

# Centre Automatique et Systèmes

Directeur: Pierre ROUCHON

Conseillers Scientifiques:  
Jean-Michel Coron, Michel Fliess

Téléphone 01 64 69 47 14

Télécopie 01 64 69 48 68

Courriel [cas@cas.ensmp.fr](mailto:cas@cas.ensmp.fr)

Web <http://www.ensmp.fr/Fr/CAS>

Publications <http://bib.ensmp.fr>

Enseignants chercheurs 8

Technicien et administratif 1

Doctorants 6

Autres étudiants et stagiaires 3

Le CAS s'intéresse au contrôle des systèmes de toute nature (mécanique, chimique, électrique...). Le but est de concevoir des « contrôleurs automatiques » (matérialisés le plus souvent par des programmes informatiques) qui garantissent un comportement dynamique spécifié à l'avance. Les méthodes mises en œuvre se rattachent surtout aux sciences physiques et mathématiques (modélisation et identification, simulation dynamique, théorie du contrôle...). Les activités du CAS s'articulent autour de la recherche (avec une composante marquée pour l'automatique non linéaire), de collaborations avec l'industrie (avec le souci d'aboutir à des réalisations pratiques bénéficiant des apports théoriques les plus récents et les mieux adaptés), de l'enseignement (cours en deuxième et troisième cycles, stages) et de l'encadrement de recherches (thèses).



## Fait saillant en 2002

L'élément de démonstration « Double pendule instable » de la Cité des Sciences et de l'Industrie (Paris, porte de la Villette) termine l'année 2002 avec un nouveau logiciel de commande temps-réel qui, outre les fonctions de contrôle à l'équilibre, assure désormais le relèvement et la dépose en douceur du double pendule. Rappelons que cet élément avait déjà été rénové par le Centre en 2000.

Grâce à ses nouvelles fonctionnalités, l'élément d'exposition, débarrassé de son système central de relèvement des pendules, offre au public le spectacle de séquences contrôlées extrêmement dynamiques au cours desquelles le tandem de barres s'écarte très notablement de la position verticale. La définition des trajectoires de relèvement et de dépose a été effectuée par une méthode d'optimisation sous contraintes utilisant une discrétisation exacte grâce aux sorties plates.



## Recherche

La recherche au CAS s'organise autour de plusieurs thèmes ayant trait à l'Automatique. Certains thèmes correspondent plutôt à des problématiques mathématiques, d'autres plutôt à des domaines d'application. Il y a bien sûr des interactions entre les thèmes.

Au plan théorique, le CAS développe des méthodes originales en commande des systèmes non linéaires :

- la stabilisation non linéaire par retour (dynamique et/ou instationnaire) d'état ou de sortie;
- les systèmes « différentiellement plats », classe de systèmes que nous avons mise en évidence et qui joue un rôle important dans les développements actuels en Automatique.

Voici une liste alphabétique de thèmes sur lesquels nous avons travaillé récemment et/ou sur lesquels nous travaillons actuellement :

- *Aéronautique et spatial* (J. Lévine, Ph. Martin, L. Praly);
- *Automobile* (J. Lévine, P. Rouchon);
- *Contrôle des procédés* (J. Lévine, N. Petit, P. Rouchon);
- *Machines électriques* (Ph. Martin, P. Rouchon);
- *Ondelettes et traitement du signal* (F. Chaplais);
- *Optimisation, commande optimale et sous contraintes* (F. Chaplais, Y. Lenoir, N. Petit, L. Praly, C. Sneed);
- *Stabilisation non linéaire et retour de sortie* (L. Praly);
- *Systèmes aux dérivées partielles et platitude* (Ph. Martin, N. Petit, P. Rouchon);
- *Systèmes mécaniques* (J. Lévine, Y. Lenoir, Ph. Martin, N. Petit, L. Praly, P. Rouchon, C. Sneed);
- *Systèmes plats de dimension finie* (J. Lévine, Ph. Martin, P. Rouchon).



## Collaborations industrielles

Elles sont effectuées dans le cadre de contrats de recherche et portent sur des problèmes concrets définis par nos partenaires industriels. Cette « recherche industrielle » permet de confronter nos méthodes à des cas réels et d'en développer de nouvelles; elle constitue une source permanente de renouvellement de nos problématiques scientifiques.

La liste des sujets sur lesquels nous travaillons actuellement est: contrôle des procédés et capteurs logiciels (TotalFinaElf), commande sans capteur et identification de moteurs asynchrones (Schneider Electric), rentrée dans l'atmosphère d'un engin spatial (CNES), climatisation bas-coût d'habitacle automobile (Valéo-Electronique), stabilisation d'un double pendule inversé (Musée des Sciences et de l'Industrie de la Villette), dyna-

mique et contrôle d'un filtre à particules et d'un piège à NO<sub>x</sub> (Institut Français du Pétrole), commande optimale de cogénération (EDF), commande de déplacements rapides de tables de positionnement 2D de haute précision (Micro-Contrôle).

Plusieurs algorithmes temps-réel de commande non linéaire développés au CAS sont utilisés dans l'industrie: la conduite en qualité d'unité de distillation (logiciel COLBIN, TotalFinaElf), commande sans capteur de vitesse pour les moteurs asynchrones (Schneider Electric), la conduite avancée de réacteurs de polymérisation (TotalFinaElf), système anti-vibration Base-Stop (Micro-Contrôle).



## Enseignement

Le CAS intervient au niveau de l'enseignement en deuxième cycle dans plusieurs écoles d'ingénieurs et en troisième cycle par le biais de l'université Paris-Sud et du Collège doctoral Mathématiques et Automatique de l'École des Mines de Paris.

### Liste des principaux cours

#### École des Mines de Paris:

- cours *Stabilisation* dans l'option *Automatique* (L. Praly);
- organisation d'une semaine *Commande en Génie des Procédés* (Ph. Martin, N. Petit) commune option *Automatique et Génie des Procédés*;

- *Petites Classes d'Automatique* (N. Petit);
- *Petites classes de Probabilités* (N. Petit).

#### École des Ponts et Chaussées :

- module de *Commande des Systèmes non-linéaires* (J. Lévine).

#### École Centrale Paris :

- *Cours d'Automatique de tronc commun* (Ph. Martin);
- *Module thématique Ondelettes* (F. Chaplais);
- cours *Commande en Génie des Procédés option Procédés-Environnement* (Ph. Martin, N. Petit);
- module thématique *Commande Optimale* (N. Petit).

#### École Polytechnique :

- cours *Analyse et Commande des systèmes dynamiques dans la majeure de mathématiques appliquées* (P. Rouchon).

#### Université Paris-Sud :

- cours *Introduction à la commande des systèmes non linéaires* dans le DEA *Automatique et Traitement du Signal* (J. Lévine);
- cours *Stabilisation non linéaire* dans le DEA *Automatique et Traitement du Signal et European-CTS* (L. Praly);
- Cours au Banach Center *Théorie Mathématique du Contrôle* (L. Praly).

#### École d'été de Lille :

- *Contrôle des Systèmes aux dérivées partielles* (Ph. Martin, N. Petit, P. Rouchon).

## Optimisation de mélanges en raffinerie: Anamel V4

Les enjeux de l'optimisation de mélanges en raffinerie sont considérables: ils relèvent de la tenue aux meilleurs coûts des spécifications réglementaires des carburants fabriqués (indice d'octane, volatilité, taux de soufre...).

Anamel est un logiciel de contrôle et optimisation multivariable temps-réel, utilisé dans les raffineries du groupe TotalFinaElf pour réaliser les mélanges de carburants. Fruit d'une collaboration sur plusieurs années entre TotalFinaElf et le Centre Automatique et Systèmes, la nouvelle version d'Anamel (V4) est désormais en service dans les raffineries du groupe en remplacement de la version précédente.

Ce logiciel permet le pilotage automatisé des mélangeuses en prenant en compte les qualités des conti- tuants fournies par analyses de laboratoire, les données économiques, les mesures instantanées et intégrées fournies par analyseurs en ligne. Les inévitables incertitudes sur les constituants de produits intermédiaires sont maîtrisées et compensées en temps réel par Anamel qui assure ainsi automatiquement la réussite des mélanges en dépit de toutes ces erreurs de modèle.

