélisation. Nous avons intégré systématiquement des expériences en conditions variables afin de valider nos modèles en "profondeur". C'est important car la conduite d'un procédé n'est jamais une succession de régimes stabilisés et, localement, le produit est rarement en conditions constantes.

On peut rarement s'arrêter aux transferts de chaleur et de matière. Dans les IAA, le produit est transformé dans un but précis, alimentaire. On cherche soit à générer de nouvelles propriétés (e.g. gustatives ou nutritionnelles) soit, et c'est un minimum, à dégrader le moins possible la qualité du produit. On distingue ainsi des qualités primaires (e.g. la teneur en eau en séchage) et secondaires (e.g. la couleur, la teneur en vitamine C en séchage). En matière de qualités secondaires, on trouve parfois des critères bien éloignés des mesures normalisées faites au laboratoire : rendement d'extraction, pourcentage de fissure... Dans tous les cas, ces qualités dépendent des variables d'état du système (e.g. température du produit) et donc directement des transferts de matière et de chaleur au sein du produit et avec son environnement. Le besoin de prédire leurs effets sur l'évolution cinétique de la qualité, quelle qu'elle soit, existe clairement. Ce type d'étude requiert des compétences multiples : instrumentation, mesures analytiques, Génie de la Réaction. En termes de résultats, à titre d'exemples, nous disposons d'un modèle couplé du séchage et de la dégradation de la qualité amidonnaire du maïs²⁴, d'un modèle couplé du séchage et de la fissuration du riz²⁵, de modèles couplés de friture et d'incorporation d'huile pour le plantain, la pomme de terre, le coco²⁶.

Dans tous les problèmes de modélisation, se pose la question de l'identification des coefficients inconnus, non disponibles dans la bibliographie et non mesurables. En effet, dans le cas d'un modèle compartimental, par exemple, les coefficients de transfert d'eau au sein du produit ne sont pas mesurables. Ils doivent donc être identifiés à partir de cinétiques expérimentales. Il y a là une différence notable avec le Génie Chimique où les produits traités²⁷ sont mieux connus, avec une variabilité naturelle bien plus réduite et des bases de données sur les propriétés bien plus complètes. Il existe une abondante littérature sur l'identification des modèles linéaires en les paramètres mais, finalement, peu de méthodes valables, robustes, pour nos modèles toujours très non-linéaires. Un certain savoir-faire est nécessaire pour adapter les algorithmes sur chaque cas particulier. Ainsi, en séchage, il est important de pondérer les points expérimentaux judicieusement afin d'éviter une erreur relative trop importante sur la prédiction de la teneur en eau finale qui est une valeur numériquement faible. Il y a bien d'autres éléments à prendre en compte pour "orienter" l'algorithme d'identification vers les bonnes valeurs des paramètres, et de manière robuste. Tous ces éléments sont concentrés dans les outils logiciels que nous avons développés au fil des thèses²⁸ sur la base de méthodes éprouvées (Hook et Jeeves, Simplex, Levenberg-Marquardt) ou originale (Alienor). Les résultats obtenus sont significativement meilleurs car valides sur une large plage de fonctionnement²⁹. Ainsi le modèle de séchage du riz est validé entre 20 et 90°C alors que les modèles de séchage dans la littérature sont généralement donnés pour une plage de température de 20 ou 30°C.

Un modèle peut avoir bien d'autres utilisations que la simulation en vue du dimensionnement (CAO). Nous avons montré, dans le cas particulier de la friture³⁰, qu'il était possible de remonter à la teneur en eau du produit en temps réel (non mesurée) à partir de la température de l'huile et de la consommation d'énergie au niveau de sa régulation. Ce sujet de recherche est un sujet à développer car à la fois bien en phase avec les besoins industriels et nécessitant encore un travail de recherche pour lever certains verrous théoriques. En effet, la plupart des travaux sur les estimateurs sont basés sur l'étude des procédés fermentaires ou chimiques simples. Par ailleurs, tous les travaux sur la conduite des procédés sont subordonnés à la disponibilité de moyens de mesure en ligne, quels qu'ils soient.

²³Voir par exemple : Fohr J.P., Arnaud G., Ali Mohamed A., Ben Moussa H., 1988, Validity of drying kinetics, Sixth International Drying Symposium, Versailles, France, 151-157.

²⁴Ma thèse (soutenue en 1991). Partenariat ENSIA, ITCF, SATIG, ROULIN, COMIA-FAO. Contrat ADEME.

²⁵Thèse de Miguel Abud

²⁶Master de Franka Bossers, thèse de Régis Lemaire

²⁷inertes, et non d'origine biologique

²⁸en particulier dans le cadre des thèses de Miguel Abud et de Régis Lemaire

²⁹Clairement, le domaine de validité large est le résultat combiné d'un "bon" modèle, de "bonnes" données expérimentales et d'une "bonne" méthode d'identification

³⁰Thèse de Ioan Cristian Tréléa en commande

Si, à l'aide d'un modèle, estimer une variable non mesurable, clé d'une opération unitaire, contribue à améliorer la conduite du procédé, il y a bien d'autres possibilités. Au plus simple, les modèles obtenus peuvent être utilisés pour tester, par simulation, des lois de commande. C'est ainsi que les travaux des DEA de Jennane et Nouafo, puis les thèses de Tréléa et de Trichard furent conduits. L'expérimentation ne sert, dans ce cas, que pour la validation finale. Ils peuvent aussi être utilisés dans le cadre d'une stratégie de commande prédictive à modèle interne. Dans nos applications, les modèles sont toujours non-linéaires, souvent multi-variables et à paramètres répartis. Jusqu'à présent, nous avons bien géré les non-linéarités et l'aspect multi-variables. Dans le cadre de la thèse de Jean Michel Trichard³¹, la solution optimale du problème de commande bivariable³² fut obtenue analytiquement. Dans la thèse de Ioan Cristian Tréléa (partenariat avec le CEMAGREF), sur le problème de commande d'un séchoir batch, les modèles non-linéaires régissant l'évolution cinétique de la teneur en eau et de la qualité du maïs furent intégrés directement dans le système de commande. Une étude ultérieure a montré l'impact des incertitudes sur les mesures sur les performances de l'algorithme. En revanche, nous n'avons pas encore totalement intégré l'aspect "système à paramètres répartis". En partenariat avec l'équipe de Jean Michel Méot au CIRAD, nous disposons pourtant d'un pilote semi-industriel bien instrumenté sur lequel tester la commande distribuée. Le besoin industriel est très grand, peut être autant que celui en matière de capteurs logiciels. Il s'agit de distribuer la commande en différents points du procédé au lieu d'une commande globale. En utilisant les modèles dynamiques aux dérivées partielles, il est possible ainsi de diminuer considérablement le temps de réponse du système régulé et donc diminuer le pourcentage de "non-conformes" sur la production journalière. Les résultats dont nous disposons ne sont qu'une première approche dans cette direction. Ainsi, en ce qui concerne l'optimisation dynamique de l'opération de séchage (séjour de 2 mois à l'université de Wageningen, thèse de Alejandra Olmos), nous disposons maintenant de méthodes et de résultats permettant d'obtenir le profil de séchage optimal pour une particule. Il faut ensuite remonter jusqu'au profil optimal d'une couche épaisse, et enfin, le réglage optimal (en temps réel) du procédé industriel.

La plupart de ces travaux furent appliqués à des procédés de séchage, ou des procédés proches tels la friture ou la cuisson. En effet, dans la continuité de la thèse, il semblait cohérent d'approfondir les connaissances mais aussi le savoir-faire correspondant. L'élargissement à différents modes de séchage (dont vapeur d'eau surchauffée) ainsi qu'à la cuisson (réactions favorisées) et à la friture (séchage par contact, par ébullition) permet d'asseoir une certaine expertise sur les procédés de séchage.

Il est important de valoriser les travaux de recherche dans l'enseignement. En particulier, on peut constater que l'ingénieur en IAA n'a souvent qu'une vision statique (i.e. en régime stabilisé) des procédés. Il intègre rarement la dynamique propre aux systèmes qu'il exploite. Le concept même de transitoire est masqué. Dans ses projets d'ingénierie, il considère souvent la conduite en dernier lieu alors qu'il est tellement plus efficace d'inclure cette problématique dès le début. Il y a donc un enjeu majeur à former les futurs ingénieurs à la fois aux concepts de l'Automatique appliquée au Génie des Procédés mais aussi à le mettre en situation sur des cas concrets où il va pouvoir "se frotter" à la complexité des problèmes (choix des capteurs, positionnement, interaction opérateur / automatisme, etc.). A contrario, le nombre d'heures et les moyens financiers dévolus aux sciences de l'ingénieur se réduisant toujours, il y a un véritable défi pour les enseignants. C'est dans ce cadre que nous avons développé, dès 1995, l'utilisation des NTIC³³ dans notre enseignement. Les cours ont été informatisés et mis en ligne sur Internet. Nous ainsi avons participé au projet européen FIDEL (en 1997), occasion pour nous de traduire tous les supports en anglais et de réfléchir à l'enseignement à distance. L'usage des simulateurs a été généralisé et, depuis 1997, des travaux pratiques en automatique ont été réintroduits après leur disparition faute de moyens³⁴. L'idée nouvelle³⁵ est de partager un même appareil en ligne sur Internet. Les étudiants conduisent, tour à tour, une expérience sur le mini-procédé puis, hors ligne, vont travailler sur l'identification d'une fonction de transfert, le calcul d'un régulateur numérique, le tester par simulation et enfin le valider à nouveau en ligne. Une caméra

³¹conduite automatisée de la microfiltration tangentielle sur membrane ; application aux solutions de sucre roux et aux solutions de levures.

³²en pression transmembranaire et en vitesse tangentielle

³³Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

³⁴La réorganisation des UV a fait disparaître le découpage en quarts de promotion pour lequel notre équipement était compatible. Nous n'avions plus les moyens d'assurer la même prestation pour une demi-promotion ou plus.

³⁵initiée à l'ENSIA et développée dans le cadre d'une année sabbatique à l'université de Californie à Davis chez le Pr. Paul Singh.

permet de suivre à distance l'évolution visuellement. L'idée semble faire son chemin dans la communauté et m'a amené à démarrer une collaboration avec le Pr. Singh à UC Davis, dès 1998, et à présenter nos travaux dans ce domaine au Mexique et au Brésil.

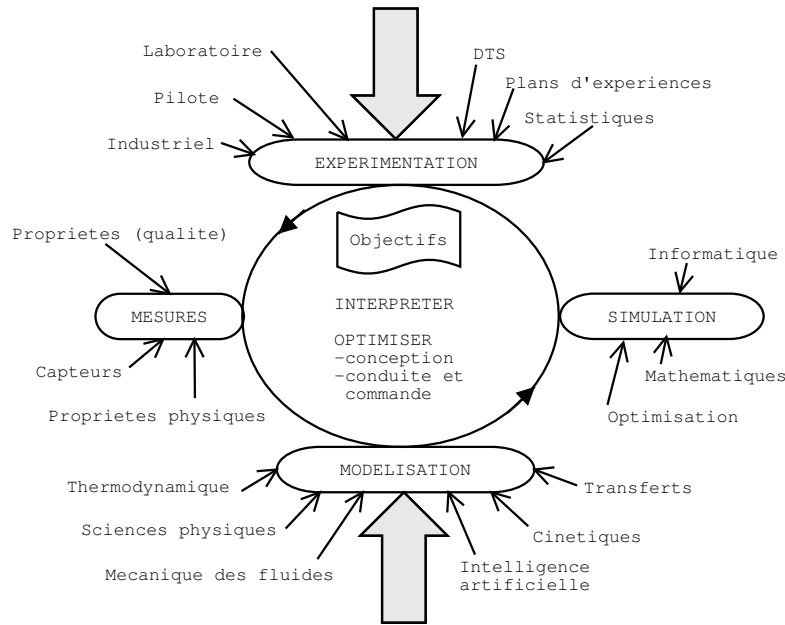


FIG. 1.3 – Articulation des recherches, vue de principe

L'ensemble des points introduits ici sont repris et détaillés dans le corps du mémoire. La figure 1.3 peut servir de guide pour la lecture.

Pour résumer, après 3 années à l'ITCF et 12 années à l'ENSI, j'ai eu le temps de développer ma propre recherche puis celle de notre équipe au sein du département GIA, du laboratoire de séchage INRA et maintenant de l'UMR GENIAL. J'ai participé (ou participe encore) activement à l'encadrement de 8 thèses et 7 DEA ou stages de recherche longs. J'ai rédigé ou participé à la rédaction de 20 articles dans des journaux internationaux à comité de lecture et encore 20 chapitres de livres avec comité de lecture et près de 50 conférences dans des congrès et colloques internationaux. J'ai été invité comme expert ou comme chairman dans des colloques internationaux pour ma compétence à l'interface entre Génie des Procédés et Automatique. J'ai aussi été invité pour des séjours sabbatiques à l'université de Wageningen (Hollande) et à l'université de Davis (Californie). Je suis membre éditorial du *Journal of Food Process Engineering*. J'ai développé avec le professeur Gilles Trystram l'approche Automatique dans le GIA en défendant des bourses de thèses, des contrats industriels, et en encadrant les travaux scientifiques correspondants puis en les valorisant à travers articles et congrès.

Chapitre 2

Activités d'enseignement

Depuis ma nomination à l'ENSIA, je partage l'enseignement de l'automatique en tronc commun et 3ème année ENSIA avec le Pr. Gilles TRYSTRAM et je participe à l'enseignement des bases du GIA (opérations unitaires) dans le cadre du tronc commun, voir le tableau 2.1.

Dans le cadre de la dominante GIA (3ème année), je partage l'organisation, les cours et les projets de l'UV 102 - Contrôle - commande des procédés alimentaires avec le professeur Gilles TRYSTRAM et de l'UV109 - Informatique industrielle avec Bertrand Heyd. Depuis 2001, je suis responsable d'une nouvelle dominante transverse " traitement de l'information " reprenant les UV de ce type du GIA et en créant 2 autres (Informatique avancée et Projet en traitement de l'information).

Une partie de mon enseignement est réalisée hors de l'ENSIA : au CESIA (Lille), à l'école des mines d'Albi (ENSTIMAC), à l'ISAB et à l'étranger au Liban, au Maroc et aux Philippines.

TAB. 2.1 – Récapitulatif de la charge d'enseignement pour l'année scolaire 2002-2003 (CM= Cours Magistral, TD= Travail Dirigé, TP= Travail Pratique) :

| Intitulé | Cadre | Contenu | h. éq. CM |
|-----------------------------------|--------------------|----------------|-------------|
| Séchage (OU1) | Tronc Commun | 4h CM, 8h TD | 6,7 |
| Automatique (AMS) | Tronc Commun | 12h CM, 8h TD | 17,3 |
| Automatique (UV102) | 3ème année | 27h CM, 21h TD | 27,3 |
| Informatique industrielle (UV109) | 3ème année | 8h CM, 40h TD | 30,3 |
| Informatique avancée (UV110) | 3ème année | 48h TD | 32 |
| Projets GIA et TI (UV103 et 111) | 3ème année | cf DEA | 0 |
| encadrement de DEA | 3ème année | 15h TD | 10 |
| Suivi de stages | tous niveaux ENSIA | 5h TD | 3,3 |
| Automatique industrielle | LIBAN | 12h CM | 12 |
| Food Process Control | cours européen | 12h CM, 12h TD | 20 |
| TOTAL | | | 159h éq. CM |

2.1 Tronc Commun ENSIA

En tronc commun, j'interviens systématiquement dans deux UV :

- séchage (UV Opérations unitaires) avec 4 h de cours et 8 h de TD
- automatique (UV Automatique, Modélisation, Informatique) avec 20h de cours

Séchage (depuis 1996)

4 h de cours pour 64 élèves, 4 séances de TD (2 fois 2, par demi-promotion)

En 1997, j'ai repris la responsabilité du cours de séchage (4h de cours, 4h de TD) dans le cadre de l'enseignement des opérations unitaires à l'ENSIA (1ère année). Ce cours de base fait partie de l'UV obligatoire Opérations Unitaires. Le cours se décompose en deux grandes parties : construction et utilisation du diagramme de l'air humide et conception et réglage des séchoirs industriels. Un polycopié est disponible sur papier et sur Internet à <http://fcourtois.com>.

Deux séances de TD permettent aux étudiants de mettre en oeuvre les cours reçus. De plus des simulateurs sont disponibles en ligne sur Internet à <http://fcourtois.com>. Une séance de TP à distance a été ajoutée en 2000. Les étudiants peuvent ainsi réaliser une expérience en psychrométrie depuis n'importe quel poste informatique sur Internet.

TP de Séchage (jusqu'en 1996)

8 séances de TP de 4 h par groupes de 4 élèves

Dans le cadre des TP de GIA (deuxième année), cette séance de Travaux Pratiques de séchage (répétée pour 8 groupes) m'a permis de montrer le rôle du pilote dans la recherche et l'industrie, nécessité d'une démarche expérimentale pour la modélisation et le rôle de l'instrumentation. Les étudiants devaient réaliser 3 cinétiques de séchage de carottes rapées à 3 températures différentes. Leur premier travail consiste à vérifier la fiabilité des mesures. Il doivent ensuite remettre un rapport commentant les expériences.

Cet enseignement fut partagé à égalité avec Catherine BONAZZI.

Régulation Automatique (jusqu'en 1996)

8 h de cours pour 64 élèves, 6 séances de TD (2 fois 3 par demi-promotion)

Ce cours est important car il introduit la notion de "dynamique des processus" bien peu présente dans le reste de l'enseignement. Plus que former des techniciens de l'automatique, le but est plutôt de leur présenter les avantages de l'automatique en général et des PID en particulier. Le point de vue utilisé est celui de l'ingénieur procédé. Ainsi les TD permettent de visualiser sur des cas concrets l'analyse système.

J'ai développé un logiciel spécial REGSIM de simulation des systèmes continus d'ordres 1 et 2, avec et sans PID. La première séance de TD est donc consacrée à l'assimilation du cours à l'aide d'exemples (et de simulations). En 1996-97, dans le cadre de la réforme du tronc commun, cet enseignement a été refondu en une UV Automatique Modélisation Simulation puis Automatique (depuis 2001)

Automatique Séquentielle (jusqu'en 1996)

16 h de cours pour 64 élèves, 4 séances de TD (2 fois 3, par demi-promotion)

Il s'agit du premier enseignement en automatique que reçoivent les étudiants ENSIA (première année). Ce cours illustré de nombreux exemples et complété par série de 5 séances de T.P. permet aux étudiants de concevoir et réaliser leur premier automatisme et d'acquérir les bases indispensables dans leur futur métier d'ingénieur.

Le cours se concentre essentiellement sur les langages booléen, à contact et GRAFCET.

En 1996-97, dans le cadre de la réforme du tronc commun, ce cours est devenu une option.

T.P. d'Automatique Séquentielle (jusqu'en 1996)

15 séances de 4 heures de T.P. par groupes de 10 élèves

Il s'agit du premier enseignement en automatique que reçoivent les étudiants ENSIA (première année). Ces travaux pratiques permettent aux étudiants de bien assimiler le cours d'Automatique Séquentielle. La première séance présente la technologie des automates et permet aux étudiants de se familiariser avec l'environnement

TELEMECANIQUE que nous utilisons. Les quatre séances suivantes permettent aux étudiants, par binômes, de mener à bien la programmation en GRAFCET d'un cahier des charges réel et son test sur simulateur simplifié. Cet enseignement est partagé à égalité avec Gilles TRYSTRAM.

En 1996-97, dans le cadre de la réforme du tronc commun, cet enseignement est devenu une option.

Modélisation, Analyse numérique, Simulation (jusqu'en 1996)

quelques séances de TP par groupes de 10 élèves

Cet enseignement est dispensé par Albert DUQUENOY. Chaque élève se voit confier un problème de modélisation qu'il doit mener à son terme : la réalisation d'un logiciel de simulation. Je suis intervenu plusieurs fois en complément ou en remplacement d'Albert DUQUENOY pour aider les élèves à résoudre numériquement les équations et à les programmer sur PC.

Automatique (depuis 1996)

12 h de cours pour 64 élèves, 4 séances de 2 h de TD (par promotion)

Ce cours de base fait partie de l'UV obligatoire AMS (Automatique, modélisation, simulation). Le cours permet aux élèves ingénieurs de se familiariser avec les notions de temps réel, de dynamique, de rétroaction et de boucle fermée. Les automatismes séquentiels (GRAFCET) et les régulateurs TOR et PID sont présentés. Les transparents sont disponibles sur papier et sur Internet à <http://fcourtois.com>.

Quatre séances de TD permettent aux étudiants de mettre en oeuvre les cours reçus. De plus des simulateurs sont disponibles en ligne sur Internet à <http://fcourtois.com>. Depuis 2003, un TD suivi d'un projet sur la régulation ont été introduits sur la base du logiciel SCILAB et de son simulateur graphique SCICOS.

Informatique (depuis 2000)

quelques séances de TP par groupes de 10 élèves

Cet enseignement est dispensé par Bertrand Heyd. Chaque élève se voit confier un problème de programmation qu'il doit mener à son terme. Je suis intervenu plusieurs fois en complément ou en remplacement pour aider les élèves en salle informatique.

2.2 Troisième Année ENSIA

En 2000, avec Bertrand Heyd et Gilles Trystram, nous avons créé la dominante "traitement de l'information". Cette spécialisation de troisième année regroupe les UV liées aux mathématiques et à l'informatique. J'ai créé pour l'occasion l'UV110 d'informatique avancée et l'UV111 de projet. Le cursus normal comprend les UV suivantes (d'autres options sont possibles) :

- UV110 : informatique avancée
- UV109 : informatique industrielle
- UV102 : automatique des procédés alimentaires
- UV122 : analyse des données
- UV111 : projet

La dominante TI est décrite sur Internet à <http://control-lab.ensia.inra.fr/TI/>.

UV100 - Modélisation et Optimisation (jusqu'en 1996)

44 h de TD (encadrements de groupes de 2 à 4 étudiants)

Cette UV est sous la responsabilité d'Albert DUQUENOY. Personnellement, j'ai assuré l'encadrement de groupes dans la modélisation, l'analyse numérique, la programmation, la simulation et l'optimisation d'un

projet. Les problèmes sont en général plus complexes que dans les TP de première année et plus proches des sujets de recherche des thésards.

UV102 - Automatisation des Procédés Alimentaires

27 h de cours et 21 h de TD (groupes de 2 à 4 étudiants)

Cette UV organisée par Gilles TRYSTRAM et moi-même se compose d'une partie cours et conférences, une partie TD pratiques et une partie projets encadrés. Nous abordons également tous les aspects de la commande numérique des procédés de l'acquisition des données au calcul de la loi de commande en passant par l'identification des modèles d'état. Nous couvrons aussi l'utilisation des techniques issues de l'intelligence artificielle (flou, RN...). Le cours est agrémenté de nombreux exemples pris dans nos résultats de recherche ou dans la bibliographie.

Pour les TD, j'ai d'abord réalisé un logiciel (SOPHIE) de simulation des systèmes linéaires discrets et ai implémenté quelques régulateurs classiques : TOR, PID, RST et d'autres moins courants : probabiliste, MBPC... Ce logiciel en anglais est maintenant diffusé internationalement sur Internet. Nous avons ensuite complété les séances sur SOPHIE par des séances sur MATLAB qui nous semble être un outil incontournable.

En 1996-97, j'ai repris complètement la responsabilité de l'organisation de l'UV 102. J'ai monté un pilote d'échangeur de chaleur servant de support pédagogique à l'enseignement dispensé.

En 2000, nous avons ajouté un TP de régulation de niveau commandable à travers le réseau. De même tous les documents utiles sont disponibles sur Internet y compris des simulateurs pédagogiques. L'UV est décrite sur Internet à <http://control-lab.ensia.inra.fr/TI/uv102/>.

UV109 - Informatique Industrielle (depuis 1996)

environ 8 h de cours et 40 h TP/TD (groupes de 2 à 4 étudiants)

Créée initialement par Marc Danzart, cette UV fut reprise par Bertrand Heyd et moi-même en 1996 pour en faire une UV beaucoup plus appliquée. Dans la mesure où la technologie est trop vaste pour être couverte par des cours, quelques bases sur la programmation, les réseaux, la supervision et le dialogue machine/machine sont dispensés au début puis le reste de l'UV est un projet à réaliser en petit groupe à cadence imposée et encadrement très présent. Il s'agit de réaliser une partie opérative électronique combinant capteur de température et lampe chauffante puis de programmer le contrôle à distance via un superviseur déporté sur le réseau.

De même tous les documents utiles sont disponibles sur Internet. L'UV est décrite sur Internet à <http://control-lab.ensia.inra.fr/TI/uv109/>.

UV110 - Informatique avancée (depuis 2000)

48 h de TD (groupes de 2 à 4 étudiants)

Dans cet enseignement, il s'agit d'apprendre par la pratique la programmation structurée en C. Les étudiants sont amenés à écrire des programmes de plus en plus complexes orientés "informatique scientifique". Par ailleurs, ils doivent se familiariser au cours de l'UV avec l'administration d'un système LINUX. Cette UV est positionnée avant toutes les autres afin de faciliter leur déroulement.

L'UV est décrite sur Internet à <http://control-lab.ensia.inra.fr/TI/uv110/>.

UV103 / UV111 - Projet de 3ème année (GIA ou TI)

192 h de TD (groupes de 1 à 3 étudiants)

Les projets proviennent tous d'une demande industrielle réelle. Une grande autonomie est laissée aux étudiants. Quelques exemples récents :

- Pains Poilane : réalisation d'un prototype de mesure dimensionnelle de pains par analyse d'image (dominante TI)

- Les calissons du roy René : analyse du procédé de pétrissage, caractérisation de la cinétique de pétrissage et instrumentation (dominante GIA)

L'UV est décrite sur Internet à <http://control-lab.ensia.inra.fr/TI/uv111/>.

2.3 Enseignements à l'extérieur

2.3.1 CESIA

10 h de cours pour 60 élèves, 6 séances de TD (2 fois 3 par demi-promotion)

Il s'agit du cours de régulation automatique dispensé à l'ENSIA avec un contenu allégé et étalé sur 10 heures (au lieu de 8). Cet enseignement demande un effort pédagogique supplémentaire important pour des élèves peu enclins aux outils de type mathématiques/informatique.

En 94-95, nous avons, Gilles TRYSTRAM et moi, échangé une partie de nos enseignements : j'ai fait une partie du cours et des TD d'Automatique Séquentielle.

En 1996-97, le cours a été entièrement refondu pour laisser une plus grande place à une étude cas (étalée sur 2 jours pleins).

2.3.2 Ecole des Mines d'Albi (ENSTIMAC) (jusqu'en 1998)

10 h de cours en Commande de séchoirs pour 10 élèves en formation continue

Dans le cadre de la formation continue de l'école des mines d'Albi, j'ai réalisé un cours sur "la commande des séchoirs". Il s'agit d'un mélange entre :

- une synthèse bibliographique sur les méthodes de commande, ayant pour vocation d'être exhaustive
- la présentation d'exemples réels tirés de mes propres recherches et de la littérature, à fins pédagogiques
- un cours compréhensible sur les principes de mise en uvre de chaque méthode.

En 1995, j'ai complété cette formation avec un cours de 10h sur la modélisation et l'identification dans l'optique de la commande.

2.3.3 ISAB (en 1999 uniquement)

8h de cours en automatique industrielle et 18 h de TD

Dans le cadre de la spécialisation de dernière année en Génie des Procédés, j'ai dispensé un enseignement adapté, plus pratique en automatique industrielle. Les cours ont été réduits et plus orientés technologie pour faire place à une étude de cas complète avec gestion d'un projet d'automatisation allant jusqu'au devis des matériels.

2.3.4 Office Chériffien des Phosphates (Maroc) (de 1997 à 1999)

De 1997 à 1999, j'ai dispensé un cours similaire à celui de l'ENSTIMAC pour l'Office Chériffien des Phosphates au Maroc (10h de cours chaque année) dans le cadre de la formation continue en entreprise pour un public de 10 à 15 ingénieurs.

2.3.5 DEA à Beyrouth (Liban) (depuis 2000)

Dans le cadre du DEA Libanais co-organisé par l'INA P-G, l'université Libanaise, Université Saint Joseph et l'université Saint Esprit de Kaslik, j'enseigne un module de base en automatique. Le cours de 15h est intitulé "Automatisation des procédés agro-alimentaires". Cet enseignement est dispensé chaque année depuis 2000.

2.3.6 Master qualité à Laguna (Philippines) (depuis 2002)

Dans le cadre du master euro-asiatique initié par la SIARC et organisé à l'université de Los Banos à Laguna (Philippines), j'ai démarré en 2002 l'enseignement d'un module de 20h "Automation in Food Industry" en anglais pour une quinzaine d'étudiants asiatiques d'origines très différentes.

Chapitre 3

Autres activités

- Membre du comité de lecture du *Journal of Food Process Engineering*.
- Membre du conseil général de l'ENSIA de 1992 à 1995.
- Membre de la commission de réflexion sur le tronc commun de 1993 à 1996.
- Membre de la commission informatique de l'ENSIA de 2002 à 2003.
- Organisateur des séminaires de recherche du département de 1995 à 1998
- Animateur de l'équipe "Automatique" de l'UMR GENIAL avec N. Perrot.
- Administrateur système et responsable du site web du département GIA.
- Support informatique, réseaux, programmation et instrumentation au sein du département GIA.
- Responsable du site web, des emails et des mailing lists de l'UMR GENIAL.
- Conférencier en formation continue (CTCPA, OCP Maroc, FAO Thaïlande, ENSTIMAC).
- Co-organisateur de la journée SEE-ENSIA-ACIA sur la commande avancée en IAA (le 20 juin 1996)
- Expert ANVAR (plus de 30 expertises réalisées).
- Expertise d'un brevet.
- Ingénieur conseil auprès des industriels.

Séjours longs à l'étranger

- Mai-juin 1996 : "Visiting Professor" à l'université de Wageningen (Hollande) à l'invitation du Pr. Ton Van-Boxtel

Application de la programmation dynamique à l'optimisation du séchage du maïs.

- 1998-1999 : "Visiting Professor" à l'université de Davis (Californie, USA) à l'invitation du Pr. Paul Singh
Mise au point d'un TP sur Internet.

- Mai 2002 : "Visiting Professor" à l'université de Davis (Californie, USA) à l'invitation du Pr. Paul Singh
Améliorations et mise au point de plusieurs TP sur Internet.

- février 2003 : "Visiting Professor" à l'université de Davis (Californie, USA) à l'invitation du Pr. Paul Singh
Améliorations et mise au point de plusieurs TP sur Internet.

Annexe A

Encadrement de travaux de recherche

A.1 Terminés

A.1.1 Postdocs

– KHOSHHAL M., 2003

Modélisation dynamique du séchage du riz iranien pour l'optimisation des séchoirs en couche épaisse iraniens.
(encadrement à 100%, origine : Iran)

A.1.2 Thèses de doctorat

– MOATAMRI N., 2003

Instrumentation et automatisation d'un décanteur centrifuge continu..
(encadrement à 20%, directeur de thèse : Gilles Trystram)

– BELARBI A., 2001

Stabilisation par séchage et qualité de la datte Neglet-Nour.
(encadrement à 20%, directeur de thèse : Jean Paul Hébert)

– ABUD ARCHILA M., 2000

Modélisation simultanée des transferts et de l'évolution de la qualité technologique du riz paddy en vue d'optimiser les conditions de séchage.
(encadrement à 40%, directeur de thèse : Jean Jacques Bimbenet)

– TRICHARD J.M., 1997

Contribution à la commande de procédés agro-alimentaires : application à la filtration tangentielle.
(encadrement à 70%, directeur de thèse : Gilles Trystram)

– TRELEA I.C., 1997,

Contribution à la commande prédictive optimale sous contraintes des procédés discontinus non linéaires utilisés dans l'industrie alimentaire.
(encadrement à 30%, directeur de thèse : Gilles Trystram)

– LEMAIRE R., 1997 - thèse interrompue en fin de 2ème année

Contribution à l'amélioration de la méthodologie de la modélisation en génie des procédés
(encadrement à 90%, directeur de thèse : Gilles Trystram)

– RODRIGUEZ G., 1995,

Automatisation du séchage sur cylindre : conception et évaluation d'un système de contrôle.
(encadrement à 30%, directeur de thèse : Jean VASSEUR)

A.1.3 DEA et stages de recherche

– ROCCA R., 2003

Etude d'une tour de séchage de lait par atomisation. Contribution à la résolution des problèmes de collage du produit.

Diplôme d'Etudes Approfondies en Génie Chimique option Génie des Procédés Alimentaires, université de Paris XIII.

Mention "Très Bien".

– MAHDAVI A., 1997

Mesure du collage des poudres dans un séchoir par pulvérisation

Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Génie Chimique option Génie des Procédés Alimentaires, université de Paris XIII.

– BOSQUET S., 1995.

Modélisation du séchage de luzerne par la vapeur d'eau surchauffée.

Stage de recherche de 6 mois . Rapport confidentiel, ENSIA-EDF.

– BOSSERS F., 1995.

Modélisation de la friture/séchage de bananes plantain.

Stage de recherche de 6 mois (équivalent Hollandais du DEA). Rapport confidentiel, CIRAD-Wageningen.

– JENNANE J., 1993.

Stratégies de commande d'un séchoir pour produits alimentaires.

Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Automatique, université de Grenoble.

– NOUAFO J.L., 1993.

Stratégies de commande d'un séchoir à céréales.

Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Génie Chimique option Génie des Procédés Alimentaires, université de Toulouse.

A.2 En cours

A.2.1 Thèses de doctorat

– OLMOS A., 2003

Optimisation dynamique du séchage du riz

(encadrement à 20%, directeur de thèse : Gilles Trystram)

Annexe B

Publications

B.1 Polycopiés et Présentations d'Enseignement

1. Diagramme de l'air humide et séchage (40 pages). Disponible sur <http://fcourtois.com>.
2. Régulation automatique (40 pages). Disponible sur <http://fcourtois.com>.
3. Cours de régulation sur powerpoint (12h), en français et en anglais. Disponible sur <http://lab.ensia.fr/Control>.
4. Cours de psychrométrie et de séchage sur powerpoint (4h).
5. TD d'identification sur OCTAVE / MATLAB, en anglais (8h).
6. TD et projet de régulation sur SCICOS / SIMULINK (16h).

B.2 Brevets, Logiciels

1. COURTOIS F., ENSIA, 2001, RICE : simulateur convivial et graphique du séchage et de la fissuration du riz sur internet. Utilisé lors du salon IPA2000 (conférence et démonstration).
2. COURTOIS F., ENSIA, 2000, PSYCHRO : calculatrice psychrométrique en ligne sur internet à <http://psychro.com>. Anglais uniquement. Pas de manuel.
3. COURTOIS F., ENSIA, 2000, SERIAL-LIB2 : une boîte à outils (toolbox) de communication série pour OCTAVE/LINUX compatible avec SERIALLIB pour MATLAB. Disponible sur LINUX et OS compatibles. Manuel en Français.
4. COURTOIS F., ABUD M., ENSIA, CIRAD, 1999, DRYER 2001 : logiciel de CAO-Qualité pour les séchoir à maïs et à riz. Logiciel non commercial disponible sur WINDOWS, MACINTOSH, LINUX et sur Internet. Version Anglaise uniquement. Pas de manuel. Non commercialisé à ce jour.
5. COURTOIS F., ENSIA, 1998, WEBDRY : collection d'applets TCL disponibles sur internet à <http://fcourtois.com> pour simuler le séchage ou la friture. Anglais uniquement. Pas de manuel.
6. COURTOIS F., LEMAIRE, R., HEYD, B., ENSIA, 1997, SERIAL-LIB : une boîte à outils (toolbox) multi-plateforme de communication série pour MATLAB. Disponible sur Mac68k, PowerMac, Win3. Manuel en Français.
7. COURTOIS F., VAN BOXTEL T., 1995, DYNOPT : une boîte à outils (toolbox) multi-plateforme d'optimisation dynamique pour MATLAB et OCTAVE. Version Anglaise uniquement.
8. COURTOIS F., LASSERAN J.J., ENSIA, ITCF, 1991, DRYER 2000 : logiciel de CAO-Qualité pour les séchoirs à maïs. Logiciel protégé par dongle, disponible sur MACINTOSH pour 8 000 euros HT. Versions française, anglaise et espagnole disponibles. Manuel en Français. Vendu à chacun des constructeurs de séchoirs Français.

B.3 Publications scientifiques

B.3.1 Articles dans des revues à comité de lecture

1. OLMOS, A., TRELEA, I.C., COURTOIS, F., BONAZZI, C., TRYSTRAM, G. 2002. "Dynamic optimal control of batch rice drying process", *Drying Technology*, 20(7), 1319-1345.
2. COURTOIS, F., TRICHARD, J.M., TRYSTRAM, G., DECLoux, M. 2002. "Predictive control of a crossflow microfiltration process", submitted to the *Journal of Food Process Engineering*.
3. COURTOIS, F., ABUD ARCHILA, M., BONAZZI, C., MEOT, J.M., TRYSTRAM, G. 2001. "Modeling and control of a mixed-flow rice dryer with emphasis on breakage quality", *Journal of Food Engineering*, 49, pp. 303-309.
4. ABUD ARCHILA, M., COURTOIS, F., BONAZZI, C., BIMBENET, J.J. 2000. "A compartmental model of thin layer drying kinetics of rough rice", *Drying Technology*, 18(7), 1389-1414.
5. ABUD ARCHILA, M., BONAZZI, C., COURTOIS, F., BIMBENET, J.J. 2000. "Processing quality of rough rice during drying - modelling of head rice yield versus moisture gradients and kernel temperature", *Journal of Food Engineering*, 45, pp. 161-169.
6. SINGH, R.P., COURTOIS, F. 1999. "Conducting laboratory experiments via the Internet", *Journal of Food Technology*, 53(9), pp 54-59.
7. TRYSTRAM, G., TRELEA, I.C., RAOULT WACK, A.L., DIAZ, A., COURTOIS, F. 1999. Indirect measurement and control of moisture content during dehydration performed by frying, *Drying Technology*, 17 (7&8), 1627-1637.
8. TRELEA, I.C., TRYSTRAM, G., COURTOIS, F. Influence of model uncertainty on the dynamic optimal control performance of a batch corn drying process, *Drying technology*, 17(6), 1173-1180, 1999 .
9. TRELEA, I.C., COURTOIS, F., TRYSTRAM, G., ALVAREZ, G., 1998, Non linear predictive control of a batch refrigeration process, *J. Food Process Engineering*, 21, pp. 1-32.
10. TRELEA, I.C., COURTOIS, F., TRYSTRAM, G., 1997, Optimal constrained non linear control of batch processes : application to corn drying. *Journal of Food Engineering* , 31, pp. 403-421.
11. TRELEA, I.C., COURTOIS, F., TRYSTRAM, G., 1997, Dynamic models for drying and wet-milling quality degradation of corn using neural networks, *Drying technology*, 15(3), pp. 1095-1102.
12. TRELEA, I.C., COURTOIS, F., TRYSTRAM, G., 1997, Dynamics analysis and control strategy for mixed flow corn dryer, *Journal of Process control*, 1997, 7(1), pp. 57-64.
13. RODRIGUEZ G., VASSEUR J., COURTOIS F., 1996, Design and control of drum dryers for the food industry. 1 : Set-up of a moisture sensor and inductive heater. *Journal of Food Engineering*, 28, pp. 271-282.
14. RODRIGUEZ G., VASSEUR J., COURTOIS F., 1996, Design and control of drum dryers for the food industry. 2 : Automatic control. *Journal of Food Engineering*, 30, pp.171-183.
15. BONAZZI, C., DUMOULIN, E., RAOULT-WACK, A.L., BERK, Z., BIMBENET, J.J., COURTOIS, F., TRYSTRAM, G., VASSEUR, J., 1996, Food drying and dewatering, *Drying Technology*, 14(9), pp 2135-2170.
16. COURTOIS F., NOUAFO J.L., TRYSTRAM G., 1995, Control strategies for corn mixed-flow dryers. *Drying Technology*, 13(5-7), pp. 1153-1165.
17. COURTOIS F., 1995, Computer-aided design of corn dryers with quality prediction. *Drying Technology*, 13(1&2), pp. 147-164.
18. TRYSTRAM G., COURTOIS F., 1994. Food processing control; reality and problem. *Food Research International*, 27, pp. 173-185.
19. COURTOIS F., LEBERT A., LASSERAN J.C., BIMBENET J.J., 1993, Dynamic Modelling and Simulation of Industrial Corn Dryers. *Computer chem. Engng*, 17, Suppl., pp. S209-S214.
20. COURTOIS F., LEBERT A., DUQUENOY A., LASSERAN J.C., BIMBENET J.J., 1991, Modelling of Drying to Improve Processing Quality of Maize. *Drying Technology*, 9(4), pp 927-945.

B.3.2 Articles dans des revues sans comité de lecture

1. TRYSTRAM, F., COURTOIS, F., Automatique et industries alimentaires, quelques avancées, perspectives et limites, *Ind. Agr. Alim.*, 1998, Juin, 21-32.
2. COURTOIS F., 1995. Les possibilités d'Internet. *In Vivo*, 3, pp. 2.
3. TRYSTRAM G., COURTOIS F., ALLACHE M., 1993. Vers la commande automatique des fours de cuisson. *Bulletin spécial du CTUC, Etude des procédés de cuisson*, n°13 (juillet).
4. COURTOIS F., TRYSTRAM G., 1992. Les tendances en productique, le CIM à la portée des IAA. *Process*, 1076, p. 49.
5. DOLZ J. et COURTOIS F., 1989. Télégestion des paramètres de fonctionnement d'un séchoir et pilotage automatique. *Hors série Perspectives Agricoles, Hors série Juillet-août*, Paris, pp. 77-83.

B.3.3 Chapitres d'ouvrage (avec comités de lecture)

1. COURTOIS, F., 2003. Drying of air. *Encyclopedia of Agricultural, food and Biological Engineering*, D. Heldman ed., Marcel Dekker pub, pp. 227-230.
2. TRYSTRAM G., COURTOIS F., 1997, *Food Process Modelling and Simulation*, in *Computerized Control Systems in the Food Industry*, G. Mittal ed., Marcel Dekker Publishers, pp.55-85.
3. COURTOIS F., 1997, *Automatic Control of Drying Processes*, in *Computerized Control Systems in the Food Industry*, G. Mittal ed., Marcel Dekker Publishers, pp.295-316.
4. TRELEA I.C., COURTOIS F., TRYSTRAM G., 1995. Modélisation de la cinétique de séchage et de la dégradation de la qualité amidonnière du maïs par réseaux de neurones. In *Récents Progrès en Génie des Procédés*, Lavoisier, France.
5. COURTOIS F., TRYSTRAM G., 1994, Study and control of the dynamics of drying processes. in *Automatic Control of Food and Biological Processes*, J.J. Bimbenet, E. Dumoulin & G. Trystram Ed., Elsevier, pp. 289-296.
6. BONAZZI C., COURTOIS F., GENESTE C., PONS B., LAHON M.C., BIMBENET J.J., 1994, Experimental study on the quality of rough rice related to drying conditions. *Drying 94*, V. Rudolph & R.B. Keey Ed., pp. 1031-1036.
7. COURTOIS F., NOUAFI J.L., TRYSTRAM G., 1994, Control strategies for corn mixed-flow dryers. *Drying 94*, V. Rudolph & R.B. Keey Ed., pp. 447-454.
8. COURTOIS F., LEBERT A., LASSERAN J.C., BIMBENET J.J., 1994, Corn drying : modelling the quality degradation. In *Developments in Food Engineering*, Blackie Academic & Professional, Part 1, pp. 334-336.
9. TRYSTRAM G., ALLACHE M., COURTOIS F., 1994, Automatic control of the biscuit baking oven process. In *Developments in Food Engineering*, Blackie Academic & Professional, Part 2, pp. 975-977.
10. BIMBENET J.J., TRYSTRAM G., DUQUENOY A., COURTOIS F., LEBERT A., LAMELOISE M.L., GIROUX F., DECLOUX M., 1994, Dynamic modelling and simulation of food processes. In *Developments in Food Engineering*, Blackie Academic & Professional, Part 2, pp. 981-983.
11. COURTOIS F., LEBERT A., TRYSTRAM G., LASSERAN J.C., BIMBENET J.J., 1993, Commande non-linéaire d'un séchoir à grains. In *Récents Progrès en Génie des Procédés*, Elsevier, 7(29), pp. 137-142.
12. TRYSTRAM G., ALLACHE M., COURTOIS F., 1993, Dynamiques d'un four de cuisson de biscuits, cas de la couleur. In *Récents Progrès en Génie des Procédés*, Elsevier, 7(29), pp. 31-36.
13. COURTOIS F., LEBERT A., LASSERAN J.C., BIMBENET J.J., 1992, Simulation of industrial dryers : solving numerical and computer problems. *Drying'92*, A.S. Mujumdar Ed., Elsevier, pp. 1268-1277.

B.3.4 Conférences nationales et internationales avec édition des actes (et comité de lecture)

1. COURTOIS, F., SINGH, RP, 2002. A low-cost, versatile laboratory experiment in food engineering using the internet, In Welti-Chanes J, Barbosa-Canovas GV and Aguilera JM, Engineering and food for the 21st century - Eight International Conference on Engineering and Food (ICEF-8), (April 9-13, 2000, Puebla, Mexico), CRC Press, Boca raton, Florida, USA, 1035-1041.
2. ABUD ARCHILA, M., BONAZZI, C., COURTOIS, F., BIMBENET, J.J., 2001. Modelling of drying kinetics of paddy rice with emphasis on breakage quality for optimizing operating conditions, In Welti-Chanes JW, Barbosa-Canovas GV and Aguilera JM, Proceedings of the 8th International Congress on Engineering and Food - ICEF8 (April 9-13, 2000, Puebla, Mexico), Technomic Publishing Co., Lancaster, PA, USA, 1076-1080.
3. COURTOIS, F., TRYSTRAM, G., LEMAIRE, R., RAOULT-WACK, A.L., 1998, Modelling of deep fat frying of banana using a compartmental approach and boiling theory. In : Drying 98, A. Mujumdar ed., Ziti editions, vol. B, pp 1452-1453.
4. TRYSTRAM, G., TRELEA, I.C., RAOULT-WACK, A.L., DIAZ, A., COURTOIS, F., 1998, Indirect measurement and control of moisture content during dehydration performed by frying. In : Drying 98, A. Mujumdar ed., Ziti editions, vol. B, pp 1460-1467.
5. TRELEA, I.C., TRYSTRAM, G., COURTOIS, F., RAOULT-WACK, A.L., DIAZ, A., 1997, Commande optimale non linéaire sous contraintes de procédés discontinus des industries alimentaires : séchage et réfrigération, In La friture, maîtrise du procédé et de la qualité des produits, coll. Récents progrès en Génie des Procédés, 59, Tech et doc, Cachan, France, pp 77-82.
6. TRYSTRAM, G., TRELEA, I.C., COURTOIS, F., ALVAREZ, G., 1997, Commande optimale non linéaire sous contraintes de procédés discontinus des industries alimentaires : séchage et réfrigération, In Simulation des procédés et automatique, coll. Récents progrès en Génie des Procédés, 56, Tech et doc, Cachan, France, pp 181-186.
7. TRICHARD, J.M., COURTOIS, F., DECLOUX, M., TRYSTRAM, G., 1997, Commande prédictive non linéaire d'un pilote de micro-filtration tangentielle, In Simulation des procédés et automatique, coll. Récents progrès en Génie des Procédés, 56, Tech et doc, Cachan, France, pp 109-114.
8. PERROT, N., TRYSTRAM, G., BIMBENET, J.J., COURTOIS, F., BONAZZI, C., 1997, Application des sous-ensembles flous au génie de la réaction lors du séchage de produits alimentaires à l'air chaud, In Simulation des procédés et automatique, coll. Récents progrès en Génie des Procédés, 57, Tech et doc, Cachan, France, pp 13-18.
9. VASSEUR, J., COURTOIS, F., RODRIGUEZ, G., 1996, Moisture profile correction of a product dried on drum dryer using an inductive heater. In : Drying'96, Proc. 10th Intern. Drying Symposium (IDS'96), Krakow, Poland, pp 1425-1432.

B.3.5 Rapports et communications à des congrès, colloques, journées d'études sans édition des actes

1. COURTOIS F., 2004, NTIC et enseignement du Génie Industriel Alimentaire, Session d'étude pour l'adoption d'un programme d'innovation pédagogique pour la promotion des exportations de produits agro-alimentaires des pays du sud dans les marchés internationaux, Paris, France.
2. COURTOIS F., SAWKA, R., MOUSSA, S., TRYSTRAM, G., 2003, Utilisation couplée de Scilab/Scicos et d'un TP sur Internet dans l'enseignement de l'automatique appliquée aux procédés, Journée Scilab et Enseignement, 15 octobre 2003, ENPC, Champs sur Marne, France.
3. COURTOIS, F., TRYSTRAM, G., 2003, Automatisation et optimisation de procédés alimentaires : vers des solutions hybrides, Cinquième école de printemps francophone en nanotechnologies et nanosystèmes, 24-28 mai, Casablanca, Maroc. *Conférence invitée.*

4. COURTOIS, F., 2002, Use of ICT to teach food engineering, XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, August 4-7th, Porto Alegre, Brasil. *Invited conference.*
5. COURTOIS, F., 2002, On-line experiments in remote laboratories, XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, August 4-7th, Porto Alegre, Brasil. *Invited conference.*
6. COURTOIS, F., 2002, Conduite automatisée des procédés thermiques, Journée technique du CTCPA "Conception et Exploitation des lignes de traitement thermique continu", 16 octobre, Nantes, France. *Conférence invitée.*
7. COURTOIS, F., 2000, A low cost versatile laboratory experiment in food engineering using the Internet, FOODSIM, Nantes. *Invited conference.*
8. COURTOIS, F., SINGH, R.P., 2000, A low cost versatile laboratory experiment in food engineering using the Internet, ICEF9, Puebla, Mexico. *Invited conference. Chairman of the control session.*
9. COURTOIS, F., SINGH, R.P., 1999, Conducting laboratory experiments via the Internet, IFT'99 symposium, Chicago.
10. COURTOIS, F., TRYSTRAM, G. 1999. "A review of process control in the food industry". *invited conference*, 10th World Congress of Food Science and Technology, Sydney. *Chairman of the control session.*
11. COURTOIS, F., ABUD ARCHILA, M., BONAZZI, C., MEOT, J.M., TRYSTRAM, G. 1999. "Modeling and control of a mixed-flow rice dryer with emphasis on breakage quality", invited conference, IFT'99 symposium, Chicago.
12. COURTOIS, F., TRICHARD, J.M., TRYSTRAM, G., DECLOUX, M. 1999. "Predictive control of a crossflow microfiltration process", IFT'99 symposium, Chicago.
13. COURTOIS, F., ABUD ARCHILA, M., BONAZZI, C., HEYD, B., BIMBENET, J.J. 1999. "Development of an Image Analysis Methodology for Following Shrinkage and Cracking of Rice Kernels During Convective Drying." AICHE's and COFE'99 annual meeting, Dallas.
14. COURTOIS F., VASSEUR J., DUQUENOY A., LETURQ G., THARRAULT P., 1997, Modelling of super-heated steam drying of alfalfa, Food Quality Modelling meeting, Leuven, Belgium.
15. R. LEMAIRE, F. COURTOIS, G. TRYSTRAM, 1997, Application of identifiability test to drying models, Food Quality Modelling meeting, Leuven, Belgium.
16. G. TRYSTRAM, N. PERROT, F. COURTOIS, C. BONAZZI, 1997, Food quality degradation model based upon fuzzy kinetic approach, Food Quality Modelling meeting, Leuven, Belgium.
17. TRICHARD, J.M., COURTOIS, F., DECLOUX, M., TRYSTRAM, G., 1997, Commande prédictive non linéaire d'un pilote de microfiltration tangentielle, Congrès du GFGP, Septembre 1997, Paris, France.
18. G. TRYSTRAM, I.C. TRELEA, F. COURTOIS, G. ALVAREZ, 1997, Commande optimale non linéaire sous contraintes de procédés discontinus des industries alimentaires ; séchage et réfrigération, Congrès du GFGP, Septembre 1997, Paris, France.
19. N. PERROT, G. TRYSTRAM, J.J. BIMBENET, F. COURTOIS, C. BONAZZI, 1997, Application des sous ensembles flous au génie de la réaction lors du séchage de produits alimentaires à l'air chaud, Congrès du GFGP, Septembre 1997, Paris, France.
20. F. COURTOIS, G. TRYSTRAM, 1997, Conduite de séchoirs dans l'industrie alimentaire, problèmes et solutions envisagées, Conduite et sécurité dans les séchoirs, Journée AFSIA, 3 et 4 avril 1997, Décines, France.
21. G. TRYSTRAM, F. COURTOIS, I.C. TRELEA, G. ALVAREZ, 1997, Non linear optimal control of batch processes, ICEF 7, 7 th International Congress on Engineering and Food, Brighton, UK.
22. N. PERROT, G. TRYSTRAM, J.J. BIMBENET, F. COURTOIS, C. BONAZZI, 1997, Modelling with words, a new way in food Engineering, ICEF 7 Symposium, Brighton, UK.
23. G. TRYSTRAM, N. PERROT, J.J. BIMBENET, F. COURTOIS, C. BONAZZI, 1997, Modelling of the quality of food products during drying. A fuzzy sets approach, ECCE 1 Symposium, Florence, Italy.
24. I.C. TRELEA, F. COURTOIS, G. TRYSTRAM, G. ALVAREZ, 1996, Commande optimale de procédés batchs, séchage et réfrigération, Journées d'études Automatique avancée dans les industries alimentaires, 21 juin 1996, Massy, France.

25. G. TRYSTRAM, I.C.TRELEA, F. COURTOIS, 1995, Non linear optimal control of a corn dryer, Premier congrès latino américain de Génie Alimentaire, Campinas, Brésil, Novembre 1995.
26. G. TRYSTRAM, I.C.TRELEA, F. COURTOIS, 1995, Non linear optimal control of a corn dryer, Food processing Automation IV, Chicago, Novembre 1995.
27. I. C. TRELEA, F. COURTOIS, G. TRYSTRAM, 1995, Advanced Control of a Vertical Hot Air Corn Dryer, 10th CSCS conference, Bucarest, Roumanie, 26-28 Mai 1995.
28. COURTOIS F., 1995. Non-conventionnal Drying technology. Conférence invitée par la FAO, International Conference on Grain Drying in Asia, Bangkok, Thailand, 17-20 octobre 1995.
29. TRELEA I.C., COURTOIS F., TRYSTRAM G., 1995. Non-linear Optimal Control. SACCS'95, 5th International Symposium on Automatic Control and Computer Science, Iasi, Roumanie, 26-27 octobre 1995.
30. TRELEA I.C., COURTOIS F., TRYSTRAM G., 1995. Modélisation de la cinétique de séchage et de la dégradation de la qualité amidonnière du maïs par réseaux de neurones. V-ème Congrès Français du Génie des Procédés, Lyon, France.*
31. BIMBENET J.J., BONAZZI C., COURTOIS F., DUMOULIN E., VASSEUR J., 1994. Progrès en séchage des aliments. Conférence à l'académie d'agriculture de France, 7 décembre 1994, France.
32. TRELEA I.C., COURTOIS F., TRYSTRAM G., 1995. Advanced Control of a Vertical, Hot Air Corn Dryer. The 10-th International Conference on Control Systems and Computer Science, Bucarest, 24-26 mai 1995.
33. COURTOIS F., TRYSTRAM G., 1994, Study and control of the dynamics of drying processes. Symposium ACOFOP III, Paris.*
34. BONAZZI C., COURTOIS F., GENESTE C., PONS B., LAHON M.C., BIMBENET J.J., 1994, Experimental study on the quality of rough rice related to drying conditions. 9th International Drying Symposium IDS'94, Brisbane.*
35. COURTOIS F., NOUAFO J.L., TRYSTRAM G., 1994, Control strategies for corn mixed-flow dryers. 9th International Drying Symposium IDS'94, Brisbane.*
36. COURTOIS F., TRYSTRAM G., 1994, Study and control of the dynamics of drying process. France-Israel symposium on Engineering Aspects of Food Quality, Haifa, Israel.
37. TRYSTRAM G., COURTOIS F., 1994, Instrumentation and control of the biscuit baking oven process. France-Israel symposium on Engineering Aspects of Food Quality, Haifa, Israel.
38. TRYSTRAM G., COURTOIS F., 1994, Global trends on food process control : the European perspective. Food Processing Automation Conference III, Orlando, Florida, USA, Conférence invitée.
39. TRYSTRAM G., ALLACHE M., COURTOIS, F., 1993, Dynamiques d'un four de cuisson de biscuits, cas de la couleur. Congrès du Groupe Français de Génie des Procédés, Grenoble.*
40. COURTOIS F., LEBERT A., TRYSTRAM G., LASSERAN J.C., BIMBENET J.J., 1993, Commande non-linéaire d'un séchoir à grains. Congrès du Groupe Français de Génie des Procédés, Grenoble.*
41. TRYSTRAM G., COURTOIS F., 1993. Opportunités et contraintes de l'automatisation des procédés alimentaires. Journée d'étude Alimentec, Bourg en Bresse.
42. COURTOIS F., LEBERT A., LASSERAN J.C., BIMBENET J.J., 1993, Corn drying : modelling the quality degradation. Sixth International Congress on Engineering and Food, Chiba, Japon.
43. TRYSTRAM G., ALLACHE M., COURTOIS, F., 1993, Automatic control of the biscuit baking oven process. Sixth International Congress on Engineering and Food, Chiba, Japon.
44. BIMBENET J.J., TRYSTRAM G., DUQUENOY A., COURTOIS F., LEBERT A., LAMELOISE M.L., GIROUX F., DECLoux M., 1993, Dynamic modelling and simulation of food processes. Sixth International Congress on Engineering and Food, Chiba, Japon.
45. COURTOIS F., LEBERT A., TRYSTRAM G., LASSERAN J.C., BIMBENET J.J., 1993, Commande non-linéaire d'un séchoir à grains. Journées d'études SEE sur le contrôle avancé dans les processus industriels, pp. 168-172.

46. TRYSTRAM G., COURTOIS F., ALLACHE M., 1993, On-line biscuit qualities measurement of composition. EFFOST symposium on Food Control, Porto, Portugal.
47. LASSERAN J.C., COURTOIS F., 1993, A CAD software to improve the efficiency of maize dryers and better the quality of grain in processing industries. International Symposium on Grain Drying and Storing Technology, Beijing, China.
48. LASSERAN J.C., COURTOIS F., 1993, A CAD software to improve the efficiency of mixed-flow maize dryers. FAO Technical Meeting on Grain Drying and Storage, Porto Allegre, Brazil.
49. COURTOIS F., LEBERT A., LASSERAN J.C., BIMBENET J.J., 1992, Dynamic Modelling and Simulation of Industrial Corn Dryers. Escape 2 international congress, Toulouse, France.*
50. BHANDARI B., BIMBENET J.J., COURTOIS F., DUMOULIN E., LEBERT A., MONROY-RIVEIRA A., SENOUSI A., 1992. Moisture content and control of drying processes. ISOPOW V, Peniscola-Valencia.
51. TRYSTRAM G., COURTOIS F., 1992. Food process control; reality and problem. Colloque Franco-Canadien. Measure and Control of Food Materials Properties and Processes. Guelph, Canada. (*Conférence invitée*)*
52. COURTOIS F., LEBERT A., LASSERAN J.C., BIMBENET J.J., 1992, Simulation of industrial dryers : solving numerical and computer problems. 8th International Drying Symposium IDS'92, Montreal.*
53. COURTOIS F., 1990, Améliorer la conduite des séchoirs : Télégestion et Pilotage Automatique. Journée technique du GLCG, Automatisation des structures de stockage des grains, Paris, France, pp. 27-38.
54. COURTOIS F., LEBERT A., DUQUENOY A., LASSERAN J.C., BIMBENET J.J., 1990, Modelling of drying in order to improve processing qualities of maize. 7th International Drying Symposium IDS'90, Prague.
55. DOLZ J., COURTOIS F., 1989. Télégestion des paramètres de fonctionnement d'un séchoir et pilotage automatique. Journées Nationales d'Information sur le Séchage des Grains en Organisme Collecteur, Paris et Agen. (*Conférence invitée*)
56. COURTOIS F., LEBERT A., DUQUENOY A., LASSERAN J.C., BIMBENET J.J., juin 1989. Modélisation du séchage du maïs. 4ème Colloque Université-Industrie, Marseille, pp. 121-132.

* A cette communication peut correspondre un article ou chapitre déjà cité.