

<b>Intitulé de l'Unité d'Enseignement</b>	<b>Ecoulements Séparés: Sillages et Cavités Separated flows</b>		<b>Code de l'UE</b>	
<b>Rédacteurs (principaux, 3 maxi) de l'UE</b>				
Nom, Prénom, qualité	Cadot, Olivier			
Laboratoire ou équipe de recherche	UME- ENSTA			
Adresse	Chemin de la Hunière 91761 Palaiseau cedex			
Téléphone :	01 69 31 97 56			
e-mail:	cadot@ensta.fr			
<b>Descriptif de l'UE</b>				
Volumes horaires globaux (CM + TD + TP+ autre...)	15h			
Nombre de crédits de l'UE				
Spécialité où l'UE est proposée				
Semestre où l'enseignement est proposé	S3			
Effectifs prévus (rentrée 2009)				
<p><b>a) Objectifs de l'Unité d'Enseignement (6 lignes maximum)</b></p>				
<p>Notions théoriques et expérimentales sur les écoulements autour de corps en situation de décollements massifs de couche limite. Ces notions s'appliquent directement aux écoulements monophasiques autour de véhicules terrestres (automobiles, trains...) ou diphasiques autour de tous véhicules hydrodynamiques dans les régimes de supercavitation (torpilles, foils...). La compréhension de l'origine des efforts aérodynamiques est à la base des stratégies en matière de contrôles des écoulements et s'inscrit dans le contexte actuel de réductions des coûts énergétiques dans les transports.</p>				
<p><b>b) Contenu de l'Unité d'Enseignement (15 lignes)</b></p>				
<p>Le cours commence par rappeler ce qu'est le phénomène de séparation. Il est défini puis discuté en fonction du nombre de Reynolds; on verra que la séparation n'est pas propre aux effets inertiels. On se place ensuite dans la physique des écoulements à grand nombre de Reynolds, pour lesquels la notion de couche limite est centrale. Dans ce cadre où les équations de Navier Stokes se simplifient, la dynamique de la couche limite se développant sur un corps est étudiée, montrant ainsi le rôle majeur du gradient de pression. Cependant cette approche classique mène à une singularité dans la solution; ce qui la rends totalement inefficace pour décrire le décollement. La description complète au voisinage d'un décollement sera donnée par la théorie dites du triple pont. Après cette base théorique, on découvrira la complexité des écoulements réels autour de cylindres de sections variées. L'écoulement moyen et la dynamique du sillage seront commentés en fonction du nombre de Reynolds. On comprendra le rôle majeur de la nature turbulente ou laminaire de la couche limite à l'aval du décollement et comment elle peut affecter les efforts moyens et la dynamique du sillage. On traite ensuite théoriquement de l'écoulement séparé autour d'une plaque après avoir préalablement présenté la théorie des écoulements potentiels à surfaces libres. Le désaccord avec l'expérience dévoile le problème théorique de la taille finie de la zone de recirculation. Malgré ce problème de taille, la théorie s'adapte encore mieux aux écoulements cavitants, pour lesquels une séance de cours en laboratoire est prévue autour du tunnel de cavitation de l'Unité de Mécanique de l'ENSTA.</p>				
<p><b>c) Pré-requis (2 lignes)</b></p>				
<p>Bases élémentaires de la théorie des écoulements potentiels. Notions sur les Instabilités de cisaillement. Couche limite de Prandtl.</p>				
<p><b>d) Modalités de contrôle des Connaissances</b></p>				
<p>10 h de cours et 3h de TD.</p>				
<p>2h démonstration sur le tunnel de cavitation</p>				

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

Examen Oral

**f) Références bibliographiques**

Cours et polycopié de cours à l'adresse :

[http://www.ensta.fr/~cadot/separated%20flow%20pour%20internet/separated\\_flows.html](http://www.ensta.fr/~cadot/separated%20flow%20pour%20internet/separated_flows.html)**Organisation pédagogique**

Enseignements présentsiels	Volume horaire total	Horaire hebdomadaire	Effectif par groupe
Cours	12		
Enseignements dirigés	3		
Travaux pratiques Décrire le titre de chaque TP			
Projet Définir le type de projet			
Autre			

**Course Title :** Separated flows - Wakes and Cavities**Description of the course :****a) Objective**

Theoretical and experimental knowledge's about flows around bluffbodies presenting massive separation. Direct applications to monophasic flows of ground vehicles (cars, trains...) or diphasic flows for hydrodynamics vehicles set into supercavitation regime (torpedoes, foils...). Physical origin of the aerodynamics forces is a first step for flow control strategies and belongs to the actual context of energy consumption reduction for transportations.

**b) Content**

Flow separation is first defined and then discussed for flows at different Reynolds numbers; we will see that separation is not restricted to flows at large Reynolds numbers. Since our purpose is to investigate flows at large Reynolds numbers, we will focus on this special case for which the boundary layer theory is central. In this frame, Navier-Stokes equations are simplified and the development of the boundary layer on a body is studied, showing the important role of the pressure gradient. However, the classical approach leads to a singularity in the solution, which is unable to describe the detachment. The complete description will be done with the triple-deck theory. After this theoretical basis, we discover the complexity of real flows around bodies having cylindrical shapes. Mean flow properties and wake dynamic versus the Reynolds number will be discussed. We point out the major role of the laminar, or turbulent nature of the boundary layer after separation and how this can affect drastically the mean properties and wake dynamic. We then investigate theoretically such separated flows with the free-streamline theory. The Helmholtz flow around a plate will be solved analytically. The disagreement with experiment reveals the theoretical problem of the finite size of the recirculation zone behind the body. Despite this problem, referred as cavity closure, the free-streamline theory works even better for cavitating flows, for which an experimental demonstration will be done on the cavitating tunnel of ENSTA.

**c) Prerequisites**

Basic knowledge on : potential flow theory, shear instabilities, Prandtl boundary layer theory.