CV détaillé

Emmanuel MONTSENY
Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'ENSEEIHT, Toulouse

Qualifié aux fonctions de maître de conférences en section 26 et 61.

E-mail : emmmanuel@montseny.pro

Page Web : `http://emmanuel.montseny.pro`

Sommaire

Curriculum Vitae

Etat Civil

Prénom et Nom : **Emmanuel MONTSENY**

Date de naissance : 14 octobre 1982 (27 ans)
Situation familiale : célibataire

Nationalité : Française
Page internet : http://emmanuel.montseny.pro

Coordonnées personnelles :
15 chemin de ronde
31450 Montesquieu Lauragais
tel : 06 01 88 66 79
email : emmanuel@montseny.pro

Coordonnées professionnelles :
Laboratoire d'Analyse et d'Architecture
des Systèmes (LAAS-CNRS)
7 avenue du Colonel Roche
31077 Toulouse Cedex 4
tel : 05 61 33 79 79
email : emontseny@laas.fr

Formations diplomantes

2006-2009 : **Doctorat en systèmes automatique**
Intitulé : Transformations opératorielles de problèmes dynamiques et applications
Directeur de thèse : A. Doncescu
Date de soutenance : 10 décembre 2009
Laboratoire : Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes, Toulouse

Jury :
Germain Garcia (Président) Prof. d'Université, section 61, INSA, Toulouse
Jean-Jacques Loiseau (Rapporteur) Directeur de Recherche à l'IRCCyN, Nantes
Joseph Winkin (Rapporteur) Prof. d'Université, Univ. NDP, Namur (Belgique)
Henri Camon (Examinateur) Chargé de recherche, LAAS-CNRS, UPS, Toulouse
Andrei Doncescu (Directeur) Maître de conférence, section 61, Toulouse
Alban Quadrat (Examinateur) Chargé de recherche à l'INRIA Sophia Antipolis

2005-2006 : **Master 2 de Recherche en Systèmes Automatiques Informatiques et Décisionnels (SAID)**, option Automatique
Ecole Nationale Sup. de l'Aéronautique et de l'Espace (ENSAE-Supaéro), Toulouse
Mention : Très Bien

Formations suivies : Systèmes Multivariables (D. Alazard, C. Chiappa) / Estimation, Filtrage (P. Mouyon) / Commande Optimale (M. Llibre) / Méthodes numériques et algébriques pour la commande (J.-L. Calvet) / Commande robuste (D. Alazard) / Systèmes Non Linéaires (J.-M. Biannic) / Commandes des structures flexibles (D. Alazard)

Stage de M2R : 6 mois
Intitulé : Étude de méthodes de pas de temps local dans un schéma Galerkin discontinu pour résoudre les équations de Maxwell 3D dans le domaine temporel.
Responsable : Xavier Ferrières,
Laboratoire : Département ElectroMagnétisme et Radar (DEMR), ONERA Toulouse

2004-2006 : **Diplôme d'ingénieur SUPAERO**
Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace (ENSAE), Toulouse

Tronc commun :
Aérodynamique : fluide parfait et visqueux / Qualités de vol de l'avion / Mécanique des structures et spatiale / Propulsion aéronautique et spatiale / Traitement du signal et Filtrage / Electronique / Représentation, analyse et commande des systèmes / Systèmes embarqués / Conception et programmation orientées objet / Calculs scientifiques / Optimisation

Majeure 2A : Commande des systèmes
Commande non linéaire / Commande des systèmes MIMO / Discrétisation de lois de commande / Synthèse et mise en oeuvre d'une commande numérique / Systèmes informatiques pour la commande de processus / Capteurs-actionneurs

Approfondissement 3A : Commande et systèmes embarqués - Automatique
Modélisation et identification / Méthodes numériques et algébriques pour la commande / Commande optimale / Systèmes à évènements discrets / Approche floue et neuronale / Sureté de fonctionnement : maîtrise des risques / Robotique et Systèmes dynamiques complexes / Pilotage et guidage de drone / Systèmes avioniques et espace / Conduite et Décision pour les engins aérospatiaux autonomes / Etude de cas : réglages d'un pilote automatique d'avion civil / Représentation et commande des systèmes multivariables discrets.

2003-2004 : **Maîtrise d'Ingénierie Mathématiques**
Université Paul Sabatier, Toulouse
Mention : Très Bien

Formations suivies :
Optimisation (40h) / Approximation de courbes et surfaces (40h) / Programmation orientée objet C++ (20h) / Analyse complexe (30h) / Traitement du signal et filtrage (40h) / Compléments d'informatique (30h) / Modélisation et mathématiques appliquées en situation : Electromagnétisme, Mécanique des fluides, Mécanique des structures, Biologie, Traitement de données (90h) / Calcul formel et numérique, Automatique et Contrôle optimal (96h) / Equations aux dérivées partielles (96h) / Analyse fonctionnelle appliquée (48h)

Projet et stage de Maîtrise : 3 mois
Intitulé : Simulation de perturbations aéroacoustiques dans un guide d'ondes et mise en œuvre de PML et CPML 2D.
Responsable : P.-A. Mazet
Laboratoire : Dép. de Traitement de l'Information et Modélisation, ONERA Toulouse

2002-2003 : **Licence d'Ingénierie Mathématiques**
Université Paul Sabatier, Toulouse
Mention : Bien
Formations suivies :
Calcul intégral et Analyse hilbertienne (96h) / Probabilités et Calcul différentiel (96h) / Statistiques descriptives multivariées et inférentielles (avec TP SAS) (120h) / Analyse numérique matricielle (avec TP Matlab) (60h) / Equations différentielles (avec TP Matlab) (60h) / Informatique : C++, Fortran, Maple, bureautique (92h) / Algèbre et géométrie (48h)

2000-2002 : **DEUG Mathématiques et Informatique Appliquées aux Sciences (MIAS)**
Université Paul Sabatier, Toulouse.

Autres formations

2006-2009 : **Formation CIES**

2006-2009 : **Formation de l'Ecole Doctorale Systèmes (EDSYS)**
Enseignements suivis : Systèmes hybrides avec ou sans saturation (20h) (J-M. Biannic, S. Tarbouriech et C. Prieur), Calcul Stochastique (30h) (F. Baudouin)

Activités d'Enseignement

2009-2010 : **Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche**, section 61
Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique, d'Electronique, d'Informatique, d'Hydraulique et des Télécommunications (ENSEEIHT), département Télécommunications et Réseaux (TR).

2006-2009 :	**Monitorat d'Initiation à l'Enseignement Supérieur**, section 26 Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse (INSA-GMM)
Qualifications :	Section 26 (Mathématiques Appliquées et Applications des Mathématiques) Section 61 (Génie informatique, automatique et traitement du signal)

Activités de Recherche

Publications	**3 revues** internationales (4 autres en révision ou préparation) **6 conférences** internationales avec actes et comités de lecture (1 autre soumise)
Exposés	3 participations à des **conférences sans actes**.
Activité contractuelle	Participation à la convention LAAS/LNE *Modélisation et identification du comportement de structures MEMS pour l'élaboration d'une loi de commande appliquée à l'électronique basée sur la tension de pull-in* ; 2 **rapports de contrat**.
Divers	Reviewer pour l'*International Federation of Automatic Control (IFAC)*. Création et gestion du site web du *Séminaire Ignotus* : http://www.laas.fr/ignotus

Charges administratives et collectives

Activités au sein de la communauté scientifique

Depuis 2008 :	Membre élu du conseil de l'école doctorale EDSYS Participation à l'évaluation AERES.

Activités au sein du laboratoire

Depuis 2009 :	Membre suppléant élu du conseil du laboratoire LAAS Participation à l'évaluation AERES.
Mai 2008 :	Participation aux journées portes ouvertes du LAAS.

Compétences

Langues	***Anglais :*** lu, écrit et parlé, TOEFL-test en 2005 : 590 pts ***Japonais :*** bases à l'oral et à l'écrit
Informatique	***Systèmes d'exploitation :*** Windows (95/98/2000/XP), Linux, MacOS. ***Langages de programmation :*** Matlab, Maple, Fortran, C/C++, Pascal, HTML / PHP / MySQL / javascript, Java. ***Bureautique :*** LaTeX, suites Microsoft Office et OpenOffice.

Divers

Secourisme	Diplôme de Formation aux Premiers Secours (AFPS)
Loisirs	Piano, lecture, écriture, basket.

Activités d'Enseignement

D'octobre 2006 à août 2009, j'étais moniteur en section 26 au département Génie Mathématiques et Modélisation (GMM) de l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Toulouse. J'ai donc effectué un service annuel de 64 heures équivalents TD dont le détail horaire est donné dans le tableau ci-dessous.

Depuis septembre 2009, je suis Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche au département Telécommunications et Réseaux (TR) à l'Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique, d'Electronique, d'Informatique, d'Hydraulique et des Télécommunications (ENSEEIHT) en section 61. Je dois donc assurer un service de 192h équivalent TD durant l'année universitaire 2009-2010 ; mon service prévisionnel est détaillé dans le tableau ci-dessous.

Tableau récapitulatif des enseignements

	Module	Filière	Cours	TD	TP
2009-2010 (prév.)	Algorithmique et Programmation Pascal	1TR			40
	Statistiques	1TR		16	
	Progammation C	1TR			34
	Processus stochastiques/Trait. du signal	1TR		30	48
	Trait. num. du signal	1TR		15.75	24
	Transmissions Numériques	1TR			24
2008-2009	Mathématiques	INSA 3A GC	12	12	
	Systèmes Bouclés	INSA 2A IMACS		15	
	Informatique industrielle	UPS L3 STS-EEA			15
	Automatique linéaire	UPS L2 EEA-MI			12
2007-2008	Modélisation Numérique	INSA 3A MIC-GMM		11	14
	Analyse II	INSA 2A MIC		18	
	Analyse III	INSA 2A ICBE		17.5	
	Trait. du signal et analyse harmonique	INSA 2A MIC/IMACS			16.5
	Initiation à Matlab	INSA 2A MIC/IMACS			4
2006-2007	Modélisation Numérique	INSA 3A MIC-GMM			14
	Analyse III	INSA 2A ICBE		17.5	
	Mathématiques 2	INSA 2A IC		21.5	
	Trait. du signal et analyse harmonique	INSA 2A MIC/IMACS			16.5
TOTAL			12	172	262
TOTAL en éq. TD			18	172	174
			364		

Détails des enseignements [1]

Mathématiques

---

[1] Les supports de cours créés sont téléchargeables sur http://emmanuel.montseny.pro/teaching.php

Filière : INSA 3A GC-A.

Charge : Responsable du module (créé en 2008-2009).
Elaboration et création des cours, des sujets + corrigés de TD, DM et examens.
2008-2009 : 12h de cours et 12h de TD (modules 1, 3 et 4).

Détail : 4 modules :

1. Algèbre linéaire : Espace vectoriel, base, appplication linéaire, calcul matriciel, diagonalisation.

2. Analyse : Notions sur les fonctions usuelles, limites, continuité, dérivabilité, théorème fondamentaux de l'analyse, développements limités, équivalents, intégration, primitives, intégrales généralisées.

3. Analyse Harmonique : séries de Fourier, transformation de Fourier, transformation de Laplace.

4. Équations différentielles : résolution d'équations différentielles linéaires du 1er ordre et du second ordre, systèmes différentiels, schémas numériques.

Automatique linéaire

Filière : UPS L2 EEA-MI.

Charge : 2008-2009 : 12h de TP (manip + Matlab), corrections de copies.

Détail : 4 manipulations :

- *Etude d'un asservissement de position angulaire par calculateur numérique* : la position angulaire de l'arbre moteur d'un procédé électromécanique réel est asservie, la commande étant calculée par un calculateur numérique (loi proportionnelle, PI). Modélisation et identification de paramètres du modèle.

- *Etude d'un asservissement de position angulaire (deuxième approche)* : même asservissement que dans le premier TP, la commande en boucle fermée étant réalisée par une platine analogique. On teste les mêmes lois que précédemment, les signaux étant cette fois-ci visualisés sur oscilloscope.

- *Etude d'un asservissement de tension* : on asservit la tension d'un système électronique constitué d'un filtre et d'un amplificateur de puissance en série. Le système est câblé sur une platine. On étudie le système en boucle ouverte puis en boucle fermée (loi proportionnelle, intégrale, puis PI).

- *Commande par calculateur d'un système de trois réservoirs* : Étude sous matlab, puis sur le procédé réel, de l'asservissement de la hauteur d'eau d'un système constitué de 3 bacs d'eau reliés entre eux, se remplissant via deux pompes. On teste les lois de commande proportionnelle, "tout ou rien", intégrale et PI.

Modélisation Numérique

Filière : INSA 3A MIC option GMM.

Charge : 2006-2007 : 14h de TP.
2007-2008 : 11h de TD, 14h de TP.

Détail : Modélisation des problèmes de transport de type convection - diffusion, par une approche déterministe (équations de bilan) et stochastique (processus d'Ito, Equation de Feynman-Kac). Méthode de différences finies et algorithme de Monte-Carlo. Modélisation des problèmes de propagation d'onde. Approche temporelle et approche spectrale. Ondes en domaine non borné et dans une cavité. Décomposition de domaine et problèmes de couplage, impédance matricielle, construction de modèle réduit.

Systèmes Bouclés

Filière : INSA 2A IMACS.

Charge : 2008-2009 : 15h de TD.

Détail : Après avoir introduit les modèles des systèmes linéaires continus (entrée/sortie, état, limitation modèles linéaires), on s'intéresse à leurs performances (réponses, modes, stabilité boucle ouverte, boucle fermée, marges de stabilité, fonctions de sensibilité). On termine par la synthèse de lois de commande (compensation avance et retard de phase, PID, introduction à la notion de robustesse).

Informatique industrielle

Filière : UPS L3 STS mention EEA.

Charge : 2008-2009 : 15h de TP (manip + programmation C), corrections de copies.

Détail : Programmation en C de certaines parties de code d'un jeu utilisant un joystick analogique. Création du décor dans lequel évoluera le personnage, conversion de l'information issue de la manette de jeu gérant le déplacement du personnage, récupération de l'information désirée sous forme de donnée codée sur 16 bits en utilisant un CAN et des masques+décalage. Câblage d'un bouton poussoir pour le départ du jeu et acquisition de l'état de ce bouton. Gestion du personnage dans son environnement virtuel, gestion des interactions du personnage avec les éléments du décor.

Traitement du signal et analyse harmonique

Filière : INSA 2A MIC-IMACS.

Charge : 2006-2007 : 16h30 de TP (Matlab).
2007-2008 : 16h30 de TP (Matlab).

Détail : Séries de Fourier, transformée de fourier, filtrage linéaire invariant, signaux à puissance finie, échantillonnage. Au cours des différentes séances de TP, on se familiarise avec la notion de signal périodique, de coefficients de fourier (dont on code le calcul), de transformée de fourier discrète, puis avec les représentations fréquentielles des signaux et la notion de filtrage fréquentiel. Un TP est consacré au filtrage d'un signal modulé (modulation FSK) bruité, afin de déterminer un code "secret" noyé dans du bruit.

Analyse III

Filière : INSA 2A ICBE.

Charge : Création d'un sujet de TD et de DM + corrections.
2006-2007 : 17h30 de TD, corrections de copies.
2007-2008 : 17h30 de TD, corrections de copies.

Détail : Séries numériques. Suites et séries de fonctions. Fonctions de Bessel. Espace de Hilbert. Projection orthogonale. Séries de Fourier. Polynomes orthogonaux. Méthode de séparation des variables.

Mathématiques 2

Filière : INSA 2A IC, corrections de copies.

Charge : 2006-2007 : 21h30 de TD, corrections de copies.

Détail : Problèmes différentiels : typologie (équations différentielles ordinaires, aux dérivées partielles) classification, notion de séries, séries de Fourier, Transformée de Laplace, méthode des caractéristiques, méthode de séparation des variables.

Analyse II

Filière : INSA 2A MIC, corrections de copies.

Charge : 2007-2008 : 18h de TD, corrections de copies.

Détail : Fonctions de plusieurs variables : continuité, différentiabilité, théorème des fonctions implicites, application à la résolution d'équations aux dérivées partielles particulières Intégrales dépendant d'un paramètre, intégrales multiples.

Initiation à Matlab

Filière : INSA 2A MIC-IMACS.

Charge : 2007-2008 : 4h de TP.

Détail : Consolider les aspects d'algorithmique et de programmation structurée vus en 1ère année. Initier à la programmation en langage Matlab.

Activités de Recherche

Thèse : Transformations opératorielles de problèmes dynamiques et applications

Contexte et motivations

Les modèles et problèmes dynamiques sont la plupart du temps formulés localement en temps en termes d'espace d'état et de systèmes différentiels. Cependant, nombreux sont les problèmes nécessitant d'être posés de manière *globale*, c'est-à-dire en termes de trajectoires. De même que les transformations "locales" permettent dans nombre de cas de reformuler un problème sous une forme mieux adaptée à l'analyse ou à la résolution numérique, des "transformations opératorielles", plus riches car définies par des opérateurs agissant *a priori* sur les trajectoires dans leur globalité, sont susceptibles d'apporter des simplifications plus significatives encore.

Dans cette thèse, on a formalisé et étudié la problématique de transformation opératorielle pour des problèmes dynamiques généraux, dans l'objectif d'apporter des simplifications ou améliorations significatives aux problèmes dynamiques généraux, tels l'analyse, la simulation, l'identification, la commande, l'estimation, etc.

Transformations de problèmes dynamiques

Dans une première partie de la thèse, on donne une définition trajectorielle abstraite des problèmes dynamiques généraux sous la forme :

$$\begin{cases} \mathbf{\Phi}(u,x) = 0 \\ \mathbb{P}(u,x) = 0, \end{cases} \tag{1}$$

où $\mathbf{\Phi}$ est un opérateur caractérisant le modèle dynamique, et $\mathbb{P}(u,x) = 0$ une propriété "vérifiée" (par exemple la minimisation d'une fonctionnelle $\mathcal{J}(u,x) = \min$, ou encore une relation $\mathbf{J}(u,x) = 0$). On introduit et étudie par la suite un certain nombre de transformations remarquables.

Les transformations "statiques", basées sur des transformations locales via l'utilisation de fonctions, sont tout d'abord étudiées, et leur continuité, propriété essentielle en vue de la mise en œuvre des outils développés, est établie pour plusieurs hypothèses de régularité et pour divers espaces de trajectoires. Une méthode de "linéarisation trajectorielle"des systèmes dynamiques généraux est également proposée.

La représentation diffusive [38], théorie dédiée à l'analyse et à la simulation des opérateurs linéaires intégraux causaux, permettant notamment leur réalisation sous une formulation d'état (donc *locale en temps*), est interprétée en terme de *transformation* opératorielle. Celle-ci permet en particulier de transformer une vaste classe de problèmes dynamiques non locaux généraux en problèmes augmentés locaux.

Formalisation et étude des transformations par changement de temps

Il existe de nombreux exemples de systèmes dynamiques physiques admettant de façon naturelle une "horloge intrinsèque ", pour laquelle les équations dynamiques se trouvent grandement simplifiées (voir par exemple [31]).

Dans ma thèse, j'ai formalisé l'opération de changement de temps et introduit la notion de changement de temps dynamique, puis étudié les propriétés de ces transformations. Une telle étude, formelle et systématique, des opérateurs de changement de temps présente le double intérêt de permettre des transformations à la fois générales et relativement simples basées sur ces opérateurs.

On a ensuite étudié les transformations de modèles locaux par changement de temps, permettant de mettre en évidence certaines possibilités de simplifications significatives (désingularisation de modèle, découplage entrée/état) ; ces propriétés ont ensuite été étendues aux modèles non locaux généraux.

Enfin, la notion a été étendue aux changements de temps multiples, permettant de faire évoluer plusieurs équations chacune dans une échelle de temps propre.

Paramétrisation opératorielle de modèles dynamiques

La paramétrisation opératorielle de modèle a été introduite. Cette notion est définie comme étant une mise en relation des couples solutions du modèle $\mathbf{\Phi}(u, x) = 0$ avec une certaine variété $\mathcal{Y}$ via un opérateur de paramétrage continu, soit :

$$\forall y \in \mathcal{Y},\ \ (u, x) = \mathbf{Q}(y) \Rightarrow \mathbf{\Phi}(u, x) = 0. \tag{2}$$

L'intérêt d'un tel paramétrage est qu'il permet d'accéder à tout couple solution du modèle dynamique sans avoir à résoudre celui-ci. En particulier, le problème dynamique (1) se reformule alors :

$$\mathbb{P}(\mathbf{Q}(y)) =: \widetilde{\mathbb{P}}(y) = 0,\ y \in \mathcal{Y}. \tag{3}$$

L'intérêt pratique d'un paramétrage se trouvera notamment lorsque la résolution effective de (3) est plus simple que la résolution du problème initial (1).

Différentes approches de la littérature relèvent de cette problématique, telle la linéarisation par retour d'état [35], ou encore la platitude [32]. L'originalité de l'approche proposée ici tient au cadre trajectoriel dans lequel toute la problématique est posée, celle-ci permettant de s'affranchir des contraintes imposées par les méthodes exclusivement basées sur une formulation locale dans l'espace d'état, mais autorisant également *a priori* l'utilisation de tout opérateur dynamique, local ou non.

Un certain nombre de propriétés des paramétrages sont établies. Le cadre général dans lequel on se place permet en outre d'affaiblir la notion de paramétrisation, en n'imposant pas le caractère résolu de la relation (2) (équations paramétriques), ou en considérant la paramétrisation d'un sous-modèle du modèle global (paramétrisation partielle).

Applications

Dans une seconde partie de la thèse, on met en lumière l'intérêt de cette approche trajectorielle des problèmes dynamiques au moyen de quelques exemples non triviaux, traités par voie analytique et mis en œuvre numériquement.

Analyse d'un modèle de front de flamme sphérique

On étudie un modèle de front de flamme sphérique proposé par Joulin [36] :

$$\begin{cases} x\,\partial_t^{\frac{1}{2}} x = x \ln x + u, \quad t > 0 \\ x(0^+) = 0,\ u \geqslant 0,\ x \geqslant 0, \end{cases}$$

où x est le rayon de la flamme. Ce modèle est non local, implicite et singulier, et présente deux comportements de natures distinctes : explosion de la flamme ou extinction de celle-ci, selon l'énergie communiquée par u.

Après transformations diffusive, de changement de temps puis changement de fréquence, on obtient un modèle "désingularisé", local en temps, pour lequel l'analyse est considérablement simplifiée, permettant notamment d'établir simplement la dissipativité et l'unicité locale des solutions du modèle, et d'effectuer sans difficulté des simulations numériques précises. Ce modèle permet en outre d'envisager de manière simplifiée l'établissement du caractère bien posée de l'équation de Joulin. De plus, l'échelle de temps considérée se révèle être l'horloge naturelle du phénomène physique, en ce sens qu'elle "suit"l'évolution du système (le temps s'arrête lorsque la flamme s'éteint) ; de plus, le positivité de la quantité x est naturellement restituée sans qu'il soit nécessaire de l'imposer comme contrainte. Enfin, une transformation permet également de ré-interpréter le modèle de flamme via l'équation de la chaleur.

C'est résultats doivent faire l'objet d'une publication prochaineme [20].

Schémas numériques pour la simulation d'équations intégro-différentielles

La résolution numérique des équations intégro-différentielles est un problème délicat (cf. par exemple [25, 27]). Les méthodes standard sont basées sur des approximations diverses, de type Padé [30] par exemple, ou sur des quadratures directes des intégrales [39, 26] ; elles nécessitent généralement une discrétisation temporelle coûteuse, et dont l'analyse est souvent difficile.

Nous nous sommes intéressés à l'équation intégro-différentielle de la forme abstraite :

$$\mathbf{H}(\partial_t)\Phi = \mathbf{G}(\nabla)\Phi + f \ \text{ sur } (t,x) \in \mathbb{R}_t^{+*} \times \mathbb{R}_x^n,$$

où $\mathbf{H}(\partial_t)$ est un opérateur convolutif inversible et diagonal, et $\mathbf{G}(\nabla)$ est un opérateur linéaire différentiel anti auto-adjoint. Par transformation de modèle de type représentation diffusive, nous avons établi puis étudié une nouvelle formulation, équivalente et locale en temps, écrite sous forme de représentation d'état de dimension infinie. En particulier, nous avons établi que, sous des hypothèses naturelles sur le symbole de l'opérateur dynamique du modèle, la nouvelle formulation est dissipative au sens d'une certaine fonctionnelle énergie. Cette propriété essentielle a permis d'envisager la construction de schémas numériques intuitifs après discrétisation. Nous avons étudié différentes classes de schémas ainsi obtenus, et établi leur stabilité au sens d'une fonctionnelle énergie adaptée, héritée du modèle continu : des conditions suffisantes de stabilité ont ainsi été établies. Ces schémas ont ensuite été mis en œuvre sur le modèle de paroi poreuse. Sur cet exemple, les conditions suffisantes de stabilité se sont avérées être quasiment nécessaires. Une interprétation physique de ces conditions a été établie en terme de vitesse de propagation numérique haute fréquence.

Ces travaux ont donné lieu à une publication dans une revue [2].

Paramétrisation et contrôle d'un modèle de bioréacteur

On considère un modèle non-linéaire de bioréacteur fed-batch. Après transformation par changement de temps, ce dernier est paramétré au moyen d'une équation paramétrique explicite sur laquelle des problèmes de contrôle sont aisément résolus. On y établit en particulier des correcteurs pour l'asservissement et le suivi de trajectoire pour chacune des variables du système de manière générique. On développe ensuite une méthode de compensation de perturbation par modification de paramétrage et/ou modification de modèle, permettant de rétablir la pertinence du paramétrage après perturbation, et d'envisager un suivi de trajectoire passif peu sensible au bruit de mesure.

Ces travaux ont fait l'objet de publications en conférence [9, 11] et d'une publication de revue en préparation [19].

Autres travaux de recherche

Analyse et simulation d'un modèle non local de paroi absorbante

On s'intéresse à l'étude et la simulation d'un modèle de paroi poreuse établi par S. Gasser [33]. Ce modèle, qui décrit la propagation d'ondes acoustiques à l'intérieur du milieu poreux d'interface $\Gamma := \{z = 0\}\times]0, X[$ avec le milieu fluide, est non local ; il est donné par :

$$\begin{cases} e\,\rho\,(1 + a\sqrt{1 + b\,\partial_t})\,\partial_t u = -\partial_x P \\ e\,\chi\,(1 - \beta\,\dfrac{\partial_t}{\partial_t + a'\sqrt{1 + b'\partial_t}})\,\partial_t P = -\partial_x u, \end{cases} \tag{4}$$

où u et P représentent la vitesse et la pression dans le milieu poreux, $e(x)$ est l'épaisseur de la paroi et $\rho, \chi, \beta, a, b, a', b'$ sont des paramètres physiques. Le modèle est complété par les conditions aux limites $u_{|z=1} = 0$ (réflexion totale en $z = 1$) et $u_{|z=0} = w$. Par ailleurs, le couplage avec le modèle d'un milieu fluide nécessite deux conditions de raccord à l'interface $P^{\text{fluide}}_{|\Gamma} = P_{|z=0}$ et $u^{\text{fluide}}_{|\Gamma} \cdot n = \phi\, u_{|z=0}$. Les termes $w = u_{|z=0}$ et $y := P_{|z=0}$ peuvent donc s'interpréter respectivement comme l'*entrée* et la *sortie* du système (4), définissant un opérateur (d'impédance de la paroi poreuse) : $w \mapsto y$.

Nous avons proposé un nouveau modèle de la paroi poreuse, basé sur la réalisation diffusive des opérateurs dynamiques en jeu, équivalent au modèle initial du point de vue entrée-sortie, et de nature temps-locale. On montre qu'il est en outre consistant du point de vue de la dissipation au sens d'une fonctionnelle énergie explicitement connue, permettant par la suite de déduire la dissipativité globale du couplage milieu fluide - milieu poreux. Par sa nature locale en temps, cette formulation du système couplé permet d'aborder les problèmes de contrôle et d'identification par les méthodes classiques.

Par ailleurs, nous avons calculé l'expression analytique de l'opérateur d'impédance du milieu poreux, à partir de laquelle nous avons construit une formulation d'état diffusive réduite, économisant ainsi la simulation de la totalité du domaine poreux. Les deux modèles (complet et réduit) ont ensuite été simulés numériquement. Les résultats sont parfaitement concordants.

Ces travaux ont été publiés en conférence [10] et en revue [4].

Identification d'un modèle non linéaire de MEMS actionnés par un champ électrostatique

---

Dans le cadre d'une convention LNE/LAAS concernant la réalisation de références de tension de haute stabilité, une première étape cruciale a été la modélisation et l'identification, à partir de données expérimentales, de modèles fiables de MEMS, de type micro-miroir articulés, actionnés par un champ électrostatique. De par leur structure même, les modèles régissant ces MEMS sont non linéaires et présentent un point de bifurcation semi-stable, rendant cette tâche d'autant plus délicate.

Partant d'un modèle physique simplifié qui a rapidement montré ses limites dans l'interprétation de certaines données, nous avons proposé un modèle plus général, prenant en compte des phénomènes initialement négligés (frottements visqueux par exemple), permettant l'identification des composantes fonctionnelles du système dynamique (tel le moment électrostatique), ou encore des conditions initiales. Celui-ci est de la forme :

$$I\,\partial_t^2\,\theta\;+(\mu_0+v(\theta))\,\partial_t\,\theta\;+K\,\theta=V^2k(\theta)+a\,\delta+b\,\delta',$$

où δ et δ' désignent respectivement la distribution de dirac et sa dérivée.

L'approche d'identification que nous avons proposée permet de tirer profit de la linéarité du modèle par rapport aux paramètres à identifier. Elle consiste à transformer, au moyen d'opérations globales adaptées, le modèle physique différentiel de telle sorte à obtenir un nouvelle formulation équivalente qui d'une part préserve la linéarité par rapport aux paramètres à identifier, et d'autre part restaure la dépendance continue par rapport aux bruits de mesure qui était impossible à obtenir sous la forme initiale du modèle du fait de la présence d'opérateurs de dérivation. Ainsi, en utilisant les interpolations par splines, nous avons pu établir un problème d'identification continu en temps, aisément résolu par moindres carrés. De cette manière, certaines des difficultés classiquement rencontrées, comme la non-convexité de la fonction coût, sont évitées. De plus, le modèle ainsi identifié reste continu en temps, avec un sens physique clair pour chacun de ses composants.

Les résultats obtenus ont été probants, tant sur simulateur que sur données réelles : le processus d'identification s'est révélé très précis et robuste aux erreurs de bruit, et le modèle ainsi identifié reste fiable même en situation de prédiction.

La qualité des résultats obtenus dans la phase d'identification a permis d'envisager l'utilisation de ce modèle pour asservir le MEMS autour de son point d'équilibre semi-stable dans le but de réaliser une référence de tension de grande précision. Une telle loi de commande, de nature assez complexe à cause de la précision exigée, a été étudiée et validée sur simulink par des partenaires du projet. Une réalisation électronique est en cours.

Ces travaux ont donné lieu à une publication en conférence [8], ainsi qu'à un rapport de contrat [18] ; deux publications en revue a été soumise [6, 5] et sont en procédure de révision.

Mise en œuvre numérique d'une réalisation d'état de l'opérateur d'impédance sur frontière circulaire pour l'équation des ondes 2D

La simulation numérique de propagation des ondes ne peut être réalisée que sur un domaine borné Ω, sur le bord duquel on impose des conditions aux limites. Il existe une condition aux limites particulière, appelée condition d'impédance adaptée, pour laquelle la solution obtenue coïncide dans Ω avec une solution du problème en domaine libre. En effet, lorsque l'impédance adaptée est réalisée, l'onde réfléchie par le bord est nulle et la totalité de l'onde est transmise à l'extérieur du domaine (en fait absorbée par $\partial\Omega$) : on parle alors de bord parfaitement absorbant ou transparent.

On s'intéresse alors à la simulation numérique des conditions d'impédance adaptée dans le cas de l'équation des ondes bidimensionnelles pour une frontière circulaire. L'équation des ondes 2D dans un domaine $\Omega = \mathcal{D}(0,1)$ (donc $\partial\Omega = \mathcal{C}_(0,1)$, frontière circulaire) est donnée par :

$$\begin{cases} \partial_t^2\varphi - \Delta\varphi = f \\ \varphi(0,x,y) = \varphi_0(x,y) \\ \partial_t\varphi(0,x,y) = \varphi_1(x,y), \end{cases} \tag{5}$$

où la fonction f est l'excitation (source sonore par exemple), φ_0 et φ_1 sont les conditions initiales.

Il a été montré dans [37] que la condition d'impédance s'écrit dans ce cas :

$$\varphi|_{\partial\Omega} = H(\partial_t,\partial_y)\,\partial_\nu\varphi|_{\partial\Omega} \text{ avec } H(\partial_t,\partial_y) \simeq -\sqrt{\partial_t^2 - \partial_y^2}^{\,-1}.$$

Après transformation de Fourier par rapport à la variable y, devient :

$$\widehat{\varphi|_{\partial\Omega}}(t,\eta) = (H(\partial_t,\eta)\,\widehat{\partial_\nu\varphi|_{\partial\Omega}})(t,\eta) \quad \forall\eta\in\mathbb{R}.$$

où $H(\partial_t,\eta)$ est un opérateur pseudo-différentiel en t.

Cette relation s'écrit donc, à η fixé, comme un représentation d'état locale en temps, faisant intervenir l'opérateur (non local) $H(\partial_t,\eta)$), que l'on peut réaliser simplement via la représentation diffusive. Une pré-transformation de Fourier et post-transformation de Fourier inverse permettent ensuite de se ramener à la variable spatiale y initiale.

Les résultats obtenus sont convaincants et permettent une absence totale de réflexion des ondes sur la frontière du domaine. Ces résultats sont cosignés dans [21] et feront l'objet d'une publication prochaine.

Pas de temps local pour la résolution des équations de Maxwell (travaux de M2R)

Dans l'état actuel des connaissances, les méthodes de type Galerkin Discontinu sont celles qui offrent la plus grande souplesse pour la modélisation des phénomènes physiques complexes [28, 34]. De plus, la possibilité d'utiliser des maillages non structurés permet un raffinement spatial naturel lorsque cela est nécessaire (proximité de parois, présence de matériaux à forts contrastes etc). Cependant, la stabilité du schéma numérique ne peut avoir lieu qu'avec un pas de temps d'autant plus petit que le raffinement spatial est important, ce qui peut conduire à une forte perte d'efficacité de la méthode en cas de maillage très hétérogène. Il peut alors paraître judicieux d'adapter le pas de temps aux cellules en les regroupant dans différentes classes : ce sont des méthodes de pas de temps local. Certaines solutions ont été proposées dans la littérature mais elles sont soit peu efficaces (résolution de gros systèmes), soit instables à long terme.

Nous avons développé et étudié une méthode de pas de temps local explicite basée sur un appel récursif du schéma temporel classique dit de *leap-frog* sur les différentes classes de cellules, pour un schéma numérique de type Galerkin discontinu d'ordre élevé pour la résolution des équations de Maxwell [29]. Cette méthode de pas de temps local présente plusieurs avantages : elle est totalement autonome (notamment concernant la construction des classes de cellules), ne nécessite aucun stockage supplémentaire, est facilement implémentable, et permet un gain considérable en terme de temps de calcul. La méthode a été confrontée avec succès à d'autres méthodes de pas de temps local de la littérature : la méthode proposée est plus rapide pour des résultats d'une précision similaire. A titre d'illustration, sur un maillage fortement raffiné, le temps de calcul a été divisé par 16 par rapport au calcul sans pas de temps local.

Ces travaux ont donné lieu à deux publications en conférence [13, 12] et une publication de revue [3].

Publications

Les articles sont accessibles en pdf à l'adresse : http://emmanuel.montseny.pro/research.php

Thèse de doctorat

[1] E. Montseny. *Transformations opératorielles de systèmes dynamiques et applications.* PhD thesis, Institut National des Sciences Appliquées, Toulouse, 2009.

Revues internationales

[2] **Time-local dissipative formulation and stable numerical schemes for a class of integrodifferential wave equations**.
C. Casenave and E. Montseny.
SIAM Journal on Applied Mathematics, 341 :1763–1783, 2008.

[3] **Dissipative terms and local time-stepping improvements in a spatial high order discontinuous galerkin scheme for the time-domain maxwell's equations**.
E. Montseny, S. Pernet, X. Ferrières, and G. Cohen.
Journal of Computational Physics, 227(14) :6795–6820, 2008.

[4] **Formulation différentielle dissipative d'un modèle de paroi absorbante en aéroacoustique**.
C. Casenave, E. Montseny, and L. Ségui.
Comptes rendus de l'Académie des Sciences - Mécanique, 336(4) :398–403, 2008.

Articles de revues en révision

[5] **Identification of electrostatically actuated mems models from real measurement data**.
C. Casenave, E. Montseny, and H. Camon.
en révision ; IEEE Transactions on Control Systems Technology, 8p, 2009.

[6] **Identification of Nonlinear Dynamic Models of Electrostatically Actuated MEMS**.
C. Casenave, E. Montseny, and H. Camon.
en révision ; Control Engineering Practice, 14p, 2009.

Conférences internationales avec actes et comité de lecture

[7] **Simple and Efficient Control of MEMS by Means of Operatorial Model Transformations**.
E. Montseny and H. Camon.
Soumis au Symposium on Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS, DTIP 2010, may 2010.

[8] **Identification of electrostatically actuated mems models from real measurement data**.
C. Casenave, E. Montseny, and H. Camon,
In *15th IFAC Symposium on System Identification (SYSID 2009)*, Saint-Malo (France), July 6-8 2009.

[9] **Operatorial parametrizing of controlled dynamic systems. application to the fed-batch bioreactor control problem**.
E. Montseny and A. Doncescu, In *17th IFAC World Congress*,
pages 7486–7490, Seoul (Korea), July 6-11 2008.

[10] **Dissipative state formulations and numerical simulation of a porous medium for boundary absorbing control of aeroacoustic waves**.
C. Casenave and E. Montseny, In *17th IFAC World Congress*,
pages 13432–13437, Seoul (Korea), July 6-11 2008.

[11] **Reduction of complexity via operatorial parametric formulations for some non-linear dynamic problems of biology**.
E. Montseny and A. Doncescu,
In *IEEE International Symposium on Bioinformatics and Life Science Modeling and Computing (BLSMC08)*, Okinawa (Japan), March 25-28 2008.

[12] **A discontinuous galerkin method to solve maxwell equations in time domain**.
E. Montseny, S. Pernet, X. Ferrières, M. Zweers, G. Cohen, and B. Becqueux,
In *23rd International Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics (ACES 2007)*, Verone (Italy), March 19-23 2007.

[13] **Méthodes de pas de temps local appliquées à un schéma galerkin discontinu pour résoudre les équations de maxwell 3D dans le domaine temporel**.
E. Montseny and X. Ferrières, In *5ème Conférence Européenne sur les Méthodes Numériques en Electromagnétisme (NUMELEC'06)*,
pages 59–60, Lille (France), Nov 29 - 1st of Dec 2006.

Communications en conférences sans actes

[14] **Resolution of fed-batch bioreactor control problems via operatorial parametrizing**.
E. Montseny.
2nd Franco-Japanese Symposium on Knowledge Discovery in Systems Biology (FJ'08), du 30 octobre au 3 novembre 2008.

[15] **Paramétrage opératoriel de systèmes dynamiques et application aux certains problèmes de biologie**.
E. Montseny.
Congrès des doctorants de l'école doctorale systèmes (EDSYS), 22 Mai 2008.

[16] **Operatorial parametrizing of dynamic systems and application to biological problems**.
E. Montseny.
1st Franco-Japanese Symposium on Knowledge Discovery in Systems Biology (FJ'07), 15-18 septembre 2007.

Rapports de contrats

[17] **Etude préliminaire d'une loi de régulation-poursuite à faible gain pour référence de tension de haute précision à base de mems (rapport intermédiaire)**.
G. Montseny, C. Casenave, E. Montseny, H. Camon, and F. Blard.
Convention LAAS-LNE 2008 : Modélisation et identification du comportement de structures MEMS pour l'élaboration d'une loi de commande appliquée à l'électronique basée sur la tension de pull-in, janvier 2010.

[18] **Rapport intermédiaire : Modélisation, identification et validation**.
C. Casenave, E. Montseny, and H. Camon.
Convention LAAS-LNE 2008, Modélisation et identification du comportement de structures MEMS pour l'élaboration d'une loi de commande appliquée à l'électronique basée sur la tension de pull-in, 73p, 2009.

Articles de revues en préparation

[19] **Fed-batch bioreactor control by means of operatorial parametrizing of dynamic models**.
E. Montseny.
Prochainement soumis au Journal of Theoretical Biology.

[20] **Operatorial transformations for well-posedness analysis and numerical simulation of a singular model of spherical flame**.
E Montseny.
En préparation.

[21] **Contrôle d'ondes 2D par réalisation locale de l'opérateur d'impédance sur frontière circulaire**.
C. CASENAVE AND E. MONTSENY.
rapport LAAS, 2010.

[22] **Etude de méthodes de pas de temps local dans un schéma galerkin discontinu pour résoudre les équations de maxwell 3D dans le domaine temporel**.
E. MONTSENY.
Rapport de stage de M2R, 55p, 2006.

[23] **Simulation de perturbations aéroacoustiques dans un guide d'ondes et mise en oeuvre de PML et CPML 2D pour l'aéroacoustique**.
C. CASENAVE AND E. MONTSENY.
Rapport de stage de maitrise, 58p, 2004.

[24] **Cours de mathématiques**.
C. CASENAVE AND E. MONTSENY.
Support de cours, TD, Devoirs maison, examens, INSA 3A GC-A, 173p, 2009.

Références

[25] **A perspective on the numerical treatment of Volterra equations**.
C.T.H. BAKER.
Journal of computational and applied mathematics, 125(1-2) :217–249, 2000.

[26] **Numerical solution of volterra equations based on mixed interpolation**.
P. BOCHER, H. DE MEYER, AND G. VANDEN BERGHE.
Computers & Mathematics with Applications, 27(11) :1–11, 1994.

[27] H. Brunner and P.J. Houwen. *The numerical solution of Volterra equations.* Elsevier Science Ltd, 1986.

[28] **Discontinuous galerkin methods. theory, computation, and applications**.
B. COCKBURN, G. KARNIADAKIS, AND C. SHU.
Lect. Notes Comput. Sci. Eng. 11, Springer, 2000.

[29] **A spatial high order hexaedral discontinuous galerkin method to solve maxwell's equations in time domain**.
G. COHEN, X. FERRIÈRES, AND S. PERNET.
J. Comput. Phys., 217 :340–363, 2006.

[30] **The solution of linear and nonlinear systems of Volterra functional equations using Adomian–Pade technique**.
M. DEHGHAN, M. SHAKOURIFAR, AND A. HAMIDI.
Chaos, Solitons and Fractals, 39(5) :2509–2521, 2009.

[31] **Exact linearization of nonlinear systems by time scale transformation**.
B. Fangtang and A. G. Kelkari,
In *Proceedings of the American Control Conference*, Denver, Colorado, 4-6 June 2003.

[32] **Flatness and defect of nonlinear systems : Introductory theory and examples**.
M. Fliess, J. Lévine, and P. Rouchon.
International Journal of Control, 61 :1327–1361, 1995.

[33] S. Gasser. *Etude des propriétés acoustiques et mécaniques d'un matériau métallique poreux modèle à base de sphères creuses de nickel.* PhD thesis, Institut National Polytechnique de Grenoble, 2003.

[34] **High-order nodal methods on unstructured grids. i. time-domain solution of maxwell's equations**.
J.S. Hesthavens and T. Warburton.
J. Comput. Phys., 181 :1–34.

[35] **On linearisation of control systems**.
B. Jakubvzyk and W. Respondek.
Bull. Acad. Pol. Sci. Math., 28, 1980.

[36] **Point-source initiation of lean spherical flames of light reactants : an asymptotic theory**.
G. Joulin.
Comb. Sci. and Tech., pages 99–113, 1985.

[37] **Analysis of a boundary integral equation for high-frequency helmholtz problems**.
D. Levadoux and B. Michielsen, In *Proceedings of the Fourth International Conference on Mathematical and Numerical Aspects of Wave Propagation*,
pages 565–567, 1998.

[38] G. Montseny. *Représentation diffusive.* Hermès-science, Paris, 2005.

[39] **General linear methods for volterra integro-differential equations with memory**.
C. Zhang and S. Vandewalle.
SIAM journal on scientific computing, 27(6) :2010–2031, 2006.