Programme de la spécialité Matériaux par apprentissage.

Rentrée octobre 2021

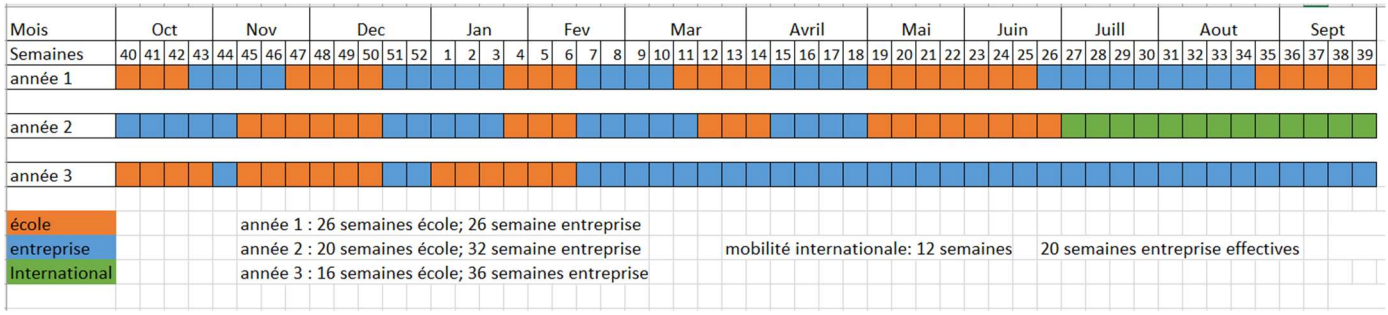
ECOLE SUPERIEURE D'INGENIEURS DE RENNES

UNIVERSITÉ DE RENNES 1

Ce document contient la description des différents enseignements (syllabus).

Le tableau ci-dessous est le calendrier de la formation : alternance de périodes école et de périodes entreprise sur les 3 années de la formation. Une mobilité à l'International (12 semaines) est également demandée.

Chaque année est organisée en 2 semestres, chaque semestre comprenant des périodes école et des périodes entreprise. Le semestre S10 (d'une durée supérieure à 6 mois) est uniquement une période en entreprise.



Semestre S5 : Octobre à début avril – 14 semaines école.

Unités d'Enseignements Matières	Responsable de l'enseignement	Evaluation par contrôle continu	Coef	Coef /Ects	Règles de Calcul donnant la note finale /20
		Nature - Forme		30	
UE 1-S5 - Sciences de l'ingénieur				**9 ECTS**	
ELEC - S5 : Electronique et Instrumentation	T. Guennoc	CC	2	-	S = CC
StaSol-S5 : Statique du solide	T. Guennoc	CC	1	-	S = CC
Maths-S5 : Mathématiques	T. Guennoc	CC	3	-	S = CC
PhysMat-S5 : Physique des matériaux 1	R. Lefort	CC	1	-	S = CC
UE 2-S5 - Chimie des matériaux				**10 ECTS**	
SM-S5 : Structure de la Matière	S. Chenu	CC	2	-	S = CC
COP-S5 : Chimie organique et polymères	E. Kirillov	CC	2		S = CC
BasElec-S5 : Bases de l'électrochimie	S. Chenu	CC	1	-	S = CC
Corr-S5 : Corrosion	A. Renaud	CC	1	-	S = CC
UE 3-S5 - Langues, Sciences Humaines et Sociales				**4 ECTS**	
LV1-S5 Anglais	F. Williams	CC	2	-	S = CC
COMM-S5 : Recherche documentaire & Environnement entreprise	D. Mahieu	CC	2	-	S = CC
MGT-S5 : partie 1	M. Duréault	CC	1	-	S = CC
UE 4-S5-PE1				**7 ECTS**	
PEnt1-S5 : Période entreprise 1	1 resp par alternant	PE *		-	S = PE

Proposition pour compétences à valider durant les périodes entreprise du S5 :

- Gestion de projets
- Utilisation de logiciels « entreprise »
- Veille technologique
- Mise en œuvre de matériaux

Semestre S6 : Début avril – fin septembre. 12 semaines école

Unités d'Enseignements Matières	Responsable de l'enseignement	Evaluation par contrôle continu	Coef	Coef /Ects	Règles de Calcul donnant la note finale /20
		Nature - Forme		**30**	
UE 1-S6 - Sciences de l'ingénieur et outils numériques				**8 ECTS**	
ConcepP – S6 : Conception des produits	T. Guennoc	CC	2	-	S = CC
ONum1-S6 : Initiation à l'algorithmique	T. Guennoc	CC	1	-	S = CC
UE 2-S6 - Sciences des matériaux				**8 ECTS**	
Therm-S6 : Thermodynamique	A. Renaud	CC	1	-	S = CC
RM-S6 : Résistance des matériaux	T. Guennoc	CC	2	-	S = CC
Mat1-S6 : Céramiques – verres – surfaces & interfaces	S. Chenu	CC	2	-	S - CC
UE 3-S6 - Langues, Sciences Humaines et Sociales				**6 ECTS**	
LV1-S6 Anglais	F. Williams	CC	2	-	S = CC
MGT-S6 : partie 2	M. Duréault	CC	1	-	S = CC
COMM-S6: Poste de travail & Santé et Sécurité	D. Mahieu	CC	2		S = CC
DD-S6 : Développement durable – ingénierie durable	N. Molinès	CC	2	-	S = CC
UE 4-S6-PE2				**8 ECTS**	
PEnt1-S6 : Période entreprise 2	1 resp par alternant	PE *	1	-	S = PE

Proposition pour compétences à valider durant les périodes entreprise du S6 :

- Gestion de projets incluant l'approche « client
- Outils numériques de l'entreprise
- Mise en œuvre des matériaux ; Caractérisation de leurs propriétés mécaniques

Semestre S7 : Octobre – Début avril. 12 semaines école

UE	Sigle ECUE	Intitulé ECUE
UE1-S7 Méthodes d'analyses des matériaux	TchCA-S5	Techniques de caractérisation
UE2-S7 Matériaux II	MA-S7	Métaux et alliages
UE3-S7 Physique des matériaux	PEDM-S7	Propriétés électriques, diélectriques et magnétiques
	POpt-S7	Propriétés optiques
UE4-S7 Outils numériques 2	ONum2-S7	Maîtrise des outils informatiques
UE5-S7 Langage, cultures internationales et outils généraux	LV1-S5	Anglais
	ComEnt-S7	Environnement communicationnel de l'entreprise – RSE
	Entrep-S7	Projet entrepreneurial
UE6-S7 Période entreprise 3	PEnt3-S7	Période entreprise 3

Proposition pour compétences à valider durant les périodes entreprise du S7 :

- Gestion de projets incluant l'approche « client
- Outils numériques de l'entreprise
- Conception de pièces incluant l'approche « client ».
- Mise en œuvre des matériaux ; Caractérisation de leurs propriétés générales : propriétés mécaniques et physico-chimiques

Semestre S8 : Début avril – fin septembre. 8 semaines école – 12 semaines de mobilité internationale

UE	Sigle ECUE	Intitulé ECUE
UE1-S8 Mécanique des matériaux	MMC-S8	Mécanique des milieux continus
UE2-S8 Matériaux III	Pol-S8	Polymères
	MatBio-S8	Matériaux bio-sourcés
	MatInnov-S8	Matériaux innovants
UE3-S8 Outils numériques 3	ONum3-S8	Programmation
UE4-S8 Langage, cultures internationales et outils généraux	LV1-S5	Anglais
	Entrep-S7	Projet entrepreneurial
UE5-S8 Période entreprise 4	PEnt4-S8	Période entreprise 4

Proposition pour compétences à valider durant les périodes entreprise du S8 :

- Gestion de projets incluant l'approche « client » et le Développement Durable
- Outils numériques de l'entreprise
- Conception de pièces incluant l'approche « client », l'ACV et les méthodes d'aide à la décision.
- Mise en œuvre des matériaux ; Caractérisation de leurs propriétés générales : propriétés mécaniques et physico-chimiques

Semestre S9 : Début octobre – mi-février. 16 semaines école

UE	Sigle ECUE	Intitulé ECUE
UE1-S9 Mécanique des matériaux	MEF-S9	Méthode des éléments finis
UE2-S9 Procédés et fabrication des produits	PFP-S9	Procédés et techniques de fabrication
	SimPF-S9	Simulation des procédés de fabrication
UE3-S9 Matériaux	ChoixM-S9	Choix des matériaux
	Comp-S9	Composites
UE4-S9 Tenue en service, contrôle des pièces	TSCP-S9	Tenue en service, contrôle des pièces
UE5-S9 Traitements des matériaux	TM-S9	Traitements des matériaux
UE6-S9 Langage, cultures internationales et outils généraux	LV1-S9	Anglais
	MGT2-S9	Management de la qualité
	GOD-S9	Gestion et organisation des données
	IIA-S9	Introduction à l'intelligence artificielle

Semestre S10 : Mi-février à fin septembre : période en entreprise.

Proposition pour compétences à valider durant les périodes entreprise de la 3ème année :

- Gestion de projets incluant l'approche « client » et le Développement Durable
- Responsabilité sociétale de l'entreprise
- Management des ressources humaines
- Outils numériques de l'entreprise, Initiation aux outils de l'intelligence artificielle
- Conception de pièces incluant l'approche « client », l'ACV et les méthodes d'aide à la décision, le choix des matériaux, des essais en fatigue….
- Mise en œuvre des matériaux ; Caractérisation de leurs propriétés générales : propriétés mécaniques et physico-chimiques

Syllabus
Semestre S5

Sigle-Semestre : ELEC-S5

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S5	Electronique & Instrumentation	10	18	18

- **Objectifs :** Il s'agit de donner à l'élève-ingénieur les bases en électronique, instrumentation et outils métrologiques indispensables à une formation d'ingénieurs. Ce module permettra à l'élève-ingénieur d'identifier et d'utiliser les capteurs industriels. Il lui permettra aussi d'acquérir des compétences en méthodes de contrôle d'échantillons et de pièces.

Pré-requis :

- Liste des modules prérequis : modules de la formation antérieure : DUT, BTS, L2 ou classes préparatoires.

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table
- Evaluation des comptes-rendus de TP

Contenu détaillé :

- Cours et TD :
  - Acquisition du vocabulaire de la métrologie : résolution, précision, étalonnage ;
  - Chaîne d'acquisition : signaux numériques, branchements électriques, échantillonnage, exploitation des mesures ;
  - Capteurs industriels : principe général, mesure de force, pression, débit, température, quantité de chaleur, déplacement, extensomètrie, accélération, …
  - Méthodes générales de contrôle : principes généraux, mesures destructives & non destructives, sélection en fonction des géométries et des matériaux, contrôle par ultrasons, courants de Foucault, thermométrie IR, …
  - Métrologie dimensionnelle : normalisation, métrologie mono-, bi- et tridimensionnelle.

- TP : ils mettront en pratique des cas concrets basés sur l'identification, l'étalonnage (si besoin) d'équipements de mesures et de contrôle :
  - Principe de l'équipement, mise en œuvre et mode opératoire ;
  - Limite d'utilisation ;

- Exploitation élémentaire des mesures et leur interprétation ;
- Application aux domaines de la mécanique des solides (machine de traction, flexion, ...) ; mécanique des fluides (viscosimétrie...) ; thermique (calorimétrie…) ; optique (spectrophotométrie, microscopie) ; électrique (multimètre) ; …

Compétences :

- Capacité à identifier, étalonner des appareils de mesure et de contrôle. Déterminer ses limites d'utilisation.
- Capacité à sélectionner et à mettre en œuvre différentes méthodes de contrôle.
- Capacité à préparer, puis à mesurer des échantillons et des pièces (précision et résolution associée).
- Capacité à exploiter les analyses et à les interpréter (exemples d'intérêt industriel)
- Capacité à identifier et à proposer une implantation de capteurs dans un milieu industriel.
- Acquérir le principe de la chaîne de mesure.

Sigle-Semestre : SdS-S5

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S5	Statique du solide	10	10	

- **Objectifs :** Il s'agit de donner à l'élève-ingénieur les bases en mécanique indispensables à une formation d'ingénieurs. Ce module permettra à l'élève-ingénieur d'identifier de modéliser un problème de mécanique, de mobiliser les connaissances mathématiques nécessaires à sa résolution. Ce module permettra aussi à l'élève ingénieur de déterminer les contraintes dans un solide de type poutre

Pré-requis :

- Liste des modules prérequis : modules de la formation antérieure : DUT, BTS, L2 ou classes préparatoires.
- Maths : opérations sur les vecteurs. Trigonométrie. Intégrales simples et doubles

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table

Contenu détaillé :

- Cours et TD :
  - Modélisation d'actions mécaniques et de liaisons entre solides ;
  - Utilisation de l'outil torseur des actions mécaniques extérieures ;
  - Fonctionnement avec et sans frottement
  - Détermination du degré d'hyperstatisme d'un mécanisme
  - Résolution d'un problème de statique avec ou sans frottement
  - Hypothèses de la résistance des matériaux (modèle poutre)
  - Torseur de cohésion
  - Contraintes dans le matériau (cas des sollicitations simples ou composées)

Compétences :

- Capacité à choisir un modèle mécanique en sachant expliquer le cadre d'emploi de ce modèle et ses limites.
- Capacité à résoudre un problème de statique du solide
- Capacité à déterminer les contraintes dans un solide de type poutre

Sigle-Semestre : Maths-S5

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S5	Mathématiques	20	40	

- **Objectifs :** Il s'agit de donner à l'élève-ingénieur les bases en mathématiques indispensables à sa formation d'ingénieurs. L'accent sera mis sur l'utilisation des mathématiques en s'appuyant sur des exemples variés issus des autres disciplines (mécanique, chimie, électronique, physique).

Pré-requis :

- Niveau de maths DUT SGM ou MP

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table – Devoirs maison

Contenu détaillé :

- <u>Cours et TD</u> :

  - Etudes de fonctions usuelles y compris fonctions trigonométriques; Domaines de définition ; Dérivées et intégrations ; Développements limités ; Différentielle d'une fonction.
  - Systèmes de coordonnées : coordonnées cartésiennes, polaires, sphériques, cylindriques ;
  - Produits scalaires, produits vectoriels, produits mixtes ;
  - Opérateurs vectoriels : gradient, rotationnel, divergence, …
  - Algèbre linéaire et calculs matriciels : déterminant, diagonalisation d'une matrice, transposée, vecteurs propres, valeurs propres, Changements de bases. Notions de tenseurs.
  - Séries et transformées de Fourier usuelles.
  - Equations différentielles, Ordre 1, ordre 2. Transformées de Laplace.
  - Nombres complexes

Compétences :

- Maîtriser les bases de l'outil mathématique
- Capacité à appliquer les mathématiques pour résoudre des problèmes variés.

Sigle-Semestre : PM-S6

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S6	Physique des Matériaux 1	12	12	0

Objectifs : Poser les bases théoriques nécessaires à la compréhension des propriétés électroniques et optiques des matériaux.

Pré-requis :

- Liste des UE prérequis :
  - S5 Sciences pour l'Ingénieur
  - S5 Chimie des Matériaux

Evaluation :

- Évaluation individuelle sur table
- Évaluation des comptes-rendus de TP

Contenu détaillé :

- Électrostatique : distribution de charges, champ et potentiel électrique. Application du théorème de Gauss sous forme intégrale dans des cas simples et de haute symétrie. Condensateurs plan et cylindrique. Dipôle électrostatique, polarisation macroscopique.
- Conductivité, résistivité des matériaux : Modèle classique de Drude. Mobilité des porteurs de charge. Application aux matériaux solides et aux solutions.
- Ordres de grandeur et exemples d'intérêt industriel.

Compétences :

- Capacité à appliquer les lois et grandeurs des modèles décrivant les propriétés électrostatiques des matériaux dans des cas simples.
- Développer une culture élémentaire des propriétés électriques des matériaux.

Sigle-Semestre : AtoCrist-S5

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S5	Structure de la matière	28	28	0

Objectifs :
Chimie quantique : Donner de bonnes bases en chimie quantique permettant de comprendre la structure électronique des atomes.

Cristallographie : Acquérir les notions de base de symétrie ponctuelle et de leur utilisation en science des matériaux ; acquérir les notions de base de cristallographie géométrique et de la construction des Tables Internationales de Cristallographie et de leur utilisation. Connaître et décrire les structures cristallines des principales familles de matériaux en lien avec les propriétés physico-chimiques associées.

Pré-requis :

- Liste des modules prérequis : Notions d'atomistique de niveau L1/L2, DUT1/DUT2 ou classe préparatoire (configuration électronique, structure de Lewis, règles de Klechkowski, principe d'exclusion de Pauli, règle de Hund, nombres quantiques…).

- Notions mathématiques : calculs matriciels ; produits scalaires, vectoriels et mixtes ; transformée de Fourier.

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table.

Contenu détaillé :

- Cours et TD chimie quantique (8h CM, 8h TD) :
    - Compléments de mécanique quantique. L'atome d'hydrogène et les Orbitales Atomiques (OA). Moment angulaire orbital. Les méthodes d'approximation (perturbations, variations). Les atomes polyélectroniques. L'approximation orbitalaire et la méthode empirique de Slater. Configuration électronique des atomes. Multiplets et états spectroscopiques (couplage LS). Application à la spectroscopie atomique. Effet Zeeman.

- Cours et TD cristallographie (12h CM, 12h TD) :
  - ✓ les réseaux directs et réciproques, notions de maille, de période et distance réticulaire, loi de Bragg ;
  - ✓ la symétrie d'orientation, opérateurs de symétrie, les 32 classes de symétrie, les 11 groupes de Laue ;
  - ✓ les systèmes cristallins et les réseaux de Bravais ;
  - ✓ la symétrie de position et les 230 groupes d'espace ; introduction aux Tables Internationales de Cristallographie.

- Cours et TD cristallochimie (8h CM, 8h TD) :
  - ✓ Organisation et systématique des structures : présentation des lacunes régulières tétraédriques, octaédriques formées à partir des descriptions d'empilements compacts, insertion d'atomes ou d'ions dans ces sites interstitiels et description structurale sous forme polyédriques ; généralisation et description de structures type et mise en évidence des relations et filiations entre structures cristallines
  - ✓ descriptions en chaînes, en couches et 3D de structures types ;
  - ✓ Transitions de phases et transformations de différentes structures ;
  - ✓ Relations entre structures cristallines et propriétés physico-chimiques des matériaux (ex. jauges à oxygène, matériaux semi-conducteurs, supraconducteurs, conducteurs ioniques…).

Compétences :

- Etude théorique d'atomes polyélectroniques (équation de Schrödinger, opérateur hamiltonien, déterminant de Slater, spectroscopie atomique).

- A l'issue de ce module d'enseignement l'élève ingénieur maîtrisera les principes de la cristallographie, en particulier il aura acquis au bilan une vision générale des structures des matériaux cristallisées et de l'organisation des matériaux en groupes de symétrie. Il comprendra les relations de symétrie qui lient les atomes entre eux dans une structure.

Sigle-Semestre : OrgaPol-S5

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S5	**Chimie organique et polymères**	**20**	**20**	**16**

Objectifs :
Les objectifs de ce cours sont de donner aux étudiants des notions de base indispensables à la compréhension de l'élaboration de polymères organiques (réactivité des molécules organiques, stéréochimie, méthodes spectrométriques et spectroscopiques d'analyse) et les outils nécessaires à la compréhension des propriétés des polymères et l'importance des matières plastiques dans divers secteurs industriels.

Pré-requis :

- Programmes de chimie organique abordé en L1/L2 ou DUT1/DUT2.

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table
- Comptes-rendus de TP

Contenu détaillé :

Cours et TD :
Chimie Organique (12h CM, 12hTD)
o Les différents groupements fonctionnels et leur nomenclature.
o Les différents types de réactions (addition, substitution, élimination) et de réactifs (nucléophile, électrophile, radical).
o Identification des produits organiques par RMN, IR, UV-visible, spectrométrie de masse, analyse centésimale. Détermination de structure.
o Notions sur la substitution nucléophile (SN1 et SN2) et les réactions d'élimination (E1 et E2).
o La substitution électrophile aromatique (SEAr).
o Les réactions d'addition sur la double liaison carbone-carbone.
o La réactivité de la fonction carbonyle.

Polymères : (8h CM, 8hTD)
- Polymères (intérêt, structure, classification, statistique) ;

- Cinétique de polymérisation : - polymérisation en chaîne (radicalaire, ionique)- polymère de condensation ;
- Les polymères de base et leur mise en oeuvre : polymères thermoplastiques [d'addition (PE, PP, PS, PVC, PMMA, PAN), de condensation (polyesters, polyamides, PUR, silicones], polymères thermodurcissables [résines (polyesters, époxydes)], élastomères ;
- Vieillissement des matériaux polymères (physique, chimique) ;
- Polymères biosourcés.

TP (16h):

1) Réaction de Polymérisation par addition

- polymérisation radicalaire du styrène

- polymérisation cationique du styrène

2) Détermination de la masse moléculaire des polymères formés par chromatographie sur couche mince

3) Recyclage d'un polymère (nylon)

4) Préparation d'un composite

5) Synthèse d'un Polyamide par condensation

⇔ Préparation d'un polyamide : le Nylon 6-6

6) Polymérisation/Dépolymérisation du PMMA

7) Synthèse d'un polyester par polycondensation : étude cinétique et mesure de masse molaire par dosage

8) Caractérisation de différents polymères

1. Essai à la flamme
2. Essai aux solvants
3. Analyse FT-IR
4. Analyse RMN ^{1}H

9) Détermination de la masse moléculaire du poly(alcool vinylique) par viscosimétrie.

Compétences :

- Maîtriser les notions de base de la chimie organique qui interviennent dans la synthèse et l'étude de polymères. Mise en oeuvre d'une synthèse d'après un mode opératoire, extraire, identifier et purifier les produits de la réaction.
- Maîtriser les notions de base sur polymères et leurs différentes méthodes de synthèse, d'analyse et de mise en forme, ainsi que leurs propriétés.

Sigle-Semestre Elect-S5

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S5	Electrochimie	10	10	9

Objectifs : Acquérir les bases de l'électrochimie afin de l'utiliser comme un outil de synthèse, mise en forme et caractérisation des matériaux.

Pré-requis :

- Notions de potentiel et d'oxydoréduction : niveaux L1/L2 ou DUT/DUT2

Evaluation :

- Evaluations individuelles sur table,
- Comptes-rendus de TP

Contenu détaillé :

- Cours-TD (10h CM, 10h TD) : Le contenu du cours sera divisé en deux parties.

    1- Généralités
    2- Notion de potentiel : potentiel électrochimique, interface électrode/solution, modèle de la double couche électrochimique
    3- Relation entre le courant et le potentiel : polarisation, cinétique électrochimique, effet du potentiel et barrière d'énergie, relation de Volmer-Butler
    4- Importance de la relation de Volmer-Butler : courant d'échange, surtension, courbes de Tafel
    5- Transport de matière : migration, diffusion, analyses électrochimiques (électrode stationnaire, électrode à disque tournant).

- TP (9h) : Les TP d'électrochimie permettront d'illustrer certaines notions vues en cours (tracé des courbes intensité-potentiel, méthodes d'analyses, techniques de synthèse/traitement de surface) à travers plusieurs manipulations autour : des batteries redox flow, l'électrolyse (H_2/O_2)

Compétences :

A l'issue de cet enseignement les élèves doivent maîtriser les bases de l'électrochimie et s'en servir comme un outil pour la synthèse et la caractérisation des matériaux, c'est-à-dire :

- Savoir définir un système redox dans les contextes différents, savoir décrire et analyser ses paramètres électrochimiques. Pouvoir faire les prévisions sur la possibilité, la direction d'un processus électrochimique et sur sa vitesse.
- Pouvoir interpréter les données électrochimiques primaires : les courbes de polarisation obtenues par les méthodes potentiostatiques et potentiodynamiques (voltamperométrie linéaire et cyclique).

Sigle-Semestre : CO-S5

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S5	Electrochimie Corrosion	10	8	8

Objectifs : Connaître les principes et les méthodes d'étude et de prévention de la corrosion des métaux et alliages

Pré-requis :

- Niveau L1/L2, DUT1/DUT2: notions de base de chimie des solutions
- S5 : Chimie des solutions-électrochimie

Evaluation :

- Evaluations individuelles sur table
- Comptes-rendus de TP

Contenu détaillé :

- Cours (10h CM) :
    - 1) Introduction sur l'importance technique et économique de la corrosion.
    - 2) Rappels de chimie redox, potentiels standards, demi équation redox, équation de Nernst, réaction redox, constante d'équilibre, obtention des métaux par réduction des minerais, corrosion des métaux par des oxydants (principalement l'oxygène et l'eau sur Terre).
    - 3) Aspects thermodynamiques : influence du pH, de la précipitation et de la complexation sur les potentiels standards de certains couples redox et sur la thermodynamique de la réaction de corrosion.
    - 4) Interprétation électrochimique de la corrosion : études de différentes piles de corrosion (piles avec métaux différents, piles de concentration, piles de température).
    - 5) Exposé de différent types de corrosion : corrosion uniforme, par piqûre, inter-granulaire, sélective, sous tension.
    - 6) Aspects cinétiques de la corrosion : courant d'échange (équations de Butler-Volmer) et vitesse du phénomène de corrosion. Détermination du courant de corrosion par les équations de Tafel et le diagramme d'Evans.
    - 7) Méthodes de prévention de la corrosion : dimensionnement des installations, protection anodique (passivation) ou cathodique.

- TD (8h TD) :
    - 1) Exercices sur l'influence du pH (couples redox de l'eau et de l'oxygène), de la précipitation (oxydation de l'argent en présence d'halogénures), de la complexation (dissolution de l'or ou du platine dans l'eau régale).
    - 2) Etude et interprétation de différentes piles de corrosion : piles à métaux dissemblables (exemple du ballon d'eau chaude fer-cuivre), pile d'Evans (aération différentielle).
    - 3) Détermination de courants de corrosion à partir de courbes intensité potentiels.

- TP (8h):
    - 1) Enregistrement de courbes intensité potentiel et détermination de surtension de dégagement d'hydrogène ou de réduction de l'oxygène sur différents métaux (Pt, Au, Cu, Ag, Fe, Ni).
    - 2) Détermination du courant de corrosion à partir des courbes enregistrées sur potentiostats pour Cu, Ag, Fe, Ni, Zn.
    - 3) Réalisation de piles de corrosion avec métaux purs ou dissemblables en présence d'indicateurs colorés pour identifier les zones anodiques et cathodiques. Interprétation à l'aide des surtensions anodiques et cathodique.
    - 4) Etude de l'oxydation de l'argent en présence d'halogénures à l'aide d'enregistrement de courbes intensité potentiel.
    - 5) Phénomène de passivation étudié électrochimiquement (fer, nickel, argent) ou chimiquement (fer).
    - 6) Expériences sur la pureté d'un métal et d'un oxydant : cas de l'oxydation du zinc pur dans l'acide pur avec ou sans ajout d'impuretés (cuivre).
    - 7) Influence du pH sur la thermodynamique et la cinétique de réaction d'oxydation de métaux.
    - 8) Détermination des conditions et mise en œuvre de la protection anodique et/ou cathodique de certains métaux.

Compétences :

- Interpréter les phénomènes de corrosion à l'aide de la chimie redox et des piles électrochimiques.
- Connaître les principaux types de corrosion et identifier leurs causes.
- Pouvoir empêcher ou ralentir les phénomènes de corrosion.

ANG-S5 : Anglais

Objectifs :

L'objectif du cours d'anglais est de ***consolider*** et ***développer*** /es compétences qui permettront d'atteindre en 3ème année, le **niveau B2** du Cadre Européen des Langues. (certifications CLES et TOEIC en 3ème année).
Méthodologie : présentations orales /interactions orales /les différents types d'écrit/ compréhension orale (documents audio et vidéo)
Présentation des deux certifications proposées par l'école : CLES 2 + TOEIC
Rappels des bases lexicales et grammaticales – Anglais général + introduction à l'Anglais de spécialité

Volume horaire :

- CM : 0h, TD : 30h TP : 0h

Pré-requis :

- Niveau B1 (utilisateur indépendant)

Evaluation :

- Contrôle continu

Contenu détaillé :

- Parler/décrire/détailler son environnement universitaire (cursus-matières-spécialités)
- Parler/envisager la mobilité (CV-lettre de motivation – l'entretien d'embauche)
- Le métier d'Ingénieur
- L'Entreprise et son organisation
- Conduire, participer à une réunion
- Décrire un produit, un process
- Travail sur les fiches thématiques du TOEIC (vocabulaire/grammaire/audio)
- Travail hebdomadaire sur la presse étrangère en lien avec l'actualité.

Compétences :

- Le cadre reste celui ***d'une langue généraliste***, qui doit permettre l'usage de l'anglais dans un contexte professionnel au sens large.
- Travail visant à développer des stratégies qui permettront de :
    - Classer et hiérarchiser des informations à partir de documents authentiques.
    - Repérer la structure des documents, l'enchaînement et l'articulation des idées et des points de vue.
    - Communiquer et transmettre des informations à l'oral. L'expression orale se fera sous forme de jeux de rôles, débats, présentation...
- Produire et rédiger des textes courts dans lesquels vous devrez donner votre opinion, résumer un article, faire une synthèse ou un compte-rendu de débat.

	SEM.05 **Analyser son environnement professionnel**	**SEM.06** **Analyser son poste de travail et ses missions techniques**
Contexte pédagogique	Préparer les élèves-ingénieurs à la rédaction de leur rapport d'intégration en entreprise/découverte de l'organisation d'accueil	Accompagner les élèves-ingénieurs à la prise de poste au sein de leur organisation d'accueil
Compétences visées	- mettre en œuvre une stratégie efficiente de recherche documentaire - rédiger un état de l'art selon la norme IEEE - organiser les informations managériales pertinentes sur un support visuel - préparer son intégration en entreprise, sa connaissance de l'organisation et de son environnement de travail - connaître quelques outils théoriques en management des organisations	- comprendre son rôle dans l'équipe, au sein de l'organisation d'accueil - analyser une situation de travail - analyser les risques psycho-sociaux liés a son poste de travail, à l'organisation d'accueil - préparer son intégration en entreprise, sa connaissance de l'organisation et de son environnement de travail - connaître quelques outils théoriques en management des Ressources Humaines - être force de proposition managériale en matière de SST
Partie 1	**Organiser sa recherche documentaire sur son entreprise d'accueil (8h00)** Formation aux outils de recherche documentaire (Klaxoon) avec une pédagogie en e-learning Découverte et prise en main de Zotero pour la rédaction d'état de l'art, gestion des données bibliographiques CC1 – Questionnaire sous forme de mission sous Klaxoon sur le	**Comprendre son rôle au sein de l'équipe, service et entreprise d'accueil (8h00)** Sur la base d'un template de profil de poste (outil de management RH), les élèves-ingénieurs devront amorcer une réflexion sur les compétences détenues, celles développées au sein de l'organisation d'accueil sur leur poste de travail. Ils devront ainsi appréhender le concept de compétences (savoir, savoir-faire, savoir-être, savoir évoluer) en corrélation avec les autres membres de

	processus de recherche documentaire, l'utilisation des base de données, la fiabilité des sources bibliographiques	leur entité de travail (concept d'interdépendance des postes) CC1 – Réaliser son profil de poste individuellement sous forme de grille d'analyse de compétences
Partie 2	**Analyser le macro-environnement de son entreprise d'accueil (8h00)** Sur le modèle du PESTEL (outil de management stratégique des organisations), réaliser un diagnostique de l'environnement de l'environnement de l'entreprise d'accueil sur la base d'une recherche documentaire (Europresse notamment) CC2 – Réaliser une affiche, de type poster ou charte agile, de présentation des informations du macro-environnement (permettra d'alimenter le rapport de fin de semestre)	**Analyser factuellement son poste de travail (8h00)** Sur la base de la grille ITAMAMI, les élèves-ingénieurs devront analyser les risques liés à leur poste de travail (risque individuel, intrinsèques, extrinsèques) et amorcer une stratégie d'amélioration continue en matière de santé et sécurité du travail, en tenant compte des obligations du Code du Travail. CC2 – Réaliser l'analyse factuelle sur le modèle de la grille d'analyse ITAMAMI
Partie 3	**Analyser le micro-environnement de son entreprise d'accueil (8h00)** Sur la base du modèle de SCHEIN (outil de management culturel des organisations), réaliser un diagnostique des facteurs culturels de l'entreprise (valeurs, rites, mythes, multiculturels, …) CC3 – Réaliser une affiche, de type poster ou charte agile, de présentation des informations du micro-environnement (alimentant le rapport de fin de semestre)	**Analyser les Risques Psycho-sociaux de son poste de travail (8h00)** A partir de l'outil RPS-DU (outil RH destiné à l'évaluation des risques psycho-sociaux au sein des organisations), les élèves-ingénieurs devront analyser les potentiels RPS liés à leur poste de travail et proposer une stratégie d'amélioration continue. CC3 – Réalisation d'une présentation orale (permet de préparer les élèves-ingénieurs à la soutenance de fin de semestre)

Syllabus
Semestre S6

Sigle-Semestre : CP1-S6

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S6	Conception des produits 1	10	18	36 +18projet

- **Objectifs :** Il s'agit de donner à l'élève-ingénieur les bases lui permettant de rédiger un cahier des charges fonctionnel puis de concevoir un système simple

Pré-requis :

- Liste des modules prérequis : Mise à niveau mécanique (S5)

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table et Projet de groupe

Contenu détaillé :

- Cours et TD :
  - notion d'analyse de la valeur et mise en place d'une analyse fonctionnelle pour rédiger un cahier des charges fonctionnel ;
  - culture technologique sur les solutions constructives usuelles
  - interprétation du contenu d'un plan d'ensemble ou de définition d'une pièce mécanique;
  - interprétation et définition de tolérances géométriques pour les assemblages

- TP :
  - réalisation d'une maquette numérique respectant le cahier des charges fonctionnel sur un logiciel de CAO (pièces et ensembles mécaniques simples);
  - choix d'une solution technologique usuelle
  - réalisation des dessins de définition cotés

- Projet :
  - A partir d'un cahier d'un cahier des charges fonctionnel, un groupe d'élèves ingénieur devra concevoir un système en donnant les éléments de dimensionnement.

Compétences :

- Capacité à traduire le besoin d'un client en cahier des charges fonctionnel.
- Capacité à traduire un cahier des charges fonctionnel en pré-étude puis en maquette numérique.

- Capacité à réaliser les dessins de définitions nécessaires à la réalisation d’une ou plusieurs pièces

Sigle-Semestre : ALGO-S6 (Algorithmique)

Objectifs :

A l'issue de cet enseignement, l'étudiant devra être capable de :

- Analyser le comportement de programmes simples utilisant les fondamentaux (variables, expressions, affectations, E/S, structure de contrôle, fonctions)
- Modifier et compléter des programmes courts
- Créer des algorithmes résolvant des problèmes simples, les implémenter en Python, les tester et les déboguer
- Décomposer un programme en éléments de plus petite taille
- Décrire le concept de récursion et donner des exemples d'utilisation

Volume horaire : 44h

- CM : 12h, TD : 12h TP : 20h

Pré-requis :

Aucun

Evaluation :

- Contrôle continu

Contenu détaillé :

- Algorithmes et conception
  - Syntaxe élémentaire du langage Python / Variables et types primitifs
  - Expressions et affectations / Entrées-sorties simples
  - Structures de contrôle
  - Fonctions et paramètres
  - Notion de récursion
- Concepts fondamentaux de la programmation
  - Concept d'algorithme
  - Types d'erreur (syntaxique, logique, d'exécution)
  - Compréhension des programmes
  - Algorithmes numériques simples (moyenne, min, max d'une liste,...), pgcd,...
  - Stratégies de résolution de problèmes :
  - Fonctions mathématiques itératives
  - Parcours itératif de structures de données (listes, tableaux)
  - Principes fondamentaux de conception : décomposition de programmes

Compétences :

Créer, analyser et modifier des algorithmes simples

Sigle-Semestre : Thermo-S6

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S6	**Thermodynamique**	**10**	**18**	**0**

Objectifs : Il s'agit de rendre autonome l'élève-ingénieur dans la maîtrise des notions et outils associés à la thermodynamique. Cette approche scientifique des grandeurs et mesures thermodynamiques (associées aux transitions de phases et aux diagrammes binaires et ternaires par exemple) servira à l'identification des phases de matériaux ou aux indices de performance de ces matériaux en fonction de la température.

Pré-requis :

- Liste des modules prérequis :
  - S5 Sciences pour l'Ingénieur
  - S5 Chimie des Matériaux

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table

Contenu détaillé :

- Cours et TD :
  - Généralités ; Premier Principe ; Deuxième principe ;
  - Energie interne, quantité de chaleur et travail ; Entropie ; Enthalpie ; Enthalpie libre ; Energie libre ;
  - Potentiel chimique ; Corps pur ; Equilibre entre phases ; Transitions de phase ; Diagrammes d'état ; Diagrammes d'Ellingham ;
  - Equilibre chimique ; Constante d'équilibre ; Etat d'équilibre et déplacement d'un système à l'équilibre (variance et influence des paramètres externes) ; Affinité chimique ;
  - Diagrammes binaires et ternaires (Diagramme à miscibilité totale, partielle ou nulle ; Phases intermédiaires ; Etablir et lire un diagramme ; Analyse thermique) ;
  - Transformation ordre-désordre ;
  - Exemples d'intérêt industriel ;

Compétences :

- Capacité à appréhender théoriquement les équilibres chimiques, les conditions d'équilibre et leurs déplacements, et les échanges thermiques associés.
- Capacité à établir et à lire les diagrammes binaires et ternaires : identifier les phases et appréhender la structure des matériaux.

Sigle-Semestre : RdM-S6

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S6	Résistance des matériaux	10	10	18

- **Objectifs :** Ce module permettra à l'élève-ingénieur de connaître les différents comportements des matériaux, leur modélisation ainsi que les techniques expérimentales (moyens d'essais et instrumentation) permettant d'identifier les différents paramètres caractérisant le comportement des matériaux. Les approches théoriques et expérimentales se feront dans le cadre de la théorie des poutres droites.

Pré-requis :

- Liste des modules prérequis : S5 statique du solide et S6- Matériaux 1 « verres/céramiques ».

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table et par binôme en TP.

Contenu détaillé :
Les matériaux sont tous élasto-visco-plastiques, c'est une question de temps et de température.

- Cours et TD :
  - Champ de déformation et de contrainte en théorie des poutres droites
  - Comportement des matériaux (lois 1D):
    - élasticité linéaire/non linéaire,
    - plasticité (parfaite, écrouissage),
    - viscosité (modèle Kelvin-Voigt, Maxwell).

- TP :
  - Essai de traction avec mesures de déformations par extensomètres et/ou vidéo ;
  - Essais de flexion 3 et 4 points ;
  - Essais de torsion
  - Essais de dureté et micro-dureté ;
  - Essais de fluage ;

Compétences :

- Capacité à choisir un essai de caractérisation mécanique ;

- Capacité à mettre en œuvre un moyen de caractérisation mécanique en suivant une norme ;
- Capacité à analyser et à calculer les résultats standards normalisés ;
- Capacité à rédiger un rapport d’essai.

Sigle-Semestre : VC-S6

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S6	Verres et Céramiques	12	20	18

Objectifs : L'objectif de ce module est d'apporter des connaissances sur la structure, les propriétés, les techniques de mise en forme et les applications spécifiques des matériaux verres et céramiques. Dans une approche multi-échelle structures-propriétés-applications, l'accent sera mis sur l'originalité et l'étendue des processus industriels d'élaboration des poudres et de densification et leurs impacts sur les performances de ces matériaux inorganiques. Des études de cas (publications et brevets récents) seront réalisés en travaux dirigés et des manipulations (synthèse de précurseurs inorganiques, mise en forme de pièces céramiques, préparation de verres, caractérisations optiques, thermiques, mécaniques ou structurales) seront réalisées en travaux pratiques.

Pré-requis :

- Liste des modules prérequis : S5 Chimie des matériaux ; S6 Essais mécaniques)

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table
- compte-rendus de TP

Contenu détaillé :

- Cours :
    - 1- Introduction - Originalités des matériaux Verres et Céramiques
      Comment passer d'une poudre technique à une pièce finie
      Situation du marché
      2- Céramiques traditionnelles
      Histoire et héritages technologiques // Classifications // Extraction, préparation et qualification des produits minéraux // Techniques de mise en forme
      3- Céramiques techniques
      Classifications // Technologies des poudres // Mises en forme et technologies de densification // Outils spécifiques de caractérisations // Exemples (Céramiques oxydes et non oxydes pour applications dielectriques // Céramiques transparentes pour application ballistiques)
      4- Verres
      Approche structurales et températures caractéristiques // Verres d'oxydes (compositions, techniques d'élaborations, outils d'analyse spécifiques) //

Verres spéciaux (focus sur les techniques de fibrage et les propriétés optiques de fibres originales)

- TD : Etude de publications et de brevets récents (Anglais)

- TP :
    - Programme détaillé des TP
      Synthèse, mise en forme et analyse thermique de verres d'oxydes
      Etude d'une Zircone stabilisée
      Densification à basse température d'un Molybdate et analyse MEB
      Elaboration d'une barbotine et coulage en moule poreux (mesures de viscosité et de densité post cuisson)
      Etude de l'influence d'un ajout de frittage sur les performances mécaniques d'une céramique oxyde
      Emaillage d'une pièce céramique (mesures colorimétriques et rugosité)

Compétences :

- Capacité à analyser un bloc diagramme d'élaboration d'une pièce inorganique en comprenant le rôle et l'impact de chaque étape
- Evaluation des performances (optiques, mécanique, thermiques) de pièces en verres et/ou céramiques
- Choix des matériaux et capacité à proposer, discuter et mettre en œuvre une voie d'élaboration d'une pièce en verre et/ou céramique
- Anglais scientifique et technologique spécifique à ce domaine

ANG-S6 : Anglais

Objectifs :

L'objectif du cours d'anglais est de ***consolider*** et ***développer*** *l*es compétences qui permettront d'atteindre en 3ème année, le **niveau B2** du Cadre Européen des Langues. (certifications CLES et TOEIC en 3ème année).
Méthodologie : présentations orales /interactions orales /les différents types d'écrit/ compréhension orale (documents audio et vidéo)
Présentation des deux certifications proposées par l'école : CLES 2 + TOEIC
Rappels des bases lexicales et grammaticales – Anglais général + introduction à l'Anglais de spécialité

Volume horaire :

- CM : 0h, TD : 30h TP : 0h

Pré-requis :

- Niveau B1 (utilisateur indépendant)

Evaluation :

- Contrôle continu

Contenu détaillé :

- Parler/décrire/détailler son environnement universitaire (cursus-matières-spécialités)
- Parler/envisager la mobilité (CV-lettre de motivation – l'entretien d'embauche)
- Le métier d'Ingénieur
- L'Entreprise et son organisation
- Conduire, participer à une réunion
- Décrire un produit, un process
- Travail sur les fiches thématiques du TOEIC (vocabulaire/grammaire/audio)
- Travail hebdomadaire sur la presse étrangère en lien avec l'actualité.

Compétences :

- Le cadre reste celui ***d'une langue généraliste***, qui doit permettre l'usage de l'anglais dans un contexte professionnel au sens large.
- Travail visant à développer des stratégies qui permettront de :
    - Classer et hiérarchiser des informations à partir de documents authentiques.
    - Repérer la structure des documents, l'enchaînement et l'articulation des idées et des points de vue.
    - Communiquer et transmettre des informations à l'oral. L'expression orale se fera sous forme de jeux de rôles, débats, présentation...
- Produire et rédiger des textes courts dans lesquels vous devrez donner votre opinion, résumer un article, faire une synthèse ou un compte-rendu de débat.

MRH-S6: Management et RH

Objectifs :

L'objectif de ce cours est de fournir quelques éléments de base en management de projet et d'aborder le management des ressources humaines.

Pré-requis :

- Aucun

Evaluation :

- Contrôle continu

Contenu détaillé :

- Management de projet
  - Méthodologie de conduite de projet
  - Management du projet : Organisation, planification, composition et animation de l'équipe
  - Anticipation et gestion des résistances
  - Présentation des outils d'aide à la décision.
- Management des Ressources Humaines
  - Intégration du salarié dans le groupe
  - Communication dans l'équipe projet
  - Gestion du conflit et du changement. Problème du leadership.

Cela s'effectue à travers la mise en place de situations pour se connaître soi, connaître les autres, se focaliser sur le « où nous pouvons aller ».

Compétences :

Dans la réalisation d'un projet :

Connaître ses préférences de fonctionnement en termes d'état d'esprit et de style comportemental pour mieux s'adapter aux besoins du contexte.

Optimiser l'adaptabilité d'une équipe en augmentant la sécurité psychologique, l'acceptation et la prise de conscience de chacun des membres.

	SEM.05 **Analyser son environnement professionnel**	**SEM.06** **Analyser son poste de travail et ses missions techniques**
Contexte pédagogique	Préparer les élèves-ingénieurs à la rédaction de leur rapport d'intégration en entreprise/découverte de l'organisation d'accueil	Accompagner les élèves-ingénieurs à la prise de poste au sein de leur organisation d'accueil
Compétences visées	- mettre en œuvre une stratégie efficiente de recherche documentaire - rédiger un état de l'art selon la norme IEEE - organiser les informations managériales pertinentes sur un support visuel - préparer son intégration en entreprise, sa connaissance de l'organisation et de son environnement de travail - connaître quelques outils théoriques en management des organisations	- comprendre son rôle dans l'équipe, au sein de l'organisation d'accueil - analyser une situation de travail - analyser les risques psycho-sociaux liés a son poste de travail, à l'organisation d'accueil - préparer son intégration en entreprise, sa connaissance de l'organisation et de son environnement de travail - connaître quelques outils théoriques en management des Ressources Humaines - être force de proposition managériale en matière de SST
Partie 1	**Organiser sa recherche documentaire sur son entreprise d'accueil (8h00)** Formation aux outils de recherche documentaire (Klaxoon) avec une pédagogie en e-learning Découverte et prise en main de Zotero pour la rédaction d'état de l'art, gestion des données bibliographiques CC1 – Questionnaire sous forme de mission sous Klaxoon sur le	**Comprendre son rôle au sein de l'équipe, service et entreprise d'accueil (8h00)** Sur la base d'un template de profil de poste (outil de management RH), les élèves-ingénieurs devront amorcer une réflexion sur les compétences détenues, celles développées au sein de l'organisation d'accueil sur leur poste de travail. Ils devront ainsi appréhender le concept de compétences (savoir, savoir-faire, savoir-être, savoir évoluer) en corrélation avec les autres membres de

	processus de recherche documentaire, l'utilisation des base de données, la fiabilité des sources bibliographiques	leur entité de travail (concept d'interdépendance des postes) CC1 – Réaliser son profil de poste individuellement sous forme de grille d'analyse de compétences
Partie 2	**Analyser le macro-environnement de son entreprise d'accueil (8h00)** Sur le modèle du PESTEL (outil de management stratégique des organisations), réaliser un diagnostique de l'environnement de l'environnement de l'entreprise d'accueil sur la base d'une recherche documentaire (Europresse notamment) CC2 – Réaliser une affiche, de type poster ou charte agile, de présentation des informations du macro-environnement (permettra d'alimenter le rapport de fin de semestre)	**Analyser factuellement son poste de travail (8h00)** Sur la base de la grille ITAMAMI, les élèves-ingénieurs devront analyser les risques liés à leur poste de travail (risque individuel, intrinsèques, extrinsèques) et amorcer une stratégie d'amélioration continue en matière de santé et sécurité du travail, en tenant compte des obligations du Code du Travail. CC2 – Réaliser l'analyse factuelle sur le modèle de la grille d'analyse ITAMAMI
Partie 3	**Analyser le micro-environnement de son entreprise d'accueil (8h00)** Sur la base du modèle de SCHEIN (outil de management culturel des organisations), réaliser un diagnostique des facteurs culturels de l'entreprise (valeurs, rites, mythes, multiculturels, …) CC3 – Réaliser une affiche, de type poster ou charte agile, de présentation des informations du micro-environnement (alimentant le rapport de fin de semestre)	**Analyser les Risques Psycho-sociaux de son poste de travail (8h00)** A partir de l'outil RPS-DU (outil RH destiné à l'évaluation des risques psycho-sociaux au sein des organisations), les élèves-ingénieurs devront analyser les potentiels RPS liés à leur poste de travail et proposer une stratégie d'amélioration continue. CC3 – Réalisation d'une présentation orale (permet de préparer les élèves-ingénieurs à la soutenance de fin de semestre)

DD-S6 : Développement durable - Ingénierie durable

Objectifs :

Sensibiliser les apprentis-ingénieurs aux impacts des activités d'ingénierie sur les trois piliers fondamentaux (économique, social, environnemental) du développement durable.

Volume horaire :

- CM : 0h, TD : 24h TP : 0h

Pré-requis :

- Aucun

Evaluation :

- Contrôle continu

Contenu détaillé :

En prenant appui sur l'expertise de partenaires professionnels, les apprentis-ingénieurs sont sensibilisés aux thématiques de la propriété intellectuelle, de l'analyse du cycle de vie des produits, de l'éco-conception ou de la responsabilité sociétale des entreprises (normes ISO, GRI, Agenda 21, économie sociale et solidaire). La vision industrielle est privilégiée sur le plan pédagogique afin de placer les apprentis-ingénieurs au centre des actions d'ingénierie durable en matière de conception, de construction, d'exploitation ou de gestion d'installations ou de systèmes sur le court et le long terme. Les apprentis-ingénieurs doivent appréhender leur responsabilité éthique en qualité de partie prenante décisionnelle au sein d'un projet technique ou d'une organisation quant aux implications environnementales et sociales de leurs pratiques professionnelles.

Compétences :

- comprendre le concept et les enjeux de développement durable & responsabilité sociétale des organisations
- cerner son contexte professionnel (enjeux industriels du DD&RSE)
- développer une éthique professionnelle

Syllabus
Semestre S7

Sigle-Semestre : TeCarac-S7

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S7	Méthodes d'Analyses de Matériaux	14	30	36

Objectifs : Il s'agit de rendre autonome l'étudiant dans la maîtrise de quelques outils d'analyses structurales et thermiques. Ce module vise à l'acquisition de la démarche suivante : choix de la technique adaptée, mise en œuvre et réalisation d'une série de mesures, présentation synthétique et discussion des résultats en lien avec la littérature. Cette approche est couplée avec une approche scientifique et expérimentale de mesures thermodynamiques (transitions de phases par exemple) comme signatures d'identification ou de performances d'un matériau.

Pré-requis :

- Liste des UE prérequis : S5 Chimie des Matériaux // S5 Sciences de l'Ingénieur // S6 Matériaux I Verres et Céramiques

Evaluation :

- Liste des évaluations : Evaluation individuelle sur table
- compte-rendus de TP…

Contenu détaillé :

- Cours et TD : Techniques d'analyse

  1- Analyses Thermiques : Analyse ThermoGravimétrique (ATG) et Analyse Thermique Différentielle (ATD), Analyse Enthalpique (standard et modulée DSC et m-DSC), Dilatométrie, couplages avec d'autres techniques d'analyse (Spectro de masse, IRTF…)

  Principes fonctionnels, Stratégie d'analyse, développement de méthodes d'essai, Analyse d'exemples

  2- Spectroscopies IR, Raman et UV-visible

  Principes, Technologies des principaux types de spectrophotomètres, protocoles expérimentaux et analyses d'exemples multi-matériaux.
- Cours et TD : Diffraction des RX
  - Nature des RX et interaction RX-matière ;
  - Relations de Laue, loi de Bragg, réseau réciproque et diffraction ; construction d'Ewald ;
  - Intensité diffractée : facteur de diffusion, facteur de structure, extinctions systématiques, loi de Friedel, facteur de multiplicité, facteur de Debye-Waller ;

- Méthodes expérimentales de diffraction des rayons X : l'accent sera mis sur les diffractomètres pour poudres (milieu industriel)
- Lien entre la position des raies de diffraction et le réseau cristallin (indexation des diagrammes de diffraction d'une poudre microcristalline, changements de phases) ; relation entre intensités des raies de diffraction et structure cristalline ; lien entre largeur/forme des raies et microstructure du matériau (distorsions réticulaires, taille des cristallites).

- TP :
  Programme détaillé des TP
  - Etude de transformations de phases par DSC (polymères)
  - Analyse ATG/ATD d'oxydes de manganèse
  - Identification de polymères par IRTF (ATR)
  - Mesure de transmission optique sur couches minces
  - DRX : indexations de diagrammes de poudre, analyse quantitative de mélanges, affinements structuraux et microstructuraux

Compétences :

- Capacité à définir une stratégie d'analyse pertinente (choix d'une technique, couplage) en tenant compte des contraintes d'échantillonnage
- Capacité à mener à bien et en autonomie une analyse (échantillonnage, réalisation expérimentale), en rendre compte et à proposer une interprétation argumentée.
- Anglais scientifique et technologique spécifique à ce domaine

Sigle-Semestre : MxA-S7

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S7	Métaux et alliages	14	20	12

Objectifs : L'objectif de ce cours consiste à acquérir une connaissance fondamentale des métaux et alliages couramment employés et de leurs propriétés. Le cours offre un aperçu des défauts dans les métaux et alliages et de leur importance, de la théorie des processus de diffusion dans les métaux, des transformations de phase à l'état solide et de la thermodynamique et de la cinétique des transformations dans les métaux et alliages.

Pré-requis :

- Liste des modules prérequis : S5 Chimie des matériaux ; S6 Résistance des matériaux

Evaluation :

- Evaluations individuelles sur table
- compte-rendus de TP

Contenu détaillé :

Cours/TD/TP :
Structure électronique des métaux. La liaison métallique. Propriétés physiques des métaux. Systèmes cristallins et structures des métaux. Les phases dans les systèmes métalliques. Stabilité thermodynamique d'un système. Les défauts dans les métaux et les alliages. Les effets d'alliages. Le contrôle de la microstructure et le durcissement des alliages. Les mécanismes de durcissement. La diffusion dans les métaux et alliages. La cristallisation d'un point de vue thermodynamique. Les différents types de diagrammes de phase et leur construction. Les diagrammes binaires à l'équilibre. Les courbes de refroidissement. La solidification d'alliages monophasés, eutectiques et péritectiques. Les transformations de phase à l'état solide. La germination homogène et hétérogène et la croissance. Solidification dendritique. Eutectique divorcé.
Précipitation dans les solutions solides sursaturées. Structures recuites. Les diagrammes de phase et leur utilisation pour contrôler la microstructure. Les diagrammes de phase ternaires. Les alliages d'aluminium, alliages de cuivre, alliages de titane, alliages de nickel. Le système Fe-C, les microstructures du fer et des aciers. La production d'aciers. Les cinétiques de transformations. Les traitements thermiques.

Les courbes TTT et TRC des aciers. Les propriétés mécaniques et comment sont-elles fortement affectées par la composition, la microstructure et le chemin d'élaboration.
Corrélation entre structure-propriétés-élaboration des alliages et leur optimisation pour des applications spécifiques. Méthodes de caractérisation des propriétés structurales et mécaniques des métaux et alliages à différentes échelles.

Compétences :

- Les étudiants reçoivent des connaissances théoriques et pratiques sur les métaux et alliages couramment employés ainsi que sur les techniques de caractérisation de la structure et des propriétés mécaniques des métaux et alliages et leur utilisation dans l'étude des relations entre structure et propriétés.

- Les étudiants sont amenés à comprendre comment sélectionner des alliages pour des applications spécifiques et comment modifier leurs propriétés pour satisfaire des exigences de performances spécifiques. Identifier l'effet des conditions d'élaboration sur la microstructure et celui de la microstructure sur les propriétés résultantes. Comprendre les différentes pratiques de traitements thermiques.

Sigle-Semestre : PM-S7

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S7	Physique des Matériaux 2	24	48	36

Objectifs : Il s'agit de rendre autonome l'élève-ingénieur dans l'application des connaissances théoriques et pratiques des propriétés physiques de la matière, des matériaux, et des grandeurs et caractéristiques associées : conductivité électrique, propriétés diélectriques et magnétiques, propriétés optiques.

Pré-requis :

- Liste des UE prérequis :
  - S5 Sciences pour l'Ingénieur
  - S5 Chimie des Matériaux

Evaluation :

- Évaluation individuelle sur table
- Évaluation des comptes-rendus de TP

Contenu détaillé :

- Cours et TD : ils prendront appui sur les concepts fondamentaux en développant une approche microscopique et macroscopique des propriétés étudiées.
  - Propriétés électriques : Approche newtonienne et quantique ; Classification (métaux, semi-conducteurs, isolants). Notions élémentaires de bandes d'énergie, dopage des semiconducteurs, propriétés de la jonction PN, transistor bipolaire. Introduction aux matériaux supraconducteurs ; Exemples d'intérêt industriel.
  - Propriétés diélectriques : Molécules polaires ; Polarisation électronique, ionique et d'orientation ; Champ et capacité ; Hystérésis ; Incidence de la fréquence de travail ; Matériaux diélectriques, ferroélectriques, piézoélectriques, pyroélectriques ; Exemples d'intérêt industriel.
  - Propriétés magnétiques : Classification (diamagnétisme et paramagnétisme, ferromagnétisme et antiferromagnétisme, ferrimagnétisme et antiferrimagnétisme) ; Domaines magnétiques et hystérésis ; Matériaux magnétiques doux et durs ; Exemples d'intérêt industriel.
  - Propriétés optiques : Rayonnement électromagnétique et interaction onde/matière ; Réfraction, réflexion, absorption et transmission ; Diffraction &

interférences ; Traitement de surface, couches minces (couche réfléchissante, absorbante, antireflet, filtre interférentiel) ; Luminescence, photoconductivité, centres colorés ; Transmission et réflectivité de multicouches ; Lasers et fibres optiques ; Exemples d'intérêt industriel.

- TP : ils mettront en pratique les différents concepts dispensés en cours/TD et aidera l'élève-ingénieur à appréhender les caractéristiques électriques, diélectriques, magnétiques et optiques de la matière et des différentes familles de matériaux. Une approche micro/macroscopique sera privilégiée.

Compétences :

- Capacité à utiliser les lois et grandeurs des modèles décrivant les propriétés électriques, diélectriques, magnétiques, et optiques de la matière et des matériaux.
- Capacité à mettre en relation les caractéristiques microscopiques et macroscopiques des matériaux.
- Mesure quantitative des caractéristiques électriques, diélectriques, magnétiques, et optiques des matériaux
- Capacité à mener en autonomie une analyse (échantillonnage, réalisation expérimentale), en rendre compte et à proposer une interprétation argumentée.

ANG-S7 : Anglais

Objectifs :

L'objectif du cours d'anglais est la certification CLES 2 et TOEIC présentés au S8.

Volume horaire :

- CM : 0h, TD : 30h TP : 0h

Pré-requis :

- Niveau B1/B2 (utilisateur indépendant)

Evaluation :

- Contrôle continu

Contenu détaillé :

- Travail/dossier de recherche sur la spécialité télécom
- Les robots dans l'industrie
- Analyse des faits de sociétés en lien avec l'actualité : -synthétiser et hiérarchiser l'information- analyser les points de vue- dégager une problématique donner son opinion (à l'oral et à l'écrit).
- Travail sur la présentation orale – la communication (type exposé)
- Travail sur la phonétique et la phonologie
- Travail hebdomadaire sur la presse étrangère en lien avec l'actualité.
- Travail sur les fiches thématiques du TOEIC (vocabulaire/grammaire/audio)

Compétences :

- Entraînement à la compréhension orale à partir de documents audio et audio-visuels authentiques. La compréhension orale est également pratiquée lors de débats interactifs (échange d'informations en vue d'une production : synthèse, présentation orale ou jeu de rôle).
- Entraînement à l'expression orale sous les deux aspects de l'interaction orale et de la prise de parole en public, recouvrant les problèmes proprement linguistiques (grammaire, vocabulaire) et ceux liés à la communication d'un savoir (techniques de présentation, construction de plans d'exposés ou de synthèses, conduite d'un débat).
- Entraînement à la compréhension écrite (repérage lexical, mots clés, repérage de la structure argumentative, tri et hiérarchisation de l'information).
- Entraînement à la production écrite par la rédaction de textes courts (synthèse, compte-rendu de débat, texte de fiction, article de journal, lettre etc).

COM-S7 : L'environnement communicationnel de l'ingénieur

Objectifs :

Renforcer la connaissance de l'apprenti-ingénieur de son environnement d'accueil, au travers de l'analyse du cadre social, culturel et sociétal de l'organisation d'accueil.

Volume horaire :

- CM : 0h, TD : 24h TP : 0h

Pré-requis :

Evaluation :

- Contrôle continu

Contenu détaillé :

- Partie 1 – Analyser la culture de l'organisation d'accueil (8h00)

A partir des modèles issus des courants de la sociologie des organisations (Schein notamment), et des supports de communication internes récoltés par l'apprenti-ingénieur au sein de son entreprise d'accueil ; il devra analyser les normes sociales et culturelles de l'organisation d'accueil. Cette analyse pourra se fonder sur le livret d'accueil, les documents relatifs à la santé et sécurité au travail, le bilan social, … L'apprenti-ingénieur alimentera son analyse par un poster de synthèse.

- Partie 2 – Analyser les rites managériaux de l'organisation d'accueil (8h00)

A partir de l'analyse de la culture de l'entreprise, l'apprenti-ingénieur sera amener à prolonger sa réflexion sur les axes managériaux développés par son organisation d'accueil, en les confrontant aux théories de l'école de relations humaines (leviers de motivation, d'équité, de justice sociale notamment). L'apprenti-ingénieur alimentera son analyse par un poster de synthèse.

- Partie 3 – Analyser la stratégie RSE de l'organisation d'accueil (8h00)

A partir des documents issus de l'entreprise d'accueil, l'apprenti ingénieur devra être en mesure de cerner les axes RSE, sur leur dimension économique, environnemental et sociétal de l'entreprise afin de déterminer les liens entre performance et RSE, en se basant sur les théories de la légitimité, politico-contractuelle et la théorie du signal (cercle vertueux et/ou vicieux du modèle de Allouche et Laroche). L'apprenti-ingénieur alimentera son analyse par un poster de synthèse.

Compétences :

- appréhender et analyser le modèle de normes sociales et culturelles des organisations ;
- appréhender la stratégie de responsabilité sociétale d'une organisation ;
- rechercher de l'information et de la documentation interne et interne culturelle, sociétale sur une organisation ;
- transmettre un message argumenté par écrit, visuel et oral ; être force de proposition et acteur de la stratégie de responsabilité sociétale des organisations.

ENTREP-S7 (Projet Entrepreneurial)

Objectifs :

Ce module d'enseignement a pour but de donner aux étudiants une formation en ''sciences humaines'' permettant une intégration sereine dans le monde professionnel. Le module ENTREP-S7 aura pour but d'initier les apprentis à l'innovation et à l'entrepreneuriat. Cette formation se fera au travers de l'intervention de PEPITE (Pôle Etudiant Pour l'Innovation, le Transfert et l'Entrepreneuriat) mais également de professionnels de la création d'entreprises ou de structures venant en soutien des créateurs. L'innovation technologique à travers le POOOL (Technopole Rennaise) et la SATT seront mises en avant.

Volume horaire :

- CM : 0h, TD : 24h TP : 0h

Pré-requis :

- VeilleTechno-S5, PreventionRisques-S5, DD-S6, MRH-S6

Evaluation :

- Contrôle continu

Contenu détaillé :

Cette formation de terrain intègrera des connaissances générales sur l'entrepreneuriat et la création d'entreprises telles que des ateliers de méthodologie et de créativité, des aspects marketing, juridiques, managériaux et financiers ainsi qu'en lien avec l'innovation. Les étudiants réunis en équipe de 5-6 étudiants devront au début un projet de création en lien avec l'innovation et les connaissances seront donc abordées en lien avec leur projet.

Compétences :

- Maîtrise des concepts d'entrepreneuriat et d'innovation
- Connaissances en lean management, méthodologie, différentiation de concept
- Connaissances en marketing, communication, management, finance
- Travail en équipe et gestion de projet, agilité.

Syllabus
Semestre S8

Sigle-Semestre : MMC-S8

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S8	**Mécanique des milieux continus**	**18**	**20**	**15**

- **Objectifs :** Il s'agit de donner à l'élève-ingénieur les bases pour appréhender un problème de dimensionnement des structures, comprendre les notions de contraintes, de déformations et de loi de comportement en 3D pour des matériaux isotrope mais également anisotrope. Au terme de cet enseignement, l'élève ingénieur saura résoudre analytiquement des problèmes simples de dimensionnement de structures statiques en élasticité linéaire homogène, et utiliser la méthode des éléments finis pour des problèmes statiques plus complexes.

Pré-requis :

- S5-Statique du solide
- S6-résistance des matériaux.
- S6-Matériaux I.
- S7-Matériaux II

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table, Travaux Pratiques

Contenu détaillé :

- <u>Cours et TD</u> :
  - Cadre de la MMC
  - Cinématique des milieux continus en hypothèse des petites déformations : du champ de déplacement aux déformations et inversement.
  - Contraintes : principe de coupure fictive (rappel de la RdM), force de cohésion, tenseur des contraintes, vecteur contrainte, 1ère et 2ème loi de Cauchy
  - Loi de comportement : élasticité linéaire homogène isotrope, thermo-élasticité linéaire découplée.
  - Equation de Navier-Lamé.
  - MMC des matériaux anisotropes : Tenseurs des souplesses et des rigidités. Composite stratifié : comportement d'un pli unidirectionnel, homogénéisation, loi des mélanges, loi de comportement des composites stratifiés.

- TP :
  - Utilisation de la méthode des éléments finis pour la simulation de comportement complexe

Compétences :

- Evaluer les contraintes dans une structure sollicitée de manière quasi-statique, numériquement ou analytiquement.
- Maîtrise des principes de base de simplifications des problèmes en éléments finis : symétrie, axisymétrie, réduction à un problème plan.
- Savoir dimensionner une structure.

Sigle-Semestre : POL-S8

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S8	Matériaux II (Polymères)	10	16	18

Objectifs : Il s'agit de donner à l'élève-ingénieur les connaissances en polymères indispensables à une formation d'ingénieurs en matériaux. Ce module comprend une partie centrée sur les propriétés spécifiques de ces matériaux, le lien structures-propriétés puis une partie centrée plus spécifiquement sur les élastomères. Un autre objectif du module est de sensibiliser les apprentis à l'importance des matières plastiques en industrie.

Pré-requis :

Liste des modules prérequis : Essais mécaniques (S6), matériaux I (S6)

Evaluation :

Evaluation individuelle sur table et par binôme en TP.

Contenu détaillé :

Cours / TD /TP:

Partie 1 : les polymères

Lien structures & propriétés : Lien masses molaires (des chaines, entre 2 points de réticulation, etc.), microstructures (amorphe, semi-crist, thermodur, etc.) et les propriétés thermomécaniques (transitions thermiques et comportement + mécanismes visco-élastique/visco plastiques/ endommagement)

Partie 2 : les élastomères

- Comportement mécanique des élastomères
- Notions de mécanique des milieux continus en transformations finies
- Lois de comportement hyperélastiques
- Identification des paramètres constitutifs et dialogue avec les caractérisations expérimentales
- Dimensionnement en fatigue des élastomères

Compétences :
Ce module donnera aux étudiants les bases sur les différentes méthodes d'analyse du comportement des polymères, ainsi que sur les propriétés de ces matériaux en relation avec la structure des polymères.

Sigle-Semestre : PO-S8

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S8	Programmation orientée Objet	8	8	24

Objectifs : L'objectif de ce module est de donner aux élèves ingénieurs les compétences nécessaires à la compréhension de la manipulation de la programmation objet.

Pré-requis :

- Liste des modules prérequis : Outils numériques S5 et S6

Evaluation :

- Contrôle continu

Contenu détaillé :

- CM 1 : Introduction à la POO, concepts de base et modélisation
- CM 2 : Python
- CM 3 : La POO avec Python
- TD 1 : Modélisation
- TD 2 : Classes, objets, attributs, méthode
- TP 1 et 2 : Premier pas en objet
- TD 3 : Files et piles
- TP 3 et 4 : Listes, files, piles
- TP 5 : Mise en pratique des files d'attentes
- TP 6 : Premier pas graphique, jeu de dame
- TP 7 et 8 : Simulation et représentation graphique en lien avec les TP3 et 6
- CM 4 : Héritage simple, héritage multiple, polymorphisme
- TD 4 : Héritage
- TP 10 et 11 : Héritage

Compétences :

- Maîtrise des concepts de la programmation orientée objet
- Maîtrise du langage Python

ANG-S8 : Anglais

Objectifs :

L'objectif du cours d'anglais est la certification CLES 2 et TOEIC présentés au S8.

Volume horaire :

- CM : 0h, TD : 30h TP : 0h

Pré-requis :

- Niveau B1/B2 (utilisateur indépendant)

Evaluation :

- Contrôle continu

Contenu détaillé :

- Travail/dossier de recherche sur la spécialité télécom
- Les robots dans l'industrie
- Analyse des faits de sociétés en lien avec l'actualité : -synthétiser et hiérarchiser l'information- analyser les points de vue- dégager une problématique donner son opinion (à l'oral et à l'écrit).
- Travail sur la présentation orale – la communication (type exposé)
- Travail sur la phonétique et la phonologie
- Travail hebdomadaire sur la presse étrangère en lien avec l'actualité.
- Travail sur les fiches thématiques du TOEIC (vocabulaire/grammaire/audio)

Compétences :

- Entraînement à la compréhension orale à partir de documents audio et audio-visuels authentiques. La compréhension orale est également pratiquée lors de débats interactifs (échange d'informations en vue d'une production : synthèse, présentation orale ou jeu de rôle).
- Entraînement à l'expression orale sous les deux aspects de l'interaction orale et de la prise de parole en public, recouvrant les problèmes proprement linguistiques (grammaire, vocabulaire) et ceux liés à la communication d'un savoir (techniques de présentation, construction de plans d'exposés ou de synthèses, conduite d'un débat).
- Entraînement à la compréhension écrite (repérage lexical, mots clés, repérage de la structure argumentative, tri et hiérarchisation de l'information).
- Entraînement à la production écrite par la rédaction de textes courts (synthèse, compte-rendu de débat, texte de fiction, article de journal, lettre etc).

ENTREP-S8 (Projet Entrepreneurial)

Objectifs :

Ce module est la suite directe du module ENTREP-S7 et les étudiants réunis en équipe de 5 ou 6 devront au terme de ce projet faire une présentation orale de l'avancement de leur projet de création d'entreprise et fournir un business plan, une étude marche, ainsi que les aspects différenciant de leur idée par rapport à un ou des concepts actuels existants.

Volume horaire :

- CM : 0h, TD : 24h TP : 0h

Pré-requis :

- VeilleTechno-S5, PreventionRisques-S5, DD-S6, MRH-S6, COMM-S7 et Entrep-S7

Evaluation :

- Contrôle continu

Contenu détaillé :

Ce module se déroulera sous forme d'ateliers (travail en autonomie) encadrés par des professionnels de la création ou de structures venant en aide aux créateurs (Technopôle, SATT, PEPITE, CCI, Région…). Les équipes d'étudiants développeront ainsi leurs compétences de travail en équipe, de gestion de projet et accumuleront de l'expérience concernant tous les aspects liés à l'innovation (propriété intellectuelle, brevets, …). Ce type de projet peut se comparer à la formation ''Les Entrepreneuriales'' organisée tous les ans par PEPITE pour les étudiants bretons ou bien le séminaire de l'entrepreneuriat organisé tous les ans conjointement entre l'ESIR, l'ENSSAT et l'IGR de Rennes.

Compétences :

- Gestion de projets
- Travail en équipe
- Innovation (propriété intellectuelle, brevets, ...)
- Présentation orale pour défendre une idée ou un projet
- Prise de contact sur le terrain à travers des enquêtes pour juger le produit attendu par les clients.
- Recherche de sources de financements

Syllabus
Semestre S9

Sigle-Semestre : MEF-S9

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S9	Méthode des éléments finis	4	0	36

- **Objectifs :** Il s'agit de donner à l'élève-ingénieur les bases pour appréhender un problème de dimensionnement des structures à l'aide des outils numériques. Au terme de cet enseignement, l'élève ingénieur saura résoudre numériquement des problèmes de dimensionnement de structures statiques.

Pré-requis :

- S5-Statique du solide
- S7-Techniques de caractérisation.
- S8-Mécanique des milieux continus.

Evaluation :

- Travaux Pratiques et projet

Contenu détaillé :

- Cours :
  - Théorie des éléments finis
  - Démarche pour réaliser une simulation numérique (symétrie, maillage, modèle, conditions limites,…)
- TP :
  - Prise en main de la méthode des éléments finis : notions de conditions aux limites, réduction du problème par ses symétries.
  - Notion de convergence : comparaison entre solution analytique et numérique (poutre en flexion, tube sous pression, sphère sous pression, plaque percée…).
  - Analyse du phénomène de concentration de contrainte.
- Projet :
  - Dimensionnement d'une structure complexe.

Compétences :

- Evaluer les contraintes dans une structure sollicitée de manière quasi-statique, numériquement.
- Maîtrise des principes de base de simplifications des problèmes en éléments finis : symétrie, axisymétrie, réduction à un problème plan.
- Savoir dimensionner une structure complexe.

Sigle-Semestre : SPF-S9

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S9	Simulation des procédés de fabrication	14	14	27

- **Objectifs : A partir de notion de mécanique des fluides et de thermique, l'étudiant pourra appréhender et simuler les techniques de mise en forme basées sur l'écoulement d'un fluide avant sa solidification.**

Pré-requis :

- S8-Procédés et Fabrication des produits

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table, Travaux Pratiques

Contenu détaillé :

- Cours et TD :
  - Mécanique des fluides, caractérisation de l'écoulement, mise en équation de problème classique (Bernoulli, Navier Stockes, Couette, Poiseuille
  - Transfert de chaleur: équation de la chaleur, conduction, convection rayonnement
  - Simulation numérique de procédés de mise en forme basés sur les écoulements.

- TP :
  - Transfert de chaleur (conduction convection rayonnement)
  - Mécanique des fluides (pertes de charges, viscosimètre de Couette, Venturi)
  - Simulation de procédés (Moldflow, Forge, fonderie, etc)

Compétences :

Simuler le procédé de fabrication de pièces basé sur l'écoulement d'un fluide

Sigle-Semestre : CM-S9

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S9	Choix des matériaux	2	6	12

- **Objectifs : Etablir les critères qui permettent de faire un choix de matériaux en lien avec le cahier des charges en utilisant des abaques (Ashby) et logiciels dédiés (CES).**

Pré-requis :

- S6 Matériaux I
- S7 Résistance des matériaux
- S7 Matériaux II
- S8 Procédés de fabrication
- S8 Matériaux III
- S9 Tenue en service

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table, Travaux Pratiques

Contenu détaillé :

- Cours et TD :
  - Notion d'analyse de cycle de vie (de la fabrication au recyclage du matériau)
  - Indice de performance
  - Diagramme d'Ashby

- TP :
  - Utilisation du logiciel CES pour effectuer un choix de matériaux en fonction des indices de performances retenus

Compétences :

Etablir des critères pour effectuer un choix de matériau. Effectuer un choix de matériau pour une structure donnée en lien avec le cahier des charges.

Sigle-Semestre : MC-S9

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S9	Matériaux II (Composites)	10	16	18

Objectifs : Il s'agit de donner à l'élève-ingénieur les connaissances en matériaux composites indispensables à une formation d'ingénieurs en matériaux. Ce module permettra à l'élève-ingénieur de connaitre les différentes associations renforts/matrices/âmes, les différentes structures (orientations des fibres, monolithiques, pseudo-sandwichs et sandwichs, etc.), les propriétés associées, ainsi que leur tenue environnementale et chimie.
Ce module est préalable au module de mécanique des matériaux. L'approche mécanique sera limitée à une introduction à la théorie des stratifiés (calculs de modules et des contraintes) et aux critères classiques à la rupture.

Pré-requis :

Liste des modules prérequis : Essais mécaniques (S6), matériaux I (S6)

Evaluation :

Evaluation individuelle sur table et par binôme en TP.

Contenu détaillé :

Cours et TD :

- Identifier les principaux constituants (fibres, matrice, architecture de renforcement, charges) ;
- Décrire la démarche de dimensionnement d'une structure en matériaux composites (interaction procédé - matériau-propriétés) ;
- Décrire les différentes techniques de mise en œuvre et comprendre leur impact sur la structure et ses propriétés;
- Calculer la masse d'une structure en matériaux composites (calculs d'épaisseurs, de masses surfaciques, embuvage des âmes, etc.) ;
- Appliquer la théorie des stratifiés (élasticité et rupture) ;
- Identifier les principaux mécanismes d'endommagement ;
- Identifier les interactions et les influences de l'environnement sur la structure ;
- Identifier les principaux essais de caractérisation mécanique des composites.

Compétences :

- Capacité à faire un choix de structure en matériaux composites dans le cadre d'une démarche de conception (dimensionnement, modélisation, etc.) ;

- Capacité à calculer et à analyser les propriétés élastiques et en rupture suivant les normes ;
- Capacité à s'assurer de la tenue en service d'une structure en matériaux composites ;

Sigle-Semestre : TS-S9

Semestre	Titre	CM	TD	TP
S9	Tenue en service	14	10	12

Objectifs : Découvrir les grandes classes de comportements autres que l'élasticité linéaire homogène isotrope : anisotropie, plasticité, fluage… Comprendre les modèles et mécanismes de ruine d'une structure : rupture fragile, endommagement. Donner une culture de l'analyse de l'avarie.

Pré-requis :

- S5-Statique du solide
- S7-Techniques de caractérisation.
- S8-MMC

Evaluation :

- Evaluation individuelle sur table, Projet

Contenu détaillé :

- Cours et TD :
  - Plasticité : critère de plasticité (Von Mises, Tresca), modèle plasticité parfaite, écrouissage cinématique, écrouissage isotrope.
  - Fluage : modèle rhéologiques simples (Maxwell, Burgers).
  - Mécanique de la rupture
    - Rupture fragile : ténacité, propagation sous-critique, analyse statistique (Weibull)
  - Endommagement/Fatigue : courbe de Wöhler…
  - Analyse des surfaces de ruptures (Fractographie)
  - Analyse des avaries et conditions environnementales (UV, corrosion, fluage, fatigue, etc.)
- Projet :
  - Etude et analyse des avaries et conditions environnementales

Compétences :

- Connaître les critères permettant le choix d'un matériau pour une application (statique, fatigue, hautes températures…), les propriétés mécaniques pertinentes à analyser pour faire ce choix.

- Culture de base dans l’analyse de la rupture
- Connaître les critères de bases de tenue en service

ANG-S9 : Anglais

Objectifs :

Niveau B2 – Professionnalisation
Les étudiants devront pouvoir utiliser la langue anglaise dans des situations de communication du monde du travail et dans leur domaine de compétence.
CLES 2 et TOEIC présentés au S9 pour les étudiants n'ayant pas validé le niveau B2 au S8

Volume horaire :

- CM : 0h, TD : 30h TP : 0h

Pré-requis :

- Niveau B1/B2 (utilisateur indépendant)

Evaluation :

- Contrôle continu

Contenu détaillé :

- Personnalité et comportement au travail
- Gestion des conflits
- Entreprenariat et innovation
- L'éthique au travail,
- Les responsabilités de l'entreprise.
- Actualisation des CV + simulation entretiens
- L'ingénieur et la recherche d'emploi
- Les techniques de communication verbales et non verbales

Compétences :

- Entraînement à la compréhension orale à partir de documents audio et audio-visuels authentiques. La compréhension orale est également pratiquée lors de débats interactifs (échange d'informations en vue d'une production : synthèse, présentation orale ou jeu de rôle).
- Entraînement à l'expression orale sous les deux aspects de l'interaction orale et de la prise de parole en public, recouvrant les problèmes proprement linguistiques (grammaire, vocabulaire) et ceux liés à la communication d'un savoir (techniques de présentation, construction de plans d'exposés ou de synthèses, conduite d'un débat).
- Entraînement à la compréhension écrite (repérage lexical, mots clés, repérage de la structure argumentative, tri et hiérarchisation de l'information).
- Entraînement à la production écrite par la rédaction de textes courts (synthèse, compte-rendu de débat, texte de fiction, article de journal, lettre, etc).