

5CI613 Propriétés mécaniques des matériaux solides									
Mots clés : Elasticité, plasticité viscoélasticité, fracture, adhésion, céramiques, métaux, polymères, matériaux composites.									
Responsables : M. Philippe Vermaut MdC Equipe de Métallurgie Structurale IRCP, Chimie ParisTech M. Antoine Chateauminois, Laboratoire de Sciences et Ingénierie de la Matière Molle, ESPCI									
<i>ECTS</i>	<i>Cours (h)</i>	<i>TD (h)</i>	<i>TP (h)</i>	<i>Tutorat (h)</i>	<i>Ecrit (%)</i>	<i>CC (%)</i>	<i>TP (%)</i>	<i>Oral (%)</i>	<i>Eval. répartie</i>
6	38	10			100				non
<i>Descriptif de l'UE</i>									
L'UE propose une initiation aux propriétés mécaniques des principales familles de matériaux solides : céramiques, polymères, métaux et (nano)composites. Elle s'adresse à des étudiants dont la formation antérieure est généralement spécialisée en chimie et ne nécessite pas de pré-requis importants en mécanique des solides et en mathématiques. Les propriétés mécaniques sont présentées en relation avec la microstructure des matériaux et leurs échelles de longueur caractéristiques. Après une introduction générale des principaux comportements (élasticité, viscoélasticité, plasticité, fracture), les mécanismes et les échelles de longueur structurales qui contrôlent les mécanismes de déformation sont présentés plus en détail pour chaque grand type de matériaux. Les notions abordées sont approfondies lors de séances de TD.									
<i>Objectifs d'apprentissage</i>									
A l'issue de l'UE, l'étudiant saura :									
<ul style="list-style-type: none"> - Définir les concepts de base en mécanique des matériaux (grandeurs observées, types de sollicitations) - Identifier l'influence des conditions expérimentales (température, amplitude et vitesse de sollicitation) sur un comportement mécanique - Décrire les spécificités des principaux comportements mécaniques observés et des mécanismes impliqués. - Déterminer et prédire les relations entre les caractéristiques structurales (organisation moléculaire, cristallinité, présence de charges, interfaces...) et les propriétés mécaniques des principales classes de matériaux 									
<i>Prérequis</i>									
Des connaissances de base sur les matériaux inorganiques et polymères, comme celles introduites dans les UE 4CI701 et 4CI702 du M1S2, sont nécessaires.									
<i>Langue⁽¹⁾</i>	<i>Cours, TD, TP</i>							<i>Documents</i>	<i>Bibliographie</i>
	Français							Anglais	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

Introduction aux notions de base

Après une rapide revue des matériaux allant des matériaux naturels aux métamatériaux, les principaux comportements mécaniques sont introduits : élasticité, plasticité et viscoélasticité. Les bases de la mécanique de la rupture des matériaux fragiles sont également posées aux travers de notions de bilans énergétiques (approche de Griffith) permettant de faire la part entre la géométrie des systèmes, leurs propriétés élastiques et l'énergie de surface. Les particularités de chaque grande classe de matériaux (polymères, métaux, céramiques) sont ensuite abordées, avec un accent particulier sur les matériaux polymères.

Matériaux polymères

A la suite d'une description des différents états possibles des polymères, les origines de l'élasticité dans ces matériaux sont détaillées. Les spécificités des polymères amorphes sont abordées dans un chapitre portant sur la phénoménologie de la transition vitreuse. La notion de viscoélasticité linéaire est ensuite introduite et les propriétés viscoélastiques, en lien avec la structure, sont détaillées. Le cas des interfaces entre polymères est ensuite abordé à travers une description thermodynamique de leur structure puis de la cinétique de formation d'enchevêtrements à l'interface. A la suite, le lien entre la structure interfaciale et l'adhésion est fait pour les matériaux polymères dans différents états. Les concepts fondamentaux sont illustrés par des travaux de recherche récents sur les matériaux, ainsi que par des exemples de la vie courante. Des séances de travaux dirigés permettent d'approfondir les notions vues en cours.

Rupture et matériaux composites

Ce volet du cours porte sur la mécanique des milieux hétérogènes, en particulier celle des composites à matrice polymères et à renfort fibreux. Des approches simples permettant de déterminer les propriétés effectives de composites à partir de celles de leurs éléments constitutifs (fibre, matrice) y sont introduites. Les aspects liés à l'anisotropie et au comportement des interfaces fibre/matrice sont en particuliers discutés.

Céramiques

Le cours débute par une définition et des exemples d'applications de céramiques avant de détailler les procédés de mise en forme et de frittage, et leurs impacts sur les microstructures finales. Le lien entre module d'Young et liaison atomique iono-covalente est ensuite décrit. L'importance de la rupture fragile dans ces matériaux est soulignée à travers la présentation de différents modèles. Les aspects microscopiques sont illustrés par des exemples choisis.

Métaux

La plasticité des métaux est introduite par une description des événements à l'échelle microscopique à l'origine de la déformation plastique. Les propriétés élastiques des dislocations, ainsi que leurs mécanismes de multiplication, et leur interaction avec les autres défauts de la microstructure sont détaillés. Les éléments permettant de comprendre l'origine du durcissement structural des alliages métalliques sont abordés: effet de solution solide, écrouissage, taille de grain, précipitation.