

## Biomatériaux

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	6:40:00	Nom	C. Combes	UE1-Matériaux Avancés
Cours-TD	0:00:00			
TD	1:20:00	Pédagogie Active		Coefficient
TP	0:00:00	0		0,66
<b>Mode d'Evaluation</b>				
Epreuve écrite unique UE1-UE2				

### Connaissances et Capacités

Connaître les différents matériaux utilisés pour substituer, réparer ou reconstruire un tissu biologique et appréhender la relation entre la composition, la microstructure, la mise en forme et les propriétés du biomatériau en vue de l'adapter à l'application biomédicale visée. Appréhender les aspects réglementaires et de matériovigilance liés à la mise sur le marché d'un biomatériau. Savoir analyser une étude de cas.

### Contenu du cours- Syllabus

Les différentes classes de matériaux pour des applications dans le domaine biomédical.  
Essais à caractère biologique.  
Règlementation (procédés de stérilisation, mise sur le marché).  
Mise en forme des biomatériaux massifs ou en revêtements (Exemples de couples matériaux-procédés : implant crânien, stent, revêtement HAP sur implant)  
Etudes de cas : Céramiques bioactives et système à libération de principe actif. Les lentilles intraoculaires

### Ouvrages de Référence

- Comportement des matériaux dans les milieux biologiques – Applications en médecine et biotechnologie, R. Schmid, Traité des Matériaux. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1999
- Characterization of Biomaterials, A. Bandyopadhyay and S Bose, Elsevier, 2013





## TP Mise en œuvre des composites

Volume Horaire	
Cours	0:00:00
Cours-TD	0:00:00
TD	0:00:00
TP	16:00:00

Responsable Pédagogique	
Nom	R. Piquet

Unité d'Enseignement
UE1 - Matériaux Avancés

Pédagogie Active
0

Coefficient
2

Mode d'Évaluation
Rapport écrit

### Connaissances et Capacités

Etre capable de réaliser et de contrôler la fabrication d'une pièce composite hautes-performances

### Contenu du cours- Syllabus

- Mettre en œuvre des échantillons de composites hautes performances type aéronautique : fibre de carbone - matrice polyepoxy
- Effectuer le contrôle réception à partir d'une norme d'un matériau préimprégné (réalisation de coupon, essais physico-chimiques, essais mécanique, contrôle non destructif)
- Mettre en évidence l'influence de défauts (inclusions, pollutions, porosités, impacts, ...) sur les propriétés mécaniques finales du matériau

### Ouvrages de Référence

## Interaction Matériaux Biologie

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	0:00:00	Nom	G. Bertrand	Fonctionnalité et durabilité
Cours-TD	9:20:00			
TD	0:00:00	Pédagogie Active		Coefficient
TP	0:00:00	0		0,75
				Mode d'Evaluation
				Epreuve écrite unique UE1-UE2

### Connaissances et Capacités

Etre capable de reconnaître et de décrire les mécanismes de biodétérioration/biodégradation des matériaux.  
Proposer des solutions de prévention de la biodégradation.  
Savoir utiliser la biomécanique comme aide à la conception et à l'évaluation des biomatériaux.  
Savoir conduire une étude de cas.

### Contenu du cours- Syllabus

rappels des notions de biologie et de surfaces, notions sur les biofilms  
mécanismes de biodégradation des matériaux (alliages métalliques, béton et polymères), enjeux économiques et méthodes de prévention  
notions sur les biocapteurs : définition et exemples  
définition et introduction à la biomécanique (analyse du mouvement et estimation des forces)  
mécanique des tissus osseux (caractéristiques, mécanismes d'adaptation, influence des contraintes mécaniques)

### Ouvrages de Référence

Biodétérioration des matériaux, F. Fritz-Feugeas, A. Cornet, B. Tribollet, Eds Ellipses, Technosup, 2008  
Biodétérioration des matériaux, C. Lemaitre, N. Pébère, D. Festy, Eds EDP Sciences, 1998

## Adhésion et adhérence

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	0:00:00	Nom	M. Aufray	UE2-Fonctionnalité et durabilité
Cours-TD	9:20:00			
TD	0:00:00	Pédagogie Active		Coefficient
TP	0:00:00	0		0,75
				Mode d'Evaluation
				Epreuve écrite unique UE1-UE2

### Connaissances et Capacités

#### OBJECTIF :

Connaître les différentes théories de l'adhésion et un ou des exemples permettant de les appliquer. Savoir mesurer l'adhérence, et diagnostiquer un problème lié à l'adhérence

### Contenu du cours- Syllabus

- Définitions, adhésion, adhérence, Différents classements des adhésifs dont AMOP, AMOC et exemples d'applications industrielles
- Théorie de l'ancrage mécanique, théorie électrique, théorie de la diffusion, théorie thermodynamique, énergie de surface et tension superficielle des liquides et des polymères, théorie des couches de faible cohésion, théorie chimique
- Interface / Interphase, Rupture adhésive / cohésive, Initiation / Propagation de rupture, Les différents modes de rupture, test de Clivage, de Pelage, de Flexion, de Cisaillement, Autres tests
- Quelques exemples de polymérisation d'adhésifs : les poly-époxydes, les PU, le PMMA, les cyanoacrylates...
- Analyses uniaxiales, Théorie de Volkersen, Théorie de Demarkles, Théorie de Erdogan et Ratwani, Analyses biaxiales et Théorie de Goland et Reissner, Approches numériques et Utilisation des éléments finis

#### Secteurs d'application : Tous ceux des matériaux polymères...

- Énergie et environnement (batteries ion-polymères)
- Biomédical et santé (bio-polymères, adhésifs intelligents, prothèses...)
- Composites dans les transports (Automobile, aéronautique et spatial)
- Électronique, technologie de l'information et de la communication (OLED)
- Agro-alimentaire (analyse des graisses, températures de fusion/cristallisation)...

### • Ouvrages de Référence •

- Cognard, J. Science Et Technologie Du Collage, PPUR (2000) 322p.
- Cognard, P. Collage des matériaux : Caractéristiques, mise en œuvre des colles  
*Techniques de l'ingénieur*, 2008, BM 7 616, 1-20
- Cognard, P. Collage des matériaux : Applications

*Techniques de l'ingénieur, 2008, BM 7 617, 1-12*

- Cognard, P. Collage des matériaux : Mécanismes. Classification des colles *Techniques de l'ingénieur, 2008, BM 7 615, 1-20*
- Jacques Cognard, Science et technologie du collage, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2000, 322p.
- K. L. Mittal, Adhesion measurement of films and coatings, VSP, Utrecht, 1995, 456p.
- Évelyne Darque-Ceretti et Éric Felder, Adhésion et adhérence, Sc.et Techniques Ingénieur, CNRS Eds, 2003, 512p.
- Villenave JJ, Assemblage par collage, Dunod, 2005.
- Deterre R et Lestriez B, Introduction aux matériaux polymères, chapitre 5, Lavoisier Ted et Doc, 2016.

## Cycle de vie des matériaux

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	0:00:00	Nom	J. Huez	UE2-Fonctionnalité et durabilité
Cours-TD	8:00:00			
TD	0:00:00	Pédagogie Active		Coefficient
TP	0:00:00	100%		0,75
				Mode d'Evaluation
				Par les pairs + épreuve écrite unique UE1-UE2

### Connaissances et Capacités

A la fin de cette séance d'apprentissage, les étudiants seront capables de :

Connaitre le concept d'analyse de cycle de vie du « berceau à la tombe »	Utile
Comprendre les enjeux liés à la conception éco-responsable	Essentiel
D'évaluer un produit (système) en regard de ses impacts environnementaux et de ses enjeux socio-économiques.	Important
Cette séance faisant appel à l'évaluation par les pairs, il est à noter que les étudiants seront aussi capables de lire , décrire et modifier une grille critériée d'évaluation.	

### Contenu du cours- Syllabus

En entreprise, un ingénieur peut être amené à contribuer à la fabrication de pièces industrielles, soit en tant qu'ingénieur R et D, ou qu'ingénieur qualité, ou encore en tant que responsable de production par exemple. Il peut être aussi amené à travailler sur des systèmes industriels. Ces systèmes industriels et ces opérations de fabrication et d'usage de produits sont des sources de risques environnementaux mais aussi sur la santé humaine, et ce tout au long de leur cycle de vie, depuis l'extraction de la matière première jusqu'à leur gestion de fin de vie : consommation d'énergie et de matière première, production de déchets, de gaz, d'effluents etc...

Dans ce module, il est proposé aux étudiants des éléments de réflexion, des outils et des connaissances qui permettent de prendre en main la mise en œuvre d'une approche éco-responsable appliquée aux matériaux et aux systèmes industriels associés.

Les étudiants appréhenderont dans ce module la notion globale de bilan, d'économie circulaire, l'analyse de cycle de vie, la gestion de fin de vie, et les données socio-économiques afférentes.

Ce module, intégralement en pédagogie active, fait appel à 4 intervenants dont un industriel (J. Huez, C. Sablayrolles, M. Aufray et T. Espinosa (SAFRAN)). Les activités proposées se déroulent sur une journée, en groupe, autour de plateaux de jeu sur la perception du cycle de vie. L'évaluation des apprentissages se base essentiellement sur une évaluation par les pairs.

**Ouvrages de Référence**

Métallurgie, du minerai au matériau  
J. Philibert, A. Vignes, Y. Bréchet, P. Combrade  
Ed Masson, 1998

McGraw-Hill Recycling Handbook, 2nd Edition  
Herbert Lund

Analyse du cycle de vie ,  
O. Jolliet, M. Saadé, P. Crettaz  
Presses polytechn. Et univ. Romandes, 2005

## Conférences

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	0:00:00	Nom	C. Blanc, B. Caussat	UE2-Fonctionnalité et durabilité
Cours-TD	8:00:00			
TD	0:00:00	Pédagogie Active		Coefficient
TP	0:00:00	0		0,75
				Mode d'Evaluation
				Epreuve écrite unique UE1-UE2

### Connaissances et Capacités

- Connaissances : par le biais d'interventions de conférenciers issus du monde industriel, il s'agit de découvrir les activités et problématiques industrielles dans le domaine des matériaux appliqués à un large panel de secteurs d'activités (aéronautique, espace, nucléaire, pharmacie, photovoltaïque, ...).
- Capacités : Etre capable d'utiliser les connaissances et compétences acquises lors des enseignements pour comprendre des situation opérationnelles

### Contenu du cours- Syllabus

Intervention de personnalités du monde industriel et du monde académique sur des thématiques complémentaires à celles traitées dans le cadre des enseignements des deux parcours du pôle. Suivant les conférenciers, l'intervention peut détailler les axes suivants :

- Présentation de l'entreprise et de ses activités en production et/ou en recherche et développement
- Description des matériaux d'intérêt, des procédés mis en œuvre et des contraintes spécifiques au secteur d'activités visé
- Présentation d'exemples de sujets traités en R&D en interne ou par le biais de collaborations universitaires
- Questions/discussion avec les étudiants

### Ouvrages de Référence

## Calcul de structures par éléments finis

Volume Horaire	
Cours	0:00:00
Cours-TD	0:00:00
TD	0:00:00
TP	9:20:00

Responsable Pédagogique	
Nom	D. Poquillon

Unité d'Enseignement
UE2-Fonctionnalité et durabilité

Pédagogie Active
0

Coefficient
1

Mode d'Evaluation
Rapport écrit

### Connaissances et Capacités

Savoir utiliser un code éléments finis pour résoudre des problèmes de mécanique ou de thermique à plusieurs constituants, savoir résoudre un problème de thermomécanique

### Contenu du cours- Syllabus

Modéliser par éléments finis un problème de mécanique ou de thermique à plusieurs constituants  
Appréhender les conditions aux limites pertinentes  
Modéliser un problème couplé de thermomécanique

### Ouvrages de Référence

Eléments finis : aide-mémoire -- Alexandre Ern (Dunod 2015)  
Méthode des éléments finis : approche pratique en mécanique des structures -- Michel Cazenave (Dunod 2013)  
Documentation relative à Cast3M (<http://www-cast3m.cea.fr/index.php?xml=documentation>)

## Physique des composants électroniques et photovoltaïques

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	0:00:00	Nom	O. Debieu, J. Launay	Couches Minces et micro-systèmes
Cours-TD	9:20:00			
TD	0:00:00	Pédagogie Active		Coefficient
TP	0:00:00	0		0,6
				Mode d'Evaluation
				Oral

### Connaissances et Capacités

Savoir définir un semiconducteur et connaître ses propriétés électroniques. Savoir calculer les densités de porteurs et la conductivité d'un semiconducteur intrinsèque ou dopé. Savoir calculer les différents courants. Comprendre le fonctionnement d'une jonction PN dont certains composants qui fonctionnent sur ce principe (photodiode, cellule photovoltaïque, diode électroluminescente et diode laser). Connaître la structure MOS et comprendre ses régimes de fonctionnement.

### Contenu du cours- Syllabus

Mots-clés : Liaison dans les solides. Approximation de la liaison faible et approximation de la liaison forte. Structure cristalline du silicium. Structure électronique du silicium. Structure de bande des semiconducteurs. Dopages des semiconducteurs. Courants dans les semiconducteurs. Jonction PN. Transistor MOS.

### Ouvrages de Référence

## Procédés PECVD et gravures sèches

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	0:00:00	Nom	H. Caquineau	Couches Minces et micro-systèmes
Cours-TD	9:20:00			
TD	0:00:00	Pédagogie Active		Coefficient
TP	0:00:00	0		0,6
				Mode d'Evaluation
				Oral

### Connaissances et Capacités

Connaître les grands domaines d'applications des procédés assistés par plasma froid (hors équilibre thermodynamique) en lien avec les matériaux – Connaître leur spécificité en général et en particulier les spécificités des grandes classes de procédés – Avoir les outils de base pour comprendre le fonctionnement de ces réacteurs – Connaître les processus physico-chimiques mis en jeu dans ces procédés tant pour la gravure que pour les dépôts

### Contenu du cours- Syllabus

Présentation générale des procédés assistés par plasma froid – Notion de décharge électrique dans un gaz - Décharge continue - Décharges radiofréquence - Mécanismes réactionnels dans les plasmas - Procédés de dépôt assistés par plasma (PECVD) - Gravures sèches

### Ouvrages de Référence

- 1) Principles of Plasma Discharges and Materials Processing, 2nd Edition, Michael A. Lieberman, Alan J. Lichtenberg (Wiley)
- 2) Gas Discharge Physics, Raizer, Yuri P. (Springer)

## Technologies de fabrication de micro systèmes (MEMS)

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	0:00:00	Nom	J. LAUNAY	Couches Minces et micro-systèmes
Cours-TD	4:00:00			
TD	0:00:00	Pédagogie Active		Coefficient
TP	0:00:00	0		0,6
				Mode d'Evaluation
				Oral

### Connaissances et Capacités

Le cours "Technologie de fabrication des capteurs et des microsystèmes" souhaite donner les principes de développement industriel des capteurs et des microsystèmes.

Dans un premier temps, une présentation générale des applications "Capteurs" sera effectuée afin de s'intéresser ensuite plus complètement au développement et aux perspectives de recherche des capteurs électrochimiques (potentiométriques et ampérométriques). Cette première partie sera utilisée pour mettre en évidence les potentialités de la microélectronique pour le développement industriel des capteurs.

Dans un deuxième temps, l'apport et l'adaptation des microtechnologies pour la fabrication de microcapteurs intégrés seront ainsi étudiés. Des exemples concrets dans le cadre de l'électrochimie seront présentés afin de mettre en évidence les avantages, les inconvénients et les limitations de ces technologies de fabrication. Cette seconde partie permettra finalement d'ouvrir les potentialités d'applications des microtechnologies à la réalisation de microsystèmes pluridisciplinaires complexes et au concept de laboratoires sur puce.

### Contenu du cours- Syllabus

- 1) Développement industriel des capteurs
- 2) Utilisation des microtechnologies pour l'intégration des microcapteurs
  - a) Adaptation des outils de la microélectronique
  - b) Nouveaux développements technologiques
- 3) Exemples d'applications dans le cadre des microcapteurs chimiques
  - a) Capteurs de gaz conductimétriques
  - b) Capteurs ampérométriques

- c) Capteurs chimiques à effet de champ
  - d) Bio-piezo-MEMS
  - e) Capteurs à ondes acoustiques de surface SAW
- 4) Perspectives de recherche: développement de microsystèmes pluridisciplinaires
- 5) Conclusion

#### Ouvrages de Référence

## Génie de l'élaboration de couches minces en voie sèche et procédés-matériaux pour l'industrie photovoltaïque

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	0:00:00	Nom	B. Caussat	Couches Minces et micro-systèmes
Cours-TD	9:20:00			
TD	0:00:00	Pédagogie Active		Coefficient
TP	0:00:00	Analyse de publications et restitution orale		0,6
				Mode d'Evaluation
				Oral

### Connaissances et Capacités

Cet enseignement vise à délivrer des connaissances sur les procédés de dépôt de couches minces en voie sèche (essentiellement Chemical Vapor Deposition, Atomic Layer Deposition, Physical Vapor Deposition) et sur les procédés et matériaux d'intérêt pour fabriquer des cellules photovoltaïques. A l'issue de cet enseignement, les étudiants peuvent comprendre le principe de fonctionnement de ces technologies, ainsi que l'influence des paramètres opératoires sur les caractéristiques des matériaux formés pour les cas les plus connus. Pour la partie photovoltaïque, ils peuvent comprendre le principe de fonctionnement d'une cellule et ils sont au fait des dernières avancées concernant les procédés et matériaux d'intérêt et des verrous technologiques actuels.

### Contenu du cours- Syllabus

-Chapitre 1 : Présentation générale des technologies de dépôt de couches minces et de nanomatériaux

-Chapitre 2 : La CVD thermique, théorie et procédés industriels

-Chapitre 3 : Les technologies d'évaporation sous vide, théorie et procédés industriels

-Chapitre 4 : Les procédés et matériaux pour les cellules photovoltaïques

**Pour aller plus loin: Chapitres disponibles sur MOODLE**

-Quelques mots sur les technologies du vide

-Le dépôt de couches minces de semi-conducteurs

-Le dépôt de couches minces de conducteurs

- Le dépôt de couches minces d'isolants et de diélectriques
- Les couches minces pour l'optoélectronique et les fibres optiques
- Les couches minces anti-usure, anti-corrosion et pour applications nucléaires

#### Ouvrages de Référence

- Traitements de surface en phase vapeur, Lavoisier, Hermès Science, Paris, 2002.
- Handbook of Chemical Vapor Deposition : Principles, Technology and Applications, Second Edition, H. O. Pierson, Noyes Publication, 1999.
- Handbook of Thin Films Deposition Processes and Technologies, Second Edition, Noyes Publication, 2002.

## TP AIME Micro Technologie

Volume Horaire	
Cours	0:00:00
Cours-TD	0:00:00
TD	0:00:00
TP	28:00:00

Responsable Pédagogique	
Nom	H. Vergnes

Unité d'Enseignement
Couches Minces et micro-systèmes

Pédagogie Active
0

Coefficient
2

Mode d'Evaluation
Rapport

### Connaissances et Capacités

Sait manipuler les équipements dans lesquels sont mises en œuvre diverses techniques de dépôts (oxydation thermique, CVD, implantation ionique) ou de gravures (humides, sèches, RIE). Sait analyser les couches déposées en termes d'épaisseur (profilomètre, ellipsométrie). Sait utiliser un équipement de photolithographie.

Sait appliquer les connaissances acquises en technologies de fabrication de micro systèmes, caractérisation de couches minces et de génie de l'élaboration de couches minces en voies sèche.

### Contenu du cours- Syllabus

Fabrication de composants électroniques en salle blanche de l'AIME. Ce TP permet de réaliser des composants ainsi que des circuits intégrés de base, similaires à ceux commercialisés, à partir d'une plaquette vierge de silicium.

Utilisation des diverses techniques de micro-technologies présentées dans le parcours (oxydation thermique, CVD, implantation ionique, gravures humide et sèche, photolithographie, tests électriques, caractérisations des couches minces, ...)

### Ouvrages de Référence

## Polymères fonctionnels

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	0:00:00	Nom	R. Poli	Ingénierie des polymères
Cours-TD	9:20:00			
TD	0:00:00	Pédagogie Active		Coefficient
TP	0:00:00	Analyse et restitution orale de publications scientifiques		0,625
				Mode d'Evaluation
				Oral

### Connaissances et Capacités

Prérequis : Enseignements 1A et 2A : Chimie des Polymères, Physico-chimie des Polymères, Techniques et procédés de synthèse des polymères, TP Matériaux.

Connaissances et Capacités :

Savoir choisir la méthode de synthèse la plus adaptée pour la fabrication d'un polymère contenant la fonctionnalité recherchée. Savoir prévoir le comportement physico-chimique et l'auto-organisation à l'état massique et en solution en fonction de la composition et de la structure.

### Contenu du cours- Syllabus

Rappel de concepts de base sur la synthèse et l'auto-organisation des polymères.  
Méthodes de synthèse de copolymères à blocs et d'architectures plus complexes, greffage sur surfaces, matériaux hybrides  
Dendrimères  
Polyoléfines fonctionnalisées, stéréoblocs, polymérisation par navette de chaîne (chain shuttling)  
Polymères conducteurs

### Ouvrages de Référence

Articles de la bibliographie récente fournis avec le matériel pédagogique

## Parcours 3A Fonctionnalité Techniques d'Analyse des Polymères

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	0:00:00	Nom	V. Durrieu, N. Caussé	UE4 Ingénierie des Polymères
Cours-TD	9:20:00	Pédagogie Active		Coefficient
Travail personnel	2:40:00			
TP	0:00:00	1		0,5
Mode d'Evaluation				
Présentation orale				

### Connaissances et Capacités

Prérequis : Enseignements 1A et 2A : Chimie des Polymères, Physico-chimie des Polymères, Mise en œuvre des Polymères, TP Matériaux.

Connaissances et Capacités :

Décrire les techniques d'analyse de polymères présentées. Analyser des résultats expérimentaux. Justifier l'utilisation de ces techniques sur des cas pratiques, et mettre en évidence les relations structure-propriétés propres aux polymères.

### Contenu du cours- Syllabus

Séances 1 et 2 (N. Caussé) : Techniques d'analyse calorimétrique.  
Séances 3 (V. Durrieu) : Techniques de détermination des masses molaires, distribution des publications à étudier, présentation du travail attendu.  
Séance 4 (Travail personnel) : Etude des publications par groupe de travail.  
Séance 5 (V. Durrieu) : Etude des publications encadrée.  
Séance 6 (N. Caussé) : Etude des publications encadrée.  
Séance 7 (Travail personnel) : Préparation de la présentation orale.  
Séances 8 et 9 (V. Durrieu, N. Caussé) : Restitution du travail sous forme de présentation orale par groupe.

### Ouvrages de Référence

Thermal Analysis of Polymeric Materials, [Bernhard Wunderlich](#), Springer.

Chimie et physico-chimie des polymères, Michel Fontanille, Yves Gnanou, Dunod.

## Piles à combustible

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	0:00:00	Nom	F. Ansart	Ingénierie des polymères
Cours-TD	6:40:00			
TD	0:00:00	Pédagogie Active		Coefficient
TP	0:00:00	0		0,625
				Mode d'Evaluation
				Oral

### Connaissances et Capacités

- Comprendre les enjeux énergétiques actuels en tenant compte des différents aspects : scientifiques, économiques, géopolitiques, environnementaux, sociétaux, réglementaires,...
- Présenter les différentes formes de conversion de l'énergie.
- Maîtriser les éléments de bases de la conversion d'énergie primaire en énergie électrique en passant par le transport, le stockage et l'utilisation.
- Comprendre le principe de fonctionnement des piles à combustible
- Savoir identifier les principales familles de piles à combustible (PEMFC, AFC, MCFC, SOFC, ...), calculer les puissances délivrées et donner leurs caractéristiques
- Savoir positionner ces filières « pile à combustible » et leurs perspectives d'avenir dans les domaines du stationnaire et des transports en particulier

### Contenu du cours- Syllabus

Les systèmes de conversion de l'énergie sont introduits dans une première partie. Ensuite, l'hydrogène comme vecteur énergétique de demain et ses possibilités d'utilisations futures (téléphones portables, cogénération, véhicules automobiles,...) sont exposés, tout en mentionnant les difficultés éventuelles associées (coût de fabrication, sécurité, distribution,...).

Les différentes voies possibles pour produire, à plus ou moins long terme, de l'hydrogène en très grande quantité sont présentées, ainsi que l'élément technologique spécifique à la filière hydrogène que constitue la pile à combustible. L'historique, le présent et le futur à moyen terme des développements de piles à combustible sont présentés, ainsi que les verrous technologiques qui ralentissent encore son utilisation par le grand public. Des exemples précis de piles PEMFC et SOFC seront détaillés. En particulier, comment fabriquer une pile PEMFC ? SOFC ? Comment mettre en œuvre les céramiques d'une cellule élémentaire ? Quelles sont les contraintes (microstructure/porosité des électrodes, étanchéité de l'électrolyte, encombrement, exemple de calcul des puissances délivrées, ...) à respecter ? Quel est l'avenir de la filière hydrogène ?

### Ouvrages de Référence

La pile à combustible - 2e éd.- L'hydrogène et ses applications, Editions Dunod, de [Méziane Boudellal](#) (auteur)

Les piles à combustible, Editions Technip, de [Michel Prigent](#) (auteur)

## Vieillessement des polymères

Volume Horaire		Responsable Pédagogique		Unité d'Enseignement
Cours	0:00:00	Nom	M. Aufray	Ingénierie des polymères
Cours-TD	5:20:00			
TD	0:00:00	Pédagogie Active		Coefficient
TP	0:00:00	0		0,625
				Mode d'Evaluation
				Oral

### Connaissances et Capacités

#### OBJECTIF :

Comprendre et savoir analyser les différents types de vieillissement des polymères, leurs causes et leur conséquences sur les propriétés des matériaux.

### Contenu du cours- Syllabus

6. Différents types de vieillissement
7. Vieillessement physique des matériaux polymères : Vieillessement par relaxation structurale
8. Vieillessement physique des matériaux polymères : Vieillessement par absorption de solvants, migration d'adjuvants, et Fissuration sous contrainte en milieu tensioactif
9. Vieillessement chimique : Réactions de coupure statistique du squelette macromoléculaire
10. Vieillessement chimique : Réactions de dépolymérisation et de réticulation
11. Vieillessement chimique : Réactions au niveau des groupements latéraux et réactions d'oxydation
12. Vieillessement chimique : Processus contrôlés par la diffusion des réactifs

**Secteurs d'application** : Tous ceux des matériaux polymères...

- Énergie et environnement (batteries ion-polymères)
- Biomédical et santé (bio-polymères, adhésifs intelligents, prothèses...)
- Composites dans les transports (Automobile, aéronautique et spatial)
- Électronique, technologie de l'information et de la communication (OLED)
- ...

### Ouvrages de Référence

**OUVRAGES DE BASE :**

- J. Verdu, Différents types de vieillissement chimique des plastiques

*Techniques de l'ingénieur*, **2012**, AM 3 152, 1-14

- Fayolle, B. & Verdu, J. , Vieillissement physique des matériaux polymères

*Techniques de l'ingénieur*, **2012**, AM 3 150, 1-19

- J. Verdu, Vieillissement chimique des plastiques : aspects généraux

*Techniques de l'ingénieur*, **2012**, AM 3 151, 1-14

