

<b>Intitulé de l'Unité d'Enseignement</b>	Etude du comportement physico-chimique et de l'impact environnemental des carburants pour la propulsion automobile et aéronautique	<b>Code de l'UE</b>	5AExx
---	--	---------------------	-------

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

Nom, Prénom, qualité	DA COSTA Patrick Prof de l'UPMC	BERTIER Nicolas Ingénieur de Recherche
Laboratoire ou équipe de recherche	Institut d'Alembert Equipe Fluides Réactifs et turbulence UPMC paris	ONERA The French Aerospace Lab
Adresse	4 Place Jussieu 75005 Paris	29 avenue de la Division Leclerc 92322 CHATILLON Cedex
Téléphone :	01 30 85 48 62	01 46 73 41 98
e-mail:	Patrick.da_costa@upmc.fr	nicolas.bertier@onera.fr

**Descriptif de l'UE**

Volumes horaires globaux (CM + TD + TP)	56 h CM + 4 h TP = 60 h
Nombre de crédits de l'UE	6 ECTS
Spécialité où l'UE est proposée	Energétique et Environnement
Semestre où l'enseignement est proposé	S3
Effectifs prévus	35

**a) Objectifs de l'Unité d'Enseignement :**

L'objectif de ce cours est d'étudier les propriétés des carburants utilisés pour la propulsion automobile et aéronautique, aussi bien du point de vue de leur composition et caractéristiques chimique que de leur comportement physique lorsqu'ils sont injectés dans une chambre de combustion.

Ces différents aspects seront traités suivant trois grandes parties.

La première s'attachera particulièrement à la description des carburants, de leur production à leur consommation (bilan du puits à la roue), ainsi que les schémas réactionnels décrivant leur combustion. Il conviendra également de définir de manière précise les principaux polluants (NOx, CO, suies, HC imbrûlés, HAP, COV, GES) ainsi que leurs mécanismes de formation. Enfin, les techniques de dépollution et les systèmes de post-traitement des gaz de combustion seront présentés.

La seconde est centrée sur la description physique des mécanismes d'atomisation, dont l'efficacité conditionne la manière dont le carburant, liquide, va se mélanger à l'air dans la chambre de combustion avant de s'évaporer, puis de brûler.

La dernière expose la manière dont la phase liquide est traitée dans les codes de calcul. Une présentation des grandes familles d'approches utilisées aujourd'hui - aussi bien dans les laboratoires de recherche que dans les bureaux d'étude industriels - sera réalisée, en insistant à la fois sur les modèles physiques spécifiques et les algorithmes numériques associés.

**b) Contenu de l'Unité d'Enseignement :**

**Partie I : caractérisation chimique des carburants et pollution**

\* Etude des filières de production des carburants conventionnels (essence, gazole, kérosène, gaz naturel, GPL), depuis le site d'extraction jusqu'à la raffinerie, en balayant les techniques de raffinage, les caractéristiques physico-chimiques des

carburants, l'adaptation carburant-moteur, les notions d'indice d'octane et de cétane, les additifs et leur évolution...

- \* Présentation des carburants alternatifs et étude des filières de production de carburants alternatifs déterminés (éthanol, ester méthylique d'huile végétale, Carburants Fischer-tropsch, hydrogène). Evaluation de l'impact environnemental de l'utilisation de ces carburants pour la propulsion terrestre et aéronautique, établissement des bilans du puits à la roue (well to wheel), perspectives d'utilisation.
- \* Retour sur les schémas réactionnels de combustion des hydrocarbures (cinétiques associées) et classification des réactions en fonction des domaines de température (généralisation aux carburants). Définition des polluants et rappel des réglementations. Etude des voies de formation de ces polluants en fonction de la température et de la nature des carburants.
- \* Stratégies de dépollution et systèmes de post-traitement actuels. Développements futurs, Procédés de Catalyse hétérogène, Cinétique globale, détaillée et mécanismes réactionnels.

### **Partie II : mécanismes physiques de l'atomisation**

- \* Phénomènes capillaires ; statique de la tension de surface.
- \* Dynamique des écoulements diphasiques ; obtention de modèles simplifiés 1D.
- \* Instabilité capillaire de Plateau-Rayleigh ; instabilités de cisaillement.
- \* Tour d'horizon des différents procédés de fragmentation (co-courant gazeux, atomisation par vibrations, effervescente, electrosprays,...)

### **Partie III : modèles physiques et méthodes numériques pour la simulation de la phase liquide**

- \* Stratégies de simulation numérique pour la phase liquide : approches multifluides (interfaces raides ou diffuses) ou basées sur une hypothèse de phase dispersée (en Lagrangien ou Eulérien)
- \* Modèles de fragmentation secondaire et de coalescence
- \* Modèles d'évaporation de goutte (loi en «  $d^2$  »)
- \* Modèles d'interaction goutte-paroi
- \* Prise en compte des régimes de combustion pour les flammes diphasiques

Une partie des notions abordées dans cette partie du cours trouvera son application dans la séance de travaux pratiques : « simulation numérique d'un processus de fragmentation liquide sous Gerris » (4h)

#### **c) Pré-requis :**

UE de Thermodynamique, Impact Environnemental et Energétique de Master 1ère année. UE Equations thermomécaniques et cinétique des milieux réactifs de Master 2ème année Bases solides en mécanique des fluides et en mécanique des milieux continus indispensables. Une connaissance élémentaire des propriétés microscopique de la matière est bienvenue.

#### **d) Modalités de contrôle des Connaissances :**

#### **e) Références bibliographiques :**

Sur la mécanique des fluides générale :

- An Introduction to Fluid Dynamics' de G.K. Batchelor (Cambridge University Press)
- Hydrodynamique Physique' de Guyon, Hulin & Petit (CNRS Editions) Sur les phénomènes capillaires :
- Gouttes, Bulles, Perles & Ondes' de de Gennes, Brochart-Wyart et Quéré (Belin)

Des ouvrages plus spécialisés :

- Liquid Atomization' de Bayvel & Orzechowski (Taylor & Francis)
- Atomization & Sprays' de Lefebvre (Taylor & Francis) Sur les carburants et leur réactivité
- Carburants et moteurs J.-C. Guibet, B. Martin et Institut français du pétrole (Technip,1987)
- La combustion : Inflammation, combustion, pollution, applications Philippe Arquès (Ellipse, 2004)

- Les biocarburants : Etat des lieux, perspectives et enjeux du développement D. Ballerini, N. Alazard-Toux et O. Appert (IFP Publications, 2006)
- Kinetics of Heterogeneous Catalytic Reactions M. Boudart et G.Djega Mariadassou (Princeton Press,1984)
- Etude Cinétique Sur Catalyseurs de Postcombustion Automobile P. Granger (EUE,2010)

**Organisation pédagogique**

Enseignements présentsiels	Volume horaire total	Horaire hebdomadaire	Effectif par groupe
Cours	56	3	
Enseignements dirigés			
Travaux pratiques Expérimentaux	4		24