

<b>EPU-M9- MET</b>																			
<b>Titre de l'UE</b> Matériaux métalliques en interaction avec leur environnement																			
Mots clés : microstructure, corrosion, oxydation, protection, fluage, fatigue																			
Responsable Philippe Vermaut																			
ECTS	Cours	TD	TP	Tutorat	Ecrit	CC	TP	Oral	Eval. répartie										
6	36	12							oui										
<b>Descriptif de l'UE</b>																			
<p>La durabilité des matériaux est une préoccupation économique et sociétale majeure aujourd'hui. Afin de pouvoir améliorer la durée de vie des matériaux en fonctionnement, il est essentiel de bien comprendre leurs mécanismes de dégradation. L'objectif de cet UE est d'aborder les concepts des matériaux métalliques mis en jeu dans ces mécanismes en couplant les trois disciplines chimie/physique et mécanique. Cet enseignement (en cours magistral et en travaux dirigés) portera sur la compréhension des relations qui existent entre la microstructure et les propriétés physico-chimiques des métaux et leur évolution dans le temps dans les conditions d'utilisation (agression chimique, température élevée, sollicitations mécaniques cycliques et leurs combinaisons) correspondant aux principaux domaines d'utilisation.</p>																			
<b>Objectifs d'apprentissage</b>																			
<p>Au terme de l'UE, l'étudiant devra être capable de comprendre les mécanismes de dégradation des matériaux dans le temps et de proposer des solutions issues de combinaisons chimiques pour allonger leur durée de vie. Les domaines d'application concernés sont le transport avec l'aéronautique, l'automobile, ferroviaire, la production de l'énergie (nucléaire, les énergies renouvelables), le médical (prothèses orthopédiques, implants...).</p>																			
<b>Prérequis</b>																			
<p>L'étudiant devra avoir une bonne connaissance des diagrammes de phases (thermodynamique), des connaissances de base sur la genèse des microstructures, en électrochimie, sur les techniques de caractérisation (diffraction des rayons X, microscopie électronique), sur les essais mécaniques rudimentaires (fluage, fatigue,...).</p>																			
<b>Langue<sup>(1)</sup></b>																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:15%;"><b>Langue<sup>(1)</sup></b></td> <td style="width:50%;"><i>Cours, TD, TP</i></td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> </tr> <tr> <td>Français</td> <td>Français excepté le cours de Mr Ogle qui est donné en anglais</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										<b>Langue<sup>(1)</sup></b>	<i>Cours, TD, TP</i>				Français	Français excepté le cours de Mr Ogle qui est donné en anglais			
<b>Langue<sup>(1)</sup></b>	<i>Cours, TD, TP</i>																		
Français	Français excepté le cours de Mr Ogle qui est donné en anglais																		

(1) D'une manière générale, les documents de cours sont à rédiger en anglais. Les sujets d'examen sont en anglais ou accompagnés d'une explication en anglais s'il y a des étudiants non francophones.

### Fonctionnement de l'UE

L'organisation de l'UE s'appuie sur les différents modes de sollicitation du matériau en fonctionnement.

#### Corrosion (10 hrs CM + 2 hrs TD) K. Ogle (Pr. ENSCP)

L'exposition à un environnement chimique agressif sera abordée à travers un cours consacré à la corrosion. Les mécanismes de base seront développés puis appliqués aux différentes situations :

corrosion aqueuse (généralisée, piqûration, crevasses etc...) et sèche (oxydation). Par la suite, les différentes solutions de protection seront passées en revue

**Batteries et piles à combustibles (6 hrs CM + 2 hrs TD) J. Han (Sorbonne Université)**

Le développement de batteries à haute densité énergétique, et de piles à combustibles (PAC) est l'un des enjeux clés du futur système énergétique. Dans ces cours, les étudiants utiliseront les bases acquises en électrochimie, chimie du solide, et caractérisation de surface pour comprendre la sélection de systèmes redox, à la fois le principe et l'application de batterie et PAC, en milieu aqueux et non-aqueux.

**Protection (8 hrs CM + 4 hrs TD) S. Mercier (ONERA)**

L'exposition à une température élevée conduit généralement à une oxydation de la surface qui peut conduire à la ruine de la pièce. Dans un premier temps, les mécanismes mis en jeu seront développés puis les solutions existantes de protection des matériaux contre ces phénomènes seront décrites à travers différents exemples notamment issus du secteur de l'aéronautique.

**Matériaux Métalliques pour applications biomédicales (6 hrs CM et démo dispositifs) F. Prima et F. Sun (ENSCP)**

Les applications dans le secteur biomédical correspondent à un cahier des charges très spécifique combinant biocompatibilité, résistance à la corrosion en milieu physiologique et compatibilité mécanique avec les tissus humains. Les différentes solutions en application et en développement seront passées en revue à travers différents exemples d'application (stents, prothèses orthopédiques, ...)

**Fluage et Fatigue des matériaux métalliques (6 hrs CM + 4 hrs TD) P. Vermaut (Sorbonne U) et P. Sallot (SAFRAN)**

Dans ce cours, les différents mécanismes microscopiques à l'origine des phénomènes de fluage et de fatigue des matériaux métalliques seront détaillés. A travers différents exemples pris dans des applications des secteurs aéronautique et nucléaire, les moyens mis en œuvre pour optimiser les microstructures permettant d'augmenter la durée de vie des pièces seront décrits. Les outils de prédiction de la durée de vie des matériaux qui ont été développés seront également détaillés.