

|   |   |                     |       |
|---|---|---------------------|-------|
| <b>Intitulé de l'Unité d'Enseignement</b> | Instabilités et contrôle des écoulements cisailés | <b>Code de l'UE</b> | NSF07 |
|---|---|---------------------|-------|

### Rédacteurs (principaux, 3 maxi) de l'UE

|                                    |  |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|
| Nom, Prénom, qualité               | HUERRE Patrick Professeur                    | SCHMID Peter Professeur                      |  |
| Laboratoire ou équipe de recherche | LadHyX                                       | LadHyX                                       |  |
| Adresse                            | Ecole Polytechnique<br>91128 Palaiseau Cedex | Ecole Polytechnique<br>91128 Palaiseau Cedex |  |
| Téléphone :                        | 01 69 33 52 52                               | 01 69 33 52 85                               |  |
| e-mail:                            | huerre@ladhyx.polytechnique.fr               | peter.schmid@ladhyx.polytechnique.fr         |  |

### Descriptif de l'UE

|   |               |
|---|---------------|
| Volumes horaires globaux (CM + TD + TP+ autre...) | 30h (CM + TD) |
| Nombre de crédits de l'UE                         | 3             |
| Spécialité où l'UE est proposée                   | Mécanique     |
| Semestre où l'enseignement est proposé            | <b>S3</b>     |
| Effectifs prévus (rentrée 2009)                   | 25            |

#### a) Objectifs de l'Unité d'Enseignement (6 lignes maximum)

Ce cours a deux objectifs:

-présenter les développements conceptuels et méthodologiques récents nécessaires à la description et à la compréhension des instabilités hydrodynamiques dans les écoulements cisailés tels que les couches limites, les sillages et les jets.

-introduire et adapter les techniques de la théorie du contrôle tels que le contrôle optimal et le contrôle robuste, en vue d'atténuer les instabilités de ces écoulements, permettant ainsi de repousser la transition vers la turbulence.

Ces notions jouent un rôle crucial en génie mécanique et en aéronautique.

#### b) Contenu de l'Unité d'Enseignement (15 lignes)

Instabilités temporelles et instabilités spatiales; instabilités absolues et instabilités convectives; écoulements "amplificateurs" et écoulements "oscillateurs"; modes globaux et critères de sélection de fréquence; croissance transitoire et non-normalité dans les écoulements pariétaux; perturbations optimales et réponse optimale; analyse de sensibilité et pseudo-spectres.

Contrôle optimal en tant que problème variationnel; formulation adjointe; contrôle en boucle fermée de type Riccati et application à la transition dans l'écoulement de Poiseuille; contrôle optimal basé sur l'état adjoint en formulation continue (edp) et application à la transition dans la couche limite; stratégie de contrôle en présence d'information partielle sur l'état de l'écoulement; estimation et filtre de Kalman; noyaux du contrôle et de l'estimateur; illustration de ces concepts dans le cas de l'équation de Ginzburg-Landau complexe.

#### c) Pré-requis (2 lignes)

Introduction aux instabilités hydrodynamiques (cours de Carlo Cossu).  
Notions de base en mécanique des fluides.

#### d) Modalités de contrôle des Connaissances

Examen oral sans préparation

#### e) Examens (répartis), Oraux, TP, Projet

Examen oral

#### f) Références bibliographiques

| <b>Organisation pédagogique</b>                    |                      |                      |                     |
|--|----------------------|----------------------|---------------------|
| Enseignements présentsiels                         | Volume horaire total | Horaire hebdomadaire | Effectif par groupe |
| Cours  | 25h                  | 4h                   | 25                  |
| Enseignements dirigés                              | 5h                   | intégré au cours     | 25                  |
| Travaux pratiques<br>Décrire le titre de chaque TP |                      |                      |                     |
| Projet<br>Définir le type de projet                |                      |                      |                     |
| Autre  |                      |                      |                     |

**Course Title :**

Instabilities and control of shear flows

**Description of the course :**

**a) Objective**

The objective of the course is two-fold:

- to present recent conceptual and methodological developments in the understanding and description of hydrodynamic instabilities in shear flows such as boundary layers, mixing layers, wakes and jets.
  - to introduce and adapt modern flow control techniques such as optimal or robust control theory, in order to quench the growth of these instabilities and therefore delay transition to turbulence.
- These issues play a crucial role in both aeronautical and mechanical engineering applications.

**b) Content**

Temporal versus spatial instability approaches; absolute and convective instabilities; flow amplifiers and flow oscillators; global modes and frequency selection criteria; transient growth and non-normality in wall-bounded shear flows; optimal perturbations and optimal response; sensitivity analysis and pseudo-spectra

Optimal control as a variational problem; adjoint formulation; Riccati-based feedback control and application to the delay of transition in plane Poiseuille flow; adjoint-based optimal control in continuous (pde) setting and application to the delay of transition in boundary layers; partial state information control, estimation and Kalman filtering; control and estimation kernels; illustration of these concepts for the case of the complex Ginzburg-Landau model.

**c) Prerequisites**

Introduction to hydrodynamic instabilities (Carlo Cossu's course).  
Fundamental notions of fluid mechanics.