

KAI3MA - MATÉRIAUX 3ème ANNÉE		
Code Apogee	Intitulé	Coef/ECTS
SEMESTRE KAMA5S01	SEMESTRE 5 MAT (obligatoire)	0
UE KAX5U001	UE1 : TRONC COMMUN 1 (obligatoire)	8
KAX5CSTC	Communication scientifique (CS)	0
KAX5DDTC	Fondamentaux de la Transition Ecologique et du Développement Sostenable (TEDS1)	0
KAX5ANTC	Anglais TC (ANG1)	0.4
KAX5COTC	Dynamique d'équipe TC (DE)	0
KAX5EDTC	Economie du Donut - Droit & RSE (ECO)	0.2
KAX5MATC	Mathématiques TC (MATH1)	0.4
UE KAMA5U02	UE2 : SCIENCE DE L'INGÉNIEUR 1 (obligatoire)	4
KAMA5M05	Matériaux & enjeux environnementaux : matières premières (MEE1)	0
KAMA5M06	Projet collectif (PC1)	0.5
KAMA5M08	Mise en situation via le sport (SPORT)	0.5
KAMA5M09	Remise à niveau de chimie (REM)	0
UE KAMA5U03	UE3 : STRUCTURE DE LA MATIÈRE (obligatoire)	6
KAMA5M12	Cristallochimie (CC)	0.2
KAMA5M20	Spectroscopie (SP)	0.2
KAMA5M10	Chimie quantique (CO)	0.3
KAMA5M11	Spectroscopie TP (SPTP)	0.3
UE KAMA5U04	UE4 : THERMOÉLECTROCHIMIE (obligatoire)	6
KAMA5M13	Thermodynamique (THERMO)	0.25
KAMA5M14	Thermodynamique TP (THERMOTP)	0.25
KAMA5M15	Électrochimie (EC)	0.25
KAMA5M16	Électrochimie TP (ECTP)	0.25
UE KAMA5U05	UE5 : PHYSIQUE DE LA MATIÈRE (obligatoire)	6
KAMA5M18	Propriétés électriques de la matière (PEM)	0.4
KAMA5M19	Transferts thermiques (TTH)	0.4
KAMA5M21	Diélectrique TP (PEMTP)	0.2
SEMESTRE KAMA6S01	SEMESTRE 6 MAT (obligatoire)	0
UE KAX6U001	UE1 : TRONC COMMUN 2 (obligatoire)	7
KAX6ANTC	Innovation et Développement Sostenable : Recherche et Communication en anglais (ANG2)	0.3
KAX6COTC	Communication TC (COM)	0.1
KAX6GETC	Management d'entreprise, modèle dominant et alternatives (GEST)	0.3
KAX6MATC	Mathématiques TC (MATH2)	0.3
KAX6ERTC	Exposition à la recherche (ER)	0
KAX6DDTC	Dimension systémique de la Transition Ecologique et du Développement Sostenable (TEDS2)	0
UE KAMA6U07	UE2 : SCIENCES DE L'INGÉNIEUR 2 (obligatoire)	5
KAMA6M17	Simulation Python (PYTHON)	0.3
KAMA6M22	Projet individuel et bibliographique (PI)	0.2
KAMA6M23	Matériaux et Enjeux environnementaux : effet rebond et enjeux du numérique (MEE2)	0
KAMA6M06	Capteurs et instrumentation électronique (INSTRU)	0.2
KAMA6M25	Intelligence Artificielle (IA)	0
KAMA6M08	Projet collectif (PC2)	0.3
KAMA6M26	MEB-TP (MEBTP)	0
UE KAMA6U09	UE3 : MÉCANIQUE DES MATÉRIAUX (obligatoire)	4
KAMA6M15	Mécanique des milieux continus (MMC)	0.4
KAMA6M16	Mécanique TP (MECATP)	0.35
KAMA6M19	Mécanique des fluides (MF)	0.25
UE KAMA6U10	UE4 : CHIMIE ET MATÉRIAUX (obligatoire)	7
KAMA6M20	Polymères - caractérisation & propriétés (POLYCP)	0.25
KAMA6M09	Liaison chimique (LC)	0.25
KAMA6M10	Polymères - synthèse (POLYSY)	0.25
KAMA6M11	Polymères TP (POLYTP)	0.25
UE KAMA6U11	UE5 : PHYSIQUE ET MATÉRIAUX (obligatoire)	7
KAMA6M14	Métallurgie TP (METTP)	0.2
KAMA6M18	Physique du solide (PHYSOL)	0.2
KAMA6M21	Propagation (PROP)	0.2
KAMA6M12	Physique des semi-conducteurs et dispositifs (PHYSC)	0.2
KAMA6M13	Métallurgie (MET)	0.2

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
2	4				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Toute étude aboutit à sa diffusion, écrite ou orale

- Communiquer des résultats de façon claire et cohérente fait partie de la méthodologie scientifique et technique, et donc des compétences de l'ingénieur
- La communication scientifique et technique obéit à des règles, plus ou moins universelles de nos jours
- L'objectif est de fournir quelques pistes pour la production :
 - d'un rapport écrit
 - d'un exposé oral

CONTENU

- 1 Le rapport
 - Structure d'un rapport
 - Le corps du texte
 - Les illustrations
 - La bibliographie
 - Les annexes
- 2 La présentation orale
 - Structure
 - Le texte
 - Les illustrations
 - La bibliographie
 - Réponses aux questions
- 3 Un point particulier sur l'analyse et la présentation des données
 - L'incertitude sur les mesures
 - L'ajustement des données
- 4 Quelques outils informatiques

PRÉREQUIS

Néant

BIBLIOGRAPHIE

- UQAC (2015). Guide de rédaction et de présentation d'un texte scientifique. Tech. rep.. Université du Québec à Chicoutimi, Département des sciences fondamentales.
https://constellation.uqac.ca/2814/1/guidederedactionDSF_2015_FINAL_11122017.pdf
- Boudouresque CF (2017). Manuel de rédaction scientifique et technique. Sciences Techniques et Santé. Publication de l'Université de Provence, France. quatrième edn
- Bawin I, Paquet G & Wattier S (2010). Recueil d'outil pour le séminaire de méthodologie et d'initiation à la démarche scientifique. in: Recueil d'outil pour le séminaire de méthodologie et d'initiation à la démarche scientifique. chap. Normes de rédaction d'un travail scientifique, pp. 69–87. ICHEC-GESENT, Bruxelles, Belgique
- Bailly-Bechet M (2023). LATEX et communication scientifique.
http://www.unice.fr/mbailly/comm_sci.html. Accessed 24 April 2023

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
5	4				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Être sensibilisé à des enjeux de développement durable et de responsabilité sociale et sociétale.

- Impact des technologies
- Énergie
- Ressources abiotiques
- Frontières planétaires

CONTENU

- * Un atelier type jeux sérieux en intelligence collective parmi
- * Fresque de climat
- * Fresque du numérique
- * Fresque de la biodiversité
- * Atelier controverse
- * Atelier 2 Tonnes
- * Bataille de la tech
- * Conférences
- * Atelier théâtre

PRÉREQUIS

Aucun

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : participation

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	36				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Renforcement des acquis du B1 dans le but d'atteindre le niveau B2
 Introduction au discours scientifique
 Développement de vocabulaire scientifique
 Apprentissage de la rédaction et de la structure d'un rapport scientifique
 Ouverture à la communication orale formelle et informelle

CONTENU

1.Savoir décrire un objet ou un dispositif technique

- 1.1. Maîtrise des expressions de fonctionnalité, de dimension
- 1.2. Maîtrise de la description physique: formes, position, fonction
- 1.3. Maîtrise de la comparaison

2.Savoir décrire son expérience personnelle et professionnelle

- 2.1. Savoir parler de soi: maîtrise des temps du présent
- 2.2. Savoir parler d'une expérience professionnelle: maîtrise des temps du passé
- 2.3. Savoir valoriser son expérience dans un CV et une lettre de motivation

3.Savoir identifier et décrire les causes et les conséquences

- 3.1.Maîtrise des structures de cause et conséquence
- 3.2.Savoir identifier et expliquer les causes et les conséquences d'une catastrophe

4.Techniques de présentation orale

Structuration, Introduction, Liens, Présenter de l'information visuelle, Conclusion

5.Prononciation

Connaissance et pratique des phonèmes anglais
 Connaissance et pratique de l'accentuation
 Prononciation de chiffres, de lettres et de symboles mathématiques

6.Expression Écrite

- 1.Rédaction de texte descriptif: Utilisation à l'écrit des fonctions apprises
- 3.Décrire une situation, une expérience présente et passée.
- 4.Prise de notes
- 5.Rédaction de synthèse à partir d'un texte écrit ou oral, ou à la suite d'un échange entre apprenants

7. Compréhension orale et écrite :

- 1 Compréhension de descriptions et de présentations orales
- 2 Compréhension globale de documents audio et vidéo authentiques
- 3 Compréhension d'échanges d'information en face à face
- 4 Compréhension détaillée de textes et de documents audio/vidéo de vulgarisation scientifique

PRÉREQUIS

Niveau B1 en anglais

BIBLIOGRAPHIE

4.1 Livres et Ouvrages

- Fascicule de cours de 3ème année
- Upjohn, Jonathan, Minimum Competence in Scientific English, PUG
- Oxford Advanced Learner's Dictionary, OUP
- New Scientist Magazine

4.2 Documents électroniques

- 1) www.newscientist.com
- 2) www.oup.com/elt/oald/
- 3) www.bbc.co.uk

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

50% contrôle continu

50% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h
- Aucun document autorisé
- Appareils électroniques interdits
- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	12				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

- Acquérir un savoir-faire et une meilleure aisance dans la prise de parole en public : discours structuré et vivant, clair et concis

Prendre conscience des différents paramètres en jeu dans une prestation orale, notamment de la communication non verbale

Gérer efficacement son trac et ses émotions devant un public

Améliorer ses capacités à argumenter, convaincre et écouter.

CONTENU

7 séances thématiques

- Fondamentaux de la communication relationnelle

- Esprit d'équipe

- Communiquer en groupe

- Valorisation

- Improvisation et sens de la répartie

- Communication non verbale

- Gestion du stress

PRÉREQUIS

Aucun

BIBLIOGRAPHIE

- Différents ouvrages de communication donnés dans le cadre du Tronc commun

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	14				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Acquérir une culture générale sur les principales problématiques en économie et en droit.
Poser un regard éclairé sur l'actualité économique et sur les rôles et droits du citoyen.

CONTENU

Économie :

L'économie du Donut de Kate Raworth : un développement économique inclusif et durable dans un espace sûr et juste pour l'humanité

1. Changer le but : le PIB n'est pas la cible
2. Voir l'ensemble du tableau : du marché autonome à l'économie intégrée
3. Cultiver la nature humaine : de l'homme économique rationnel aux humains sociaux et adaptables
4. Mieux connaître les systèmes : de l'équilibre mécanique à la complexité dynamique
5. Redessiner pour mieux distribuer
6. Créer pour régénérer
7. Etre agnostique en matière de croissance

Droit :

- Les sources du droit et L'ordre judiciaire français
- La personnalité juridique, les droits subjectifs et les contrats
- La personnalité morale de la nature et les objectifs RSE des organisations

PRÉREQUIS

Aucun

BIBLIOGRAPHIE

Introduction au droit et thèmes fondamentaux du droit civil
J.L. Aubert, E. Savaux
Editions Broché

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
18	18				4

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Objectif des mathématiques générales de début d'année : acquérir ou conforter les notions de base en mathématiques : équations différentielles, nombres complexes, intégration, algèbre linéaire.

CONTENU

MATHEMATIQUES GENERALES

1. Analyse

Nombres complexes

Étude de fonctions

Développements limités

Équations différentielles linéaires

Calcul intégral

Intégrales impropres

2. Algèbre linéaire

Opérations élémentaires sur une matrice rectangulaire

Algorithme de Gauss et applications

Inversion d'une matrice et calcul de déterminant

Diagonalisation d'une matrice

PRÉREQUIS

Fonctions usuelles, éléments de calcul vectoriel, calcul intégral élémentaire.

Développements limités, équations différentielles linéaires, calcul intégral, intégrales impropres et séries, séries entières.

BIBLIOGRAPHIE

mathématiques générales : Algèbre et analyse, Thuillier, Ed. Belloc.

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h30

- Seul document autorisé : 2 feuilles A4 recto verso manuscrites

- Calculatrice autorisée, tout autre appareil électronique interdit

- En cas de tiers-temps : 1/3 temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
2					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU**

Conférences sur les matières premières (extraction, limites, usages, recyclage)

PRÉREQUIS**BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
				22	

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Gérer un projet, en équipe, en vue d'atteindre un objectif précis

Prendre des initiatives

Travailler en équipe

Prévoir et organiser le travail à effectuer

Tenir compte des contraintes organisationnelles, budgétaires, humaines

Rendre compte du travail fourni

Convaincre des partenaires de l'intérêt du projet et de la pertinence des décisions prises

CONTENU

20 séances de 2h où étudiants et encadrants se rencontrent pour faire le point et travailler sur l'avancée du projet.

Evaluation : Bilan intermédiaire (rapport écrit et soutenance orale) en décembre et final (rapport écrit et soutenance orale) en avril

PRÉREQUIS

Aucun

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% évaluation projet : rapport écrit, soutenance orale

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	24				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

L'objectif du cycle en EPS en première année est double : acquérir des compétences spécifiques à l'activité tout en travaillant les compétences managériales permettant à l'élève ingénieur d'acquérir ou de se familiariser avec des outils qui lui serviront dans son futur métier.

Il s'agira d'apprendre à gérer de nouvelles situations, souvent complexes, pouvant être à risques et/ou stressantes en étant acteur ou pratiquant dans les séquences proposées.

Les softs skills type coopérer, verbaliser, travailler en groupe, persévérer, analyser, se dépasser, résister, anticiper, identifier, résoudre seul et en groupe des problèmes seront abordés et présentés dans la pratique de l'activité qui pourra être individuel ou collective selon l'activité support choisi par l'élève ingénieur dès le début d'année.

Outre ces aspects, intégrer la pratique physique dans un équilibre de vie, dans une stratégie de bien être, de santé et d'intégration seront recherchés.

CONTENU

Au travers d'une activité sportive support de l'enseignement, l'étudiant aura en charge une séquence à réaliser dans lequel une évaluation formative lui permettra de progresser sur la communication, le leadership, la motivation, le travail en équipe. Le groupe sera amené à identifier divers problèmes: moteur, managérial et proposera des solutions et remédiations.

Ces solutions seront testées sur le terrain tout au long du cycle afin d'avoir une progression visible et livrable.

Ainsi, plus que la notion de niveau technique dans l'activité, c'est vraiment la capacité de l'étudiant à analyser sa pratique managérial et son comportement qui guidera les interventions.

Selon le groupe dans lequel l'étudiant sera placé et au regard de l'interculturalité lié à la présence d'étudiant étranger, il pourra être amené à suivre ou réaliser le cours en anglais ou français.

PRÉREQUIS

Aucun prérequis n'est nécessaire.

BIBLIOGRAPHIE

Aucune

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% contrôle continu

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	16				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Au travers de différents travaux dirigés et de quelques rappels de cours, les outils de base en chimie sont rapidement revus. Chaque étudiant est ainsi en mesure d'identifier ses points faibles pour le cas échéant effectuer des travaux personnels complémentaires.

CONTENU

1 L'atome

2 La liaison chimique

2.1 Ecriture de Lewis, hybridation des orbitales, théorie de Gillespie

2.2 Ions complexes

3 Les réactions acide-base

4 Les réactions de précipitation

5 Oxydo-réduction

6 Thermodynamique

PRÉREQUIS

Maîtrise des outils de base en chimie (pH, oxydo-réduction, thermodynamique, orbitales...)

BIBLIOGRAPHIE

« Traité de Chimie Organique » Vollhardt Schore, 2ème Édition, DeBoeck Université, 1995. ISBN 2-8041-2068-6

« Chimie » M. Griffé, Presses Universitaires de Namur, 1998. ISBN 2-8703-7260-4

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8	4				1

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Introduction à la structure cristalline.

Connaissance de la structure ordonnée de la matière et de ses défauts.

Vet enseignement est dispensé depuis plusieurs années par Hoger KLEIN.

CONTENU

- 1 Empilements compacts de sphères dures
- 2 La description des cristaux dans le réseau direct
- 2.1 Notions de réseau
- 2.2 Symétries
- 2.3 Les 7 systèmes cristallins à 3 dimensions
- 2.4 Les 14 réseaux de Bravais
- 2.5 Application aux réseaux hexagonal compact et cubique à faces centrées

- 3 Sites interstitiels
- 4 Règles de Pauling
- 5 Exemples de phases binaires / ternaires
- 6 Défauts cristallins

PRÉREQUIS

Connaissances de base (niveau 1er cycle) en chimie physique

Bases de géométrie.

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h
- Documents interdits
- Calculatrice non programmable ou programmable en mode examen autorisée
- En cas de tiers-temps : 1/3 temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Savoir appréhender les méthodes de caractérisation fondées sur la spectroscopie pour la caractérisation des matériaux au cours de leur cycle de vie.

CONTENU**PRÉREQUIS**

Remise à niveau de chimie

BIBLIOGRAPHIE

Spectroscopie : Cours et exercices, Michael-J Hollas, Dunod (2003), ISBN 2100070711

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% contrôle continu

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
14	10				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

- Introduction à la mécanique quantique
- Présentation des techniques spectroscopiques
- Applications à la structure atomique et aux propriétés dynamiques des molécules (vibration et rotation)..

CONTENU

- 1 Postulats de la mécanique quantique et applications en chimie
- 2 Etude de systèmes simples
 - 2.1 Particule dans une boîte de potentiel
 - 2.2 Oscillateur harmonique
 - 2.3 Rotateur rigide plan
 - 2.4 Rotateur rigide
- 3 Introduction aux spectroscopies
 - 3.1 UV
 - 3.2 Visible
 - 3.3 IR
 - 3.4 Raman
- 4 Etude des orbitales hydrogénoïdes
 - 4.1 Modèle des électrons indépendants
 - 4.2 Classification périodique des éléments
- 5 Modèle vectoriel de l'atome

Notions de base

PRÉREQUIS

- Connaissances de base (niveau 1er cycle) en chimie physique
- Calcul différentiel et intégral, notions sur les vecteurs, nombres complexes et déterminants

BIBLIOGRAPHIE

- CHIMIE PHYSIQUE APPROCHE MOLECULAIRE, D.A.McQuarrie et J.D.Simon ; Dunod, 2000
- LIAISON CHIMIQUE ET SPECTROSCOPIE, M. Chabanel et P. Gressier ; Collection Ellipse, 1991
- ELEMENTS DE CHIMIE QUANTIQUE. J.L. Rivail ; InterEdition/Editions du CNRS, 1991

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

15% contrôle continu

85% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h
- Document autorisé : feuille A4 manuscrite
- Calculatrice autorisée
- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves

complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		10			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Ces TP s'articulent autour de diverses méthodes spectroscopiques.

L'objectif de ce cours est de donner une vue d'ensemble des méthodes spectroscopiques utilisées dans le cadre de la caractérisation de l'évolution des matériaux au cours de leur cycle de vie.

Au delà de l'analyse des données physiques obtenues, un autre objectif important de ces TP est de sensibiliser les étudiants à l'influence et la prise en compte de l'instrumentation sur la validité d'une mesure.

CONTENU

Travaux pratiques

4.1 Analyse par spectroscopie Infra Rouge de composés moléculaires et macromoléculaires

4.2 Etude de l'influence de la nature du solvant sur l'absorption UV Visible de composés moléculaires

4.3 Analyse qualitative et quantitative par chromatographie HPLC de mélanges de composés moléculaires-Détection UV Visible

4.4 Propagation acoustique dans des matériaux polymères, impédance acoustique, vitesse du son, réflexion et atténuation de l'onde.

4.5 Mesure de la permittivité d'isolants liquides (eau distillée, alcool, cyclohexane) et solides (polymères) à partir d'un analyseur d'impédances. Les résultats sont discutés par exemple en fonction du taux de cristallinité du polymère.

Suivant la fréquence de mesure et l'impédance du dispositif à caractériser, l'analyseur pourra donner une information correcte ou erronée. Cet aspect est clairement mis en évidence par la mesure de composants passifs.

PRÉREQUIS

Bases en chimie quantique, cours de spectroscopie.

BIBLIOGRAPHIE

Spectroscopie : Cours et exercices, Michael-J Hollas, Dunod (2003), ISBN 2100070711

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% contrôle continu

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12	14				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

L'enseignement est dispensé de longue date par une enseignante-chercheuse de PHELMA: Mme Annie ANTONI.

- * Dégager les principes de la thermodynamique et introduire les grandeurs fondamentales dont elle fait usage.
- * Donner une signification aux fonctions d'état.
- * Expliquer le sens physique des phénomènes étudiés au-delà du formalisme mathématique des relations thermodynamiques.
- * Illustrer l'utilisation de la thermodynamique par des applications couvrant divers domaines des sciences physiques.
- * Initiation aux calculs thermodynamiques

CONTENU

1 Bases de thermodynamique

1.1 Système, variables thermodynamiques, équations d'état

1.2 Principes de la thermodynamique

1.3 Conséquence des principes : construction des fonctions thermodynamiques

1.4 Définition du potentiel chimique : fonctions thermodynamiques dans un système ouvert

1.5 Equilibres de phases dans un système fermé isotherme

1.6 Règle des phases – variance

2 Application à la thermochimie

2.1 Grandeur de réaction

2.2 Etat standard

2.3 Grandeurs standards de réaction

2.4 Propriétés des grandeurs de réaction

2.5 Détermination et utilisation des enthalpies standards de réaction

2.6 Entropie standard

3 Grandeurs thermodynamiques de mélange. Modèles de solution

3.1 Grandeurs partielles molaires

3.2 Relation d'Euler et de Gibbs-Duhem

3.3 Expression des grandeurs molaires et des grandeurs partielles molaires

3.4 Représentation schématique des grandeurs partielles molaires

3.5 Fonctions thermodynamiques du mélange et de mélange

3.6 Mélange de gaz parfait

3.7 Activité

3.8 Les modèles de solution

3.9 Changement d'état de référence

4 Affinité chimique et loi d'action de masse

- 4.1 Condition d'équilibre et d'évolution d'un système
- 4.2 Loi d'action de masse et constante d'équilibre
- 4.3 Application à la pyrométallurgie : diagrammes d'Ellingham
- 4.4 Equilibres homogènes en phase gazeuse
- 4.5 Equilibres hétérogènes

- 5 Principes des équilibres entre phases
 - 5.1 Généralités sur les transformations de phases
 - 5.2 Règle de la variance
 - 5.3 Transformations de phases du 1er ordre thermodynamique dans les systèmes unaires
 - 5.4 Transformations de phases dans les systèmes binaires

- 6 Diagrammes d'équilibre de phases
 - 6.1 Systèmes unaires
 - 6.2 Systèmes binaires : Equilibres de phases liquide-vapeur/ liquide-solide / solide-solide

PRÉREQUIS

Outils mathématiques : dérivées partielles et différentielles des fonctions de plusieurs variables.

BIBLIOGRAPHIE

Livres et ouvrages

- * Phase equilibria, phase diagrams and phase transformation, their thermodynamic basis, M. Hillert, Cambridge University Press, 1998.
- * Thermodynamics, N.A. Gokcen, R.G. Reddy, Plenum Press, 1996.
- * Introduction to the thermodynamics of materials, D.R. Gaskell, Taylor&Francis, 1995.
- * Dictionnaire de thermodynamique, P. Perrot, Interéditions, 1994.
- *
- Thermodynamics and an introduction to thermostatistics, P. Callen, J.Wiley and sons, NY, 1988.
- * Alloy phase equilibria, A. Prince, Elsevier, 1966.

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 2 épreuves écrites - 2x 1h
- Document autorisé : 1 feuille A4 recto/verso
- Calculatrice autorisée
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	0	12			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Illustrer l'utilisation de la thermodynamique par des applications couvrant divers domaines des sciences physiques

CONTENU

Cycle de 4 séances de travaux pratiques:

- 1 Potentiel standard d'une électrode et détermination des coefficients d'activité
- 2 Capteur de pression et diagramme d'Ellingham
- 3 Volumes molaires partiels
- 4 Azéotrope

PRÉREQUIS

- KAMA5M13: Thermodynamique

BIBLIOGRAPHIE

- CRC HANDBOOK OF PHYSICS AND CHEMISTRY ; CRC Press, 1995

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100 % contrôle continu : comptes rendus de TP.

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12	10				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Acquérir les connaissances de base en électrochimie appliquée aux matériaux pour :

- leur élaboration
- leur protection contre la corrosion
- leurs applications (énergétique, capteurs, modifications de matériaux, etc...)

CONTENU

1. Physicochimie des électrolytes : Les différents types d'électrolytes (solutions électrolytiques, sels fondus, solides).
2. Transport ionique : description phénoménologique ; grandeurs thermodynamiques et cinétiques ; diffusion ; migration ; conductivité électrique ; nombre de transport électrique et électrochimique ; mobilité ionique.
3. Thermodynamique électrochimique : potentiel électrochimique ; loi de Nernst ; les différents types d'électrodes ; formule de Luther ; diagrammes tension-pH et applications à la corrosion humide ; les tensions de jonction

PRÉREQUIS

Connaissances de base (niveau 1er cycle) en thermodynamique, électrostatique, structure de la matière.

BIBLIOGRAPHIE

- ELECTROCHIMIE PRINCIPES, METHODES ET APPLICATIONS, Allen J. Bard and Larry R. Faulkner ; Masson 1983
- PRECIS DE THERMODYNAMIQUE & CINÉTIQUE ELECTROCHIMIQUES, Jean Besson ; Ellipses, 1984
- ELECTROCHIMIE PHYSIQUE ET ANALYTIQUE, Hubert H. Girault ; Presses Polytechniques et universitaires Romandes, 2007
- MODERN ELECTROCHEMISTRY (1 et 2). J.O .M. Bockris, A.N. Reddy ; Plenum Press, 1970
- ATLAS D'EQUILIBRES ELECTROCHIMIQUES, M. Pourbaix ; Gauthier Villard, 1963

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

15% contrôle continu

85% examen final :

- 1 épreuve écrite - 2h
- Document autorisé : feuille A4 manuscrite
- Calculatrice autorisée
- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		12			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Illustrer l'utilisation de la thermodynamique électrochimique par des applications couvrant divers domaines des sciences physiques.

CONTENU

1 - Etude de potentiel d'électrodes

électrodes rédox

électrode de première espèce

électrode de seconde espèce

influence de la force ionique

2 - Réaction d'électrode et réactions acide-base au sens de Lewis

influence de la présence de complexant sur la force électromotrice d'une pile

tracé d'un diagramme E-pH en milieu aqueux

Tracé d'un diagramme E-pH en milieu complexant

3 - Etude de conductivité d'électrolytes

PRÉREQUIS

Enseignement d'électrochimie

BIBLIOGRAPHIE

- ATLAS D'EQUILIBRES ELECTROCHIMIQUES, M. Pourbaix ; Gauthier Villard, 1963
- MODERN ELECTROCHEMISTRY (1 et 2). J.O .M. Bockris, A.N. Reddy ; Plenum Press 1970
- MANIPULATIONS D'ELECTROCHIMIE, J. Besson et J. Guitton ; Masson, 1972
- CRC HANDBOOK OF PHYSICS AND CHEMISTRY ; CRC Press, 1995
- ELECTROCHIMIE PRINCIPES, METHODES ET APPLICATIONS, Allen J.Bard and Larry R.Faulkner ; Masson 1983
- L'OXYDOREDUCTION, CONCEPTS ET EXPERIENCES, J. Sarrazin et M. Verdaguer ; Ellipses, Ed. Marketing (1991).
- CINETIQUE ELECTROCHIMIQUE, J-P. Diard, B. Le Gorrec et C. Montella ; Hermann (1997).
- CORROSION ET CHIMIE DE SURFACES DES METAUX, D. Landolt ; Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, (1993).

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100 % contrôle continu : comptes rendus de TP.

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
10	8				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Ce cours qui aborde les propriétés électriques des matériaux est divisé en deux parties : l'étude de l'interaction champ-matière pour les matériaux conducteurs et diélectriques.

La première partie du cours fait appel aux notions d'électrostatique du vide. Après un rappel sur les notions de base on étudiera les propriétés électriques des conducteurs et des diélectriques à une échelle d'observation macroscopique. On rappellera ainsi les notions d'influence totale, de pression électrostatique, et de capacités. Ces notions seront illustrées par des exemples tels que : la microscopie à émission de champ, le clamping électrostatique, les condensateurs,....

La polarisation des diélectriques sera ensuite observée d'un point de vue microscopique. On définira ainsi la notion de polarisabilité, et on reliera la permittivité (grandeur macroscopique) à la polarisabilité (microscopique) via des relations telles que la relation de Langevin-Debye.

Enfin une étude en régime variable, introduisant la notion de permittivité complexe, sera traitée pour ces matériaux. On montrera comment la permittivité relative d'un diélectrique évolue en fonction de la fréquence d'excitation. On vérifiera qu'en traçant la partie imaginaire en fonction de la partie réelle de la permittivité on obtient un cercle appelé diagramme de Cole-Cole. Nous aborderons aussi les phénomènes de polarisation d'interface.

CONTENU

1 Rappels

- 1.1 Rappels en analyse vectorielle
- 1.2 Rappels d'électrostatique du vide

2 Les Conducteurs

3 Les Diélectriques

- 3.1 Diélectriques : étude macroscopique
- 3.2 Diélectriques : étude microscopique
- 3.3 Diélectriques en régime variable

PRÉREQUIS

Electrostatique du vide

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h
- Document autorisé : 1 feuille A4 manuscrite
- Calculatrice autorisée

- En cas de tiers-temps : 1/3 temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
10	8				1.5

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Acquérir des notions de base sur le transfert de chaleur par les 3 mécanismes de conduction, convection et rayonnement.

CONTENU

Introduction : chaleur, température, échanges, flux de chaleur, sources de chaleur, mesure de la température.

Conduction : loi de Fourier, conductivité thermique, résistance thermique, équation de la chaleur en conductivité, capacité calorifique, diffusivité thermique

Convection : convection forcée, convection naturelle, coefficient de transfert thermique, nombres de Biot et de Fourier

Rayonnement : flux, émittance, réflectivité, absorptivité, transmittivité, corps noir, loi de Stefan Boltzmann, loi de Planck, émissivité, corps gris, loi de Kirchoff

PRÉREQUIS

Equations différentielles, dérivées, gradient et opérateur Laplacien

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h30
- formulaire autorisé et une feuille manuscrite recto verso autorisée
- Calculatrice autorisée
- En cas de tiers-temps : 1/3 de temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		10			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

TP1: Propagation acoustique dans des matériaux polymères, impédance acoustique, vitesse du son, réflexion et atténuation de l'onde.

TP2: Mesure de la permittivité d'isolants liquides (eau distillée, alcool, cyclohexane) et solides (polymères) à partir d'un analyseur d'impédances. Les résultats sont discutés par exemple en fonction du taux de cristallinité du polymère.

Suivant la fréquence de mesure et l'impédance du dispositif à caractériser, l'analyseur pourra donner une information correcte ou erronée. Cet aspect est clairement mis en évidence par la mesure de composants passifs.

CONTENU**PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100 % contrôle continu : comptes rendus de TP.

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	26				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Renforcement des compétences B1 pour tendre vers le niveau B2
 Introduction au discours scientifique
 Développement de vocabulaire scientifique
 Introduction à la recherche scientifique en anglais
 Ouverture à la communication orale formelle et informelle

CONTENU

1. Savoir exprimer une hypothèse future
 - 1.1 Maîtrise des formes du futur et les modaux pour la prédiction
 - 1.2 Maîtrise des modaux pour exprimer des conseils et des précautions
2. Description et analyse de données statistiques
 - 2.1 Rédaction de description de données statistiques
3. Compréhension Orale :
 - 3.1 Compréhension de descriptions et de présentations
 - 3.2 Compréhension globale de documents audio et vidéo authentiques
 - 3.3 Compréhension d'échanges d'information en face à face
5. Compréhension écrite
 - 5.1 Compréhension détaillée d'articles scientifiques
 - 5.2 Prise de notes et références bibliographiques à partir d'articles scientifiques
6. Expression écrite
 - 6.1 Rédaction de résumé à partir de présentations orales
 - 6.2 Rédaction de synthèse d'articles autour d'un même thème
7. Expression orale
 - 7.1 Présentation orale sur un thème lié au futur (voir 1.1 et 1.2)
 - 7.2 Participation à une simulation autour du thème de recherche choisi à 5.2 (évaluation finale).

PRÉREQUIS

Niveau B1 en anglais

BIBLIOGRAPHIE

- 4.1 Livres et Ouvrages
 - Fascicule de cours de 3ème année
 - Upjohn, Jonathan, Minimum Competence in Scientific English, PUG
 - Oxford Advanced Learner's Dictionary, OUP
 - New Scientist Magazine

4.2 Documents électroniques

1) www.newscientist.com

2) www.oup.com/elt/oald/

3) www.bbc.co.uk

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

50% contrôle continu

50% examen terminal :

- 1 épreuve orale - durée 2h (30' de préparation, 30' de passage, 1h de finalisation écrite)

- En cas de tiers-temps : 1/3 temps pour la préparation.

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
1	12				1.5

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

améliorer les compétences rédactionnelles ; optimiser une prise de notes en vue d'une synthèse ; élaborer une argumentation avec des outils linguistiques et rhétoriques ; s'initier à quelques formes de documents professionnels ; réviser les principales bases de l'orthographe en vue d'une relecture d'un document professionnel

CONTENU

séance 1 : initiation mindmap ;
séance 2 : test d'orthographe et corrigé ;
séance 3 : sensibilisation aux synonymes et application sur mails professionnels ;
séance 4 : notion de plan et rédaction d'un document type note de service/phase de projet ;
séance 5 : types d'argumentation et rédaction d'un discours d'entreprise ;
séance 6 : examen et autoévaluation

PRÉREQUIS

compréhension du français courant d'un document audio / vidéo / écrit

BIBLIOGRAPHIE

ouvrages et sites donnés par chaque formateur en cours

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
5.5	22				4

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

L'objectif du cours est d'acquérir ou consolider des connaissances sur l'entreprise. L'apprentissage conduira à une compréhension du fonctionnement général des organisations, une préparation au travail en équipe et à l'encadrement, à travers une réflexion sur les pratiques de management.

L'ensemble des apports théoriques sont directement appliqués via des décisions stratégiques et de gestion prises dans le cadre de la simulation de gestion CESIM

CONTENU

Analyse interne de l'entreprise (caractérisation - structure)

Analyse externe de l'environnement de l'entreprise

Gestion financière (analyse compte résultat, bilan et principaux indicateurs)

Gestion commerciale et marketing

Gestion des ressources humaines

Responsabilité Sociale de l'entreprise

PRÉREQUIS

cours d'économie et de droit du semestre 5

BIBLIOGRAPHIE

Poly de cours + documents complémentaires sur plateforme numérique

Simulation de gestion CESIM

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

34% contrôle continu

66% examen terminal :

- 1 épreuve orale - 20 minutes

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
18	18				2.5

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

L'analyse de Fourier et les probabilités doivent permettre de manipuler les outils mathématiques indispensables à d'autres sciences de l'ingénieur : l'analyse de Fourier est indispensable au traitement du signal et à la résolution des équations aux dérivées partielles, les probabilités aux statistiques et au traitement de données.

CONTENU

ANALYSE de FOURIER

Série de Fourier d'une fonction périodique L2 sur sa période. Théorème de Parseval
Série de Fourier d'une fonction périodique L1 sur sa période. Théorème de Dirichlet

Premières propriétés de la transformée de Fourier dans L1
Théorème d'inversion de la transformée de Fourier dans L1
Théorème de Plancherel
Convolution et transformée de Fourier

PROBABILITÉS

Espaces probabilisés
Probabilité conditionnelle et indépendance
Généralités sur les
variables aléatoires
Variables aléatoires discrètes
Variables aléatoires continues
Fonction caractéristique d'une variable aléatoire
Théorème limite centrale

PRÉREQUIS

Calcul intégral, séries, calcul différentiel, probabilité de base.

BIBLIOGRAPHIE

analyse de Fourier: Spiegel, Murray Ed. Schaum

probabilités :Vigneron, Logak ; Ed. Diderot

exercices de probabilités: licence, maîtrise et écoles d'ingénieurs(Cottrell... chez Cassini)

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
2					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
2	4				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : participation

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
1.5	1.5	12			3

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

- savoir lire et comprendre un script python ;
- écrire des petits scripts très simples (recherche des nombres premiers, construire la suite de Fibonacci, définir une fonction, tracer une courbe) ;
- utiliser python pour simuler des transferts thermiques (scripts de départ fournis).

CONTENU

- introduction à Python
- application à quelques scripts
- modélisation thermique d'une sphère se refroidissant par convection (cf cours de Transferts Thermiques)

PRÉREQUIS

- cours de Transferts thermiques
- aucune connaissance préalable de Python n'est nécessaire

BIBLIOGRAPHIE

- au niveau élémentaire : "Aide_Memoire_Python", Guillaume Laget, IUT1, Mesures Physiques, Grenoble, 2018
- au niveau avancé : "apprendre_python3_Swinnen.pdf", Georges Swinnen, 2000-2012

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve sur machine de 3h
- Documents autorisés
- Calculatrice autorisée
- En cas de tiers-temps : 1/3 de temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
2		3			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

- Suivi pédagogique individuel des étudiants par un tuteur enseignant.
- Apprendre à utiliser les outils de recherche bibliographique.

CONTENU**PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% évaluation projet : rapport écrit

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
2	2				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Effets rebonds et impacts environnementaux du numérique

CONTENU

Après quelques rappels brefs mais nécessaires sur la catastrophe écologique en cours, nous étudierons plus spécifiquement l'impact environnemental des technologies numériques (ou de manière plus large des technologies à base de semiconducteurs).

Les technologies numériques sont de plus en plus présentes dans nos économies et nos vies quotidiennes. La question de leur impact environnemental se pose de plus en plus, notamment en raison de la forte augmentation prévue des flux et stockages de données, ainsi que des objets numériques notamment dans le cadre de nouveaux usages (internet des objets, intelligence artificielle, métavers).

Nous verrons lors de quelles phases du cycle de vie l'impact environnemental est le plus important, ce qui permet d'avoir des points de repères sur les comportements individuels et collectifs permettant de limiter les impacts négatifs. Nous verrons également qu'il ne suffit pas de considérer les émissions de gaz à effet de serre, mais l'ensemble des impacts environnementaux.

Nous introduirons la notion clef d'effet rebond, avec tout d'abord une perspective historique, puis nous discuterons plus en détail les différents effets rebonds en lien avec les technologies à base de semiconducteurs. Le numérique est également parfois présenté comme faisant partie des solutions pour la transition énergétique. Nous discuterons de la possibilité d'établir un bilan entre impacts positifs et négatifs des technologies numériques.

Une fois ces bases posées, nous pourrons organiser des discussions argumentées entre étudiant·e·s sur le rôle des technologies (et donc des scientifiques et ingénieur·e·s !) dans les transitions écologiques et sociales à venir.

PRÉREQUIS

Aucun.

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8		8			1.5

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

- Connaître le principe physique de quelques capteurs
- être capable de choisir le capteur adéquat pour une mesure à effectuer,
- dimensionner une chaîne d'instrumentation complète en fonction d'un cahier des charges,
- comprendre et utiliser des datasheets

CONTENU

- Types de capteurs et leur principe physique (actifs, passifs)
- Propriétés des capteurs (étendue de mesure, précision, sensibilité, rapidité...)
- Propriétés du signal électrique
- Amplification du signal et réduction de la tension du mode commun
- Filtrage
- Échantillonnage
- Conversion analogique/numérique

PRÉREQUIS

Notions en électronique, en traitement du signal et en probabilité

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

30% contrôle continu : Compte rendu de TP

70% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h30
- Document autorisé : 1 feuille A4 recto/verso manuscrite
- Calculatrice autorisée
- En cas de tiers-temps : 1/3 temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
2		3			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

- ? Savoir définir une IA
- ? Avoir des notions du fonctionnement d'une IA
- ? Être capable de se servir d'une IA

CONTENU

1. Introduction
2. IA Analytique: Théorie et ateliers (réseaux de neurones, Teachable Machine)
3. IA Générative: Théorie et ateliers
4. Bonus : apprentissage par renforcement et algorithme génétique
5. L'impact environnemental et sociétal des LLMs

PRÉREQUIS

Cours de Simulation Python

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
				22	

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Gérer un projet, en équipe, en vue d'atteindre un objectif précis

Prendre des initiatives

Travailler en équipe

Gérer un projet, en équipe, en vue d'atteindre un objectif précis

Prendre des initiatives

Travailler en équipe

Prévoir et organiser le travail à effectuer

Tenir compte des contraintes organisationnelles, budgétaires, humaines

Rendre compte du travail fourni

Convaincre des partenaires de l'intérêt du projet et de la pertinence des décisions prises

CONTENU

20 séances de 2h où étudiants et encadrants se rencontrent pour faire le point et travailler sur l'avancée du projet.

Évaluation : Bilan intermédiaire (rapport écrit et soutenance orale) en décembre et final (rapport écrit et soutenance orale) en avril

PRÉREQUIS

Projets collectifs

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% évaluation projet : rapport écrit, soutenance orale

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		3			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Découvrir la microscopie électronique à balayage (MEB) pour l'observation et l'analyse des matériaux à l'échelle micrométrique et nanométrique.

CONTENU

- Descriptif des processus d'interactions électrons-matière
- Description des composants d'un équipement MEB
- Techniques d'observation de contraste de morphologie
- Techniques d'observation de contraste chimique
- Analyse chimique par EDX

PRÉREQUIS

- cours de chimie quantique

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
18	10				1.5

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Notions de base de la Mécanique des Matériaux solides.
Comportements élastique, plastique, visqueux.
Détermination expérimentale des propriétés mécaniques.

CONTENU

1. Contraintes : Vecteur contrainte ; Tenseur de contraintes ; Equation de mouvement ; Contraintes principales, sphériques et déviatoires
2. Cinématique du milieu continu (solide) : description Lagrangienne et Eulérienne
3. Loi de Comportement : Comportement élastique, homogène et isotrope ; Relations contraintes/déformations ; Loi de comportement thermo-élastique ;
4. Résolution de problèmes d'élasticité
5. Cercles de Mohr
6. Limite élastique, notions de plasticité

PRÉREQUIS

Mécanique du point matériel
Calcul Matriciel (valeurs et vecteurs propres)
Calcul vectoriel (produit vectoriel, opérateurs différentiels)
Équations différentielles

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h30
- Documents de cours autorisés
- Calculatrice autorisée
- En cas de tiers-temps : 1/3 temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		16			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Approche expérimentale de la Mécanique des milieux continue fluide et solide. Comparaison expérience/théorie.

CONTENU

TP 1 : Banc de traction

Objectif : Mesurer la répartition des déformations sur les éprouvettes et déterminer les caractéristiques des différents matériaux utilisés (module élastique, module de poisson..).

TP 2 : Enveloppe cylindrique épaisse

Objectif : Étude de la déformation d'un cylindre creux épais soumis à une pression interne.

TP 3 : Action d'un jet sur un obstacle

Objectif : Étude de l'action d'un jet frappant un disque ou une hémisphère, en fonction du débit.

TP 4 : Viscosimètre

Objectif: mesurer la viscosité de fluides newtonien et non newtonien en fonction de la température et du taux de cisaillement.

PRÉREQUIS

Cours de mécanique des milieux continus

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
10	8				1

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Notions de base de la Mécanique des Matériaux solides et fluides.

CONTENU

1 Introduction

2 Hydrostatique - Loi de Pascal, Poussée d'Archimède

3 Écoulement en conduite: fluide parfait, équation de Bernoulli, perte de charges

4 Descriptions lagrangienne et eulérienne ; Dérivée matérielle ; Comportement d'un fluide newtonien ; Équations de mouvement (Navier-Stokes)

PRÉREQUIS**BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h
- Document autorisé : 1 feuille A4 recto/verso manuscrite
- Calculatrice autorisée
- En cas de tiers-temps : 1/3 temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
10	8				1

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

appréhender les différentes classes de polymères et les propriétés physico-chimiques qui les caractérisent

CONTENU

Introduction
Thermoplastiques et thermodurcis- propriétés
Applications
Recyclage
Les masses molaires moyennes et distribution des masses
Dimensions de chaînes
Viscosité
Chromatographie
Morphologie

PRÉREQUIS

Remise à niveau Chimie

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h
- Documents interdits
- Calculatrice interdite, aucun autre matériel électronique autorisé
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	4		16		1.5

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Présentation des différents types de liaisons chimiques pour conduire à la compréhension des états condensés de la matière. Cours réalisé par une méthode APP (Apprentissage Par Problème) en connexion avec le cours de Physique du solide.

CONTENU

1 La liaison chimique : Les molécules diatomiques homonucléaires

1.1 L'ion moléculaire H_2^+

1.2 Méthode variationnelle, OM-CLOA

1.3 La molécule de dihydrogène

1.4 Introduction aux spectroscopies photoélectroniques XPS, UPS, ESCA

2 La liaison chimique : Les molécules diatomiques hétéronucléaire

2.1 Les molécules CO et HF

2.2 La liaison ionique: cas extrême de la liaison covalente

2.3 Moments dipolaires et différence d'électronégativité

3 Les molécules polyatomiques

3.1 Comparaison des approches par OM-CLOA et par hybridation des orbitales atomiques: molécules BeH_2 , BH_3 , CH_4 , H_2O

3.2 Approximation des électrons π appliquée aux hydrocarbures conjugués ou aromatiques, stabilisation par délocalisation électronique

PRÉREQUIS

Cours de chimie quantique: Notions de base en mécanique quantique, valeurs propres et fonctions propres, atomistique, orbitales atomiques

Calcul différentiel et intégral, matrices et déterminants

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques:

Chimie Physique-Approche moléculaire- D.A. McQuarrie, J.D.Simon Dunod- 2000

Liaison chimique et spectroscopie-M. Chabanel, P.Gresser Ellipse-1991

Chimie inorganique-Huheey, Keiter& Keiter De Boeck Université 1998

Les électrons et la liaison chimique -H.B Gray Ediscience-1969

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

30% contrôle continu

70% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h30

- Document autorisé : 1 feuille manuscrite RV
- Calculatrice autorisée, aucun autre matériel électronique autorisé
- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12	8				1

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Ce cours est une introduction à la science des matériaux polymères. L'objectif est de donner une culture générale sur les réactions et les procédés industriels de polymérisation.

CONTENU

Synthèse : Elaboration des matériaux polymères

- 1 Introduction
- 2 Polycondensation
- 3 Polymérisation en chaîne
 - 3.1 Radicalaire
 - 3.2 Ionique
- 4 Techniques de polymérisation
- 5 Synthèses stéréospécifiques, Aspects recyclage
- 6 Points à retenir

PRÉREQUIS

Bases de chimie organique (fonctions réactives et réactions chimiques de base)

BIBLIOGRAPHIE

Matériaux polymères -structure, propriétés et applications- Gottfried W.ehrenstein, Fabienne Montagne-Hermès Science

"Techniques and methods of polymer evaluation-Polymer molecular weights-Part I "Edited by Philip E.Slade, JR

Chimie des polymères, Jean-Pierre Mercier et Ernest Maréchal, traité des matériaux n°13, Presses polytechniques et universitaires romandes

Chimie et physicochimie des polymères, Michel Fontanille et Yves Gnanou, Ed Dunod

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

40% contrôle continu : épreuve sur tablette/ordinateur/téléphone portable via l'application Chamilo

60% examen final :

- 1 épreuve écrite - max 1h
- Document autorisé : une page de notes A4 manuscrite recto autorisée, aucun autre document
- Calculatrice autorisée, aucun autre matériel électronique.
- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		16			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Illustration des concepts théoriques développés dans le cours de synthèse et caractérisation des polymères dispensé en première année.

CONTENU

1 Synthèse de polymères

Polymérisation en masse du PS. Etude de la cinétique de la réaction par dilatométrie

Synthèse d'un polyamide par polycondensation interfaciale

2 Caractérisation de la distribution des masses molaires des PS synthétisés au TP 1, et de PS commerciaux par chromatographie d'exclusion stérique.

3 Étude de l'impact de

la température de cristallisation sur la morphologie et la cinétique de cristallisation des polymères (ici PEG) par microscopie optique en lumière polarisée avec contrôle de la température dans platine chauffante).

4 Mise en oeuvre, caractérisation et identification de matières plastiques.

Mise en oeuvre d'échantillons de PCL. Impact de la masse molaire et de la température de cristallisation sur la morphologie du polymère, et donc sur ses propriétés mécaniques et optiques. Identification de polymères de commodité à l'aide de tests simples.

PRÉREQUIS

Cours synthèse et caractérisation des matériaux polymères de première année (Matériaux 3)

BIBLIOGRAPHIE

-Matériaux polymères -structure, propriétés et applications- Gottfried W.ehrenstein, Fabienne Montagne-Hermès Science

-Techniques and methods of polymer evaluation-Polymer molecular weights-Part I Edited by Philip E.Slade, JR

-Chimie des polymères, Jean-Pierre Mercier et Ernest Maréchal, traité des matériaux n°13., Presses polytechniques et universitaires romandes

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% contrôle continu : comptes rendus de TP.

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		16			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

- Illustrer l'incidence des paramètres d'élaboration (solidification, traitements thermiques) sur la microstructure finale des alliages métalliques.
- Montrer le rôle de la microstructure sur quelques propriétés d'emploi (comportement en traction, dureté...).

CONTENU

1 Solidification d'alliages Al-Cu

- Concepts illustrés : Transformation de phases solide-liquide - Aspect cinétique : micro-ségrégation du cuivre lors de la solidification (modèle de Scheil-Gulliver)
- Outils : Coulée en lingotière - analyse thermique - métallographie - microscopie optique - analyse d'images

2 Trempe et revenu des aciers

- Concepts illustrés : Transformations de phases (displacives et diffusives) à l'état solide Rôle de la microstructure sur les propriétés des aciers (dureté)
- Outils : Fours de traitements thermiques - essais de dureté - essai de résilience - métallographie

3 Micrographies des fontes et des aciers

- Concepts illustrés : Etude des microstructures en relation avec la composition des alliages et les diagrammes de phases - Expertise d'une pièce de fonderie présentant différentes microstructures liées aux conditions de solidification des pièces (transitions entre phases métastables et phases stables)
- Outils : métallographie - microscopie optique - essai de dureté

4 Diffusion dans le système Cu-Zn

- Concepts illustrés : formation de phases intermédiaires dans un couple de diffusion - relation avec le diagramme de phases - aspect cinétique (croissance des couches)
- Outils : métallographie - microscopie optique

5 MEB

- Concepts illustrés : interactions électrons-matière
- Outils: microscopie électronique à balayage: contraste topographique, contraste chimique, EDX, EBSD.

PRÉREQUIS

- KAMA5M05: Introduction aux matériaux
- KAMA5M12: Cristallochimie
- KAMA5M13: Thermodynamique
- KAMA6M13: Métallurgie

BIBLIOGRAPHIE

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% contrôle continu : comptes rendus de TP.

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	4		16		1

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Introduction/découverte de la Physique du Solide.

L'objectif est d'établir les différents modèles pour connaître l'énergie des électrons dans la matière condensée. Dans un premier temps, nous introduisons le modèle des électrons libres (Notions abordées : Modèle de Sommerfeld - Niveau/surface de Fermi, Densité des états électroniques - Statistique de Fermi-Dirac). Dans un second temps, nous développons des modèles plus complexes (Modèle des électrons quasiment libres et modèle des liaisons fortes) qui tiennent compte des interactions des électrons avec les atomes du solide (Notions abordées : Théorème de Bloch, Zone de Brillouin, construction d'un diagramme de bande). Nous finissons par introduire le modèle de référence (Modèle de la masse effective) qui s'appuie sur les modèles précédemment étudiés.

CONTENU

Chapitre I : Modèle de Sommerfeld - Electrons libres

- a. Introduction
- b. Théorie des électrons libres (1D, 2D, 3D)
- c. Zone de Brillouin
- d. Statistique de Fermi-Dirac

Chapitre II : Modèle des bandes d'énergie - Electrons dans un potentiel périodique

- a. Potentiel périodique et théorème de Bloch
- b. Modèle des électrons quasi-libres
- c. Modèle des liaisons fortes
- d. Modèle des masses effectives
- e. Conclusion : comparaison des modèles

PRÉREQUIS

Cours de Chimie Quantique

Cours de Liaison Chimique

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

30% contrôle continu

70% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h
- Document autorisé : 1 feuille manuscrite recto/verso
- Calculatrice autorisée, aucun autre matériel électronique autorisé
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12	8				1.5

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Comprendre et modéliser les mécanismes physiques de propagation des ondes sonores, mécaniques (corde vibrante) et électromagnétiques.

Quantifier les transferts d'énergie dans un milieu et à l'interface entre deux milieux

Aborder les mécanismes de superposition d'ondes dans le domaine des battements, des ondes stationnaires et des interférences.

CONTENU

Introduction : représentation mathématique d'une onde se propageant, mesure de la vitesse de la lumière, loi de Descartes, effet Doppler.

Propagation : mécanisme de propagation de l'onde acoustique, mécanique (corde vibrante) et électromagnétique

Impédance : impédance acoustique, de la corde vibrante et électromagnétique. Réflexion, transmission.

Energie : énergie acoustique et électromagnétique. Transmission de l'énergie

Superposition d'ondes : Battements, ondes stationnaires

PRÉREQUIS

Dérivées, fonctions trigonométriques, gradient, rotationnel, divergence, thermodynamique, mécanique du point

BIBLIOGRAPHIE

Physique, Kane et Sternheim, Interéditions.

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h30
- formulaire autorisé et une feuille manuscrite recto verso autorisée
- Calculatrice autorisée
- En cas de tiers-temps : 1/3 temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	6		24		1.5

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Nous aborderons ici la physique des semi-conducteurs. Nous introduisons les matériaux semiconducteurs en abordant d'abord la notion de dopage (semiconducteurs intrinsèques et extrinsèques) pour aboutir à la jonction pn et ses applications (cellules solaires, diodes électroluminescentes).

Nous étudions ensuite le contact métal/semiconducteur (diodes schottky) puis nous terminerons par les transistors MOS.

CONTENU

1 La jonction p-n
Semi-conducteur intrinsèque et extrinsèque
La jonction p-n au repos
Jonction p-n sous polarisant
Diodes p-n réelles
2 Les diodes et les transistors
Diodes pn : applications
Diode Schottky
3 Le Transistor MOS
Principe d'une capacité MOS
Fonctionnement d'un transistor MOS
Evolution et Histoire du transistor MOS

PRÉREQUIS

- Cours Propriétés électriques de la matière
- Cours Physique du Solide

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

30% contrôle continu

70% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h30
- Document autorisé : 1 feuille manuscrite recto/verso
- Calculatrice autorisée, aucun autre matériel électronique autorisé
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
16	10				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

- Présenter les différentes étapes de l'élaboration des alliages métalliques (solidification et traitements thermiques).
- Montrer l'incidence des paramètres d'élaboration sur la structure finale du matériau en s'appuyant sur une description des aspects thermodynamiques et cinétiques des transformations de phases mises en jeu.

CONTENU

1. Diffusion dans les systèmes binaires
 - 1.1 Force motrice - aspect macroscopique (flux - Fick)
 - 1.2 Aspect microscopique - cinétique - coefficients de diffusion

- 2 Transformations liquide-solide et solidification
 - 2.1 Introduction : paramètres - procédés - structures (macro / micro)
 - 2.2 Nucléation - croissance
 - 2.3 Redistribution de soluté
 - 2.4 Forme de l'interface solide-liquide : front plan - cellules - dendrites
 - 2.5 Microstructures cellulaire et dendritique
 - 2.6 Solidification eutectique
 - 2.7 Solidification péritectique

- 3 Transformations en phase solide et traitements thermiques
 - 3.1 Forces motrices - interfaces
 - 3.2 Transformations par germination-croissance
 - 3.3 Précipitation continue (durcissement structural - alliages Al 2000)
 - 3.4 Précipitation cellulaire : transformation eutectoïde
 - 3.5 Transformation displacive : transformation martensitique
 - 3.6 Transformation bainitique
 - 3.7 Diagrammes TRC et TTT / Traitements thermiques

PRÉREQUIS

- KAMA5M05: Introduction aux matériaux
- KAMA5M12: Cristallochimie
- KAMA5M13: Thermodynamique

BIBLIOGRAPHIE

- [BIR 94] J.P. Birat et M. Larrecq, "La coulée et la solidification" dans "Le livre de l'acier", éditeurs scientifiques G. Béranger, G. Henry et G. Sanz, Technique et documentation Lavoisier, Paris 1994
- [DUR 87] F. Durand éditeur scientifique, "Solidification des alliages, du procédé à la microstructure", Editions de Physique, Les Ulis (France) 1987

- [FLE 74] M.C. Flemings, "Solidification Processing", McGraw-Hill, New York (US) 1974
- [KUR 89] W. Kurz and D.J. Fisher, "Fundamentals of solidification", Trans. Tech. Publ., Switzerland, 1989
- [LES 86-89] G. Lesoult, "Solidification" dans Techniques de l'Ingénieur, Métallurgie M1, articles M58 (1986), M59 (1989) et M 60 (1989)
- [MAS 90] T.B. Massalski, "Binary alloy phase diagrams", ASM International, 2nd edition (1990)
- [PHIL 98] J. Philibert, A. Vignes, Y. Bréchet et P. Combrade, "Métallurgie, du minerai au matériau", éd. Masson, Paris 1998
- [POR 92] D.A. Porter and K.E. Easterling, "Phase transformations in metals and alloys" 2nd edition, Chapman & Hall, London 1992
- [VER 75] J.D. Verhoeven, "Fundamentals of physical metallurgy", John Wiley & Sons, New York (US) 1975
- [GAU 97] M. Gäumann, P. Gilgien et W. Kurz, "La solidification des métaux traités par laser", Proceedings of LASERAP'97 conference, 6-10 oct.1997, Les Hauts de Marquay, France, ed. by A.B. Vannes
- [HUN 77] J.D. Hunt, "Cellular and primary dendrite spacing" in "Solidification processing", Iron Steel Inst. Publ., (1977), 3-9
- [TAS 93] C. Tassin, H. Bono, M. Pons, M. Durand-Charre, "Refusion superficielle de stellite F par irradiation laser ? influence du procédé sur la microstructure", 4e Congrès de Génie des Procédés, Grenoble (1993)

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h
- Document autorisé : 1 feuille A4 recto verso
- Calculatrice autorisée, aucun autre matériel électronique autorisé
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

KAI4MA - MATÉRIAUX 4ème ANNÉE		
Code Apogee	Intitulé	Coef/ECTS
SEMESTRE KAMA7S01	SEMESTRE 7 MAT (obligatoire)	0
UE KAMA7U06	UE1 : SHEJS (obligatoire)	4
BLOC KAX7TC01	Option à choix TC4 (choisir 1 fils)	0
KAX7ESTC	Enquête sociotechnique (ES)	0.3
KAX7IATC	Préparation au double diplôme IAE (IAE)	0.3
KAX7ERTC	Exposition à la recherche (ER)	0
KAMA7M02	Anglais (ANG1)	0.5
KAX7IPTC	Insertion professionnelle (IP)	0.2
UE KAMA7U09	UE2 : MATERIAUX INORGANIQUEES (obligatoire)	5
KAMA7M04	Poudres et Matériaux frittés (PMF)	0.33
KAMA7M06	Métallurgie mécanique (Met)	0.34
KAMA7M07	Métaux et céramiques-applications (Met TP)	0.33
UE KAMA7U10	UE3 : MATERIAUX ORGANIQUES (obligatoire)	5
KAMA7M17	Rhéologie (Rheo)	0.2
KAMA7M19	Propriétés physiques des polymères (Po)	0.45
KAMA7M08	Polymères-applications (Po TP)	0.35
UE KAMA7U04	UE4 : PROPRIETES FONCTIONNELLES DES MATERIAUX (obligatoire)	6
KAMA7M16	Cinétique électrochimique (Ec)	0.4
KAMA7M09	Magnétisme (Magn)	0.3
KAMA7M14	Surface et interfaces (Surf)	0.3
UE KAMA7U11	UE5 : CARACTÉRISATION DES MATÉRIAUX (obligatoire)	5
KAMA7M10	Cristallographie et diffraction (Cristallo)	0.4
KAMA7M11	Cristallographie et diffraction applications (Cristallo TP)	0.3
KAMA7M12	Méthodes d'analyse optiques (MAO)	0.3
UE KAMA7U12	UE6 : MODÉLISATION ET PROJETS 1 (obligatoire)	5
KAMA7M21	Projets collectifs 1 (Projets Co)	0.4
KAMA7M23	CAO - DAO (Solidworks) (CAO)	0.4
KAMA7M24	Éthique, transitions et gestion de projet (GP)	0.2
SEMESTRE KAMA8S01	SEMESTRE 8 MAT (obligatoire)	0
UE KAX8U001	UE1 : KALÉIDOSCOPE (obligatoire)	1
KAX8KATC	Kaléidoscope (KALEID)	0
UE KAMA8U09	UE2 : PHYSICO-CHIMIE DES MATERIAUX (obligatoire)	6
KAMA8M20	Méthodes d'analyse des surfaces (Ana surf)	0.15
KAMA8M01	Matériaux semi-conducteurs et pour l'optoélectronique (SC)	0.25
KAMA8M02	Physique fondements - applications (Phy Fond)	0.2
KAMA8M05	Analyse des surfaces-applications (Ana surf TP)	0.15
KAMA8M09	Cinétique électrochimique - applications (Ec TP)	0.25
UE KAMA8U06	UE3 : PROPRIÉTÉS STRUCTURALES ET MISE EN FORME (obligatoire)	4
KAMA8M22	TP Rhéologie (Rheo TP)	0.33
KAMA8M06	Résistance des matériaux (RDM)	0.34
KAMA8M08	Céramiques et verres (Ceram)	0.33
UE KAMA8U10	UE4 : MODÉLISATION ET PROJETS 2 (obligatoire)	3
KAMA8M12	Projet d'application sur les matériaux (PAM)	0.3
KAMA8M07	Simulation éléments finis (ANSYS) (Simul)	0.4
KAMA8M11	Projets collectifs 2 (Projets Co)	0.3
UE KAMA8U08	UE5 : SCIENCES DE L'INGÉNIEUR 2 (obligatoire)	3
KAMA8M15	Plan d'expériences (Plan exp)	0.25
KAMA8M16	Contrôle statistique des procédés (CSP)	0.25
KAMA8M17	Anglais (ANG2)	0.5
UE KAMA8T01	UE6 : STAGE 4ÈME ANNÉE (obligatoire)	13
KAMA8M18	Stage 4ème année (STAGE)	1

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
4	8				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Apprendre à savoir enquêter et interviewer sur des phénomènes socio-techniques, activité que devront les étudiants pendant leurs études, et tout au long de leur carrière d'ingénieur, par exemple pour conduire des projets de transitions socio-techniques.

CONTENU

Comprendre l'importance essentielle des méthodes pour limiter les biais, faire un plan d'enquête (construire des hypothèses détaillées indispensables, enquête qualitative par entretiens semi-directifs et une enquête quantitative par questionnaire) réaliser ce plan d'enquêtes et en tirer un bilan en terme de contenu et de méthode.

PRÉREQUIS

Enseignements de 3A et sensibilisation aux transitions

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
7	23				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Cet enseignement est réservé aux étudiants ayant été sélectionné après candidature en Année 3. L'objectif est d'apporter des connaissances en entrepreneuriat et complémentaires en gestion de projet. Ces enseignements serviront d'équivalence pour le diplôme du MAE.

CONTENU

Cet enseignement est dispensé sur recommandation de l'IAE pour amener les étudiants qui veulent préparer le Double Diplôme Master Ingénieur Manager. Il développe les compétences en management, et plus particulièrement en entrepreneuriat. Il vise aussi à renforcer par un travail opérationnel les compétences en Gestion de projet. Il s'agit d'un enseignement opérationnel en équipe-projet.

PRÉREQUIS

Avoir suivi Management d'entreprise, avoir candidaté et avoir été sélectionné en fin de 3A. Pour pouvoir suivre le double enseignement avec l'IAE en 5A, il faut réussir cette matière de préparation en 4A et avoir de bons résultats dans les autres matières pour y être autorisé.

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
2					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	24				1

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Renforcement des capacités de communication et de compréhension acquises en 3ème année
 Introduction à la communication en entreprise
 Etude de l'anglais de spécialité
 Préparation et validation du niveau d'anglais (B2 à C1) par le LINGUASKILL BUSINESS

CONTENU

Anglais de spécialité :

1.1 Propriétés des matériaux

o Propriétés

o Processus naturels et chimiques

1.2 Description de procédé technique

o Séquence

o Voix passive

1.3 Anglais pour les matériaux

o Lecture semi-guidée ou autonome d'articles spécialisés

o Compréhension orale de documents vidéo/audio spécialisés

o Compréhension et relevée de vocabulaire spécialisé.

PRÉREQUIS

Niveau B2

Connaissance du programme de 3ème année

BIBLIOGRAPHIE

Target Score

New Scientist (revue disponible à la documentation)

30 days to TOEIC

Documents électroniques

— www.newscientist.com— www.icivilengineer.com— www.oup.com/elt/oald/— www.bbc.co.uk**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

50% contrôle continu

50% examen terminal :

- 1 épreuve écrite – 1h

- Aucun document autorisé
- Aucun appareil électronique autorisé (téléphone, calculatrice, montre connectée...)
- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non-validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	9				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Savoir présenter sa candidature oralement pour conduire tout l'entretien de recrutement et cibler ses candidatures en fonction de son projet professionnel

CONTENU

Chaque étudiant travaille son projet professionnel et sa présentation lors des premières minutes d'un entretien de recrutement. Cette présentation ne devant pas être la lecture du CV, et devant permettre de conduire l'entretien ensuite. Les étudiants doivent venir avec leur CV à jour et 2 à 3 annonces sur lesquelles ils auraient envie de candidater. Des jeux de rôles d'entretien seront proposés.

PRÉREQUIS

Communication professionnelle (CV) et Cv en anglais (différents types de CV)

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
14	10				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Connaître et maîtriser les principes de fabrication des matériaux à partir de poudres et comprendre la genèse des microstructures des matériaux frittés pour trouver le meilleur compromis coûts / propriétés pour des pièces dont la forme peut être compliquée. Pour les métaux et alliages cette voie d'élaboration représente pour des raisons économiques une activité industrielle en très forte croissance. Pour les matériaux céramiques ces procédés de fabrication sont pratiquement incontournables et l'amélioration des propriétés des céramiques passe par la maîtrise du développement des microstructures lors du frittage. Positionnement dans le cadre d'une réflexion d'économie circulaire et de réutilisation des ressources.

CONTENU

Introduction et domaines d'application

I. Procédés d'élaboration des poudres

A. Méthodes mécaniques

B. Méthodes chimiques

II. Caractérisation des poudres

A. Taille des particules

B. Caractéristiques globales

C. Caractérisations chimiques

III. Mise en forme des corps crus

A. Préparation des poudres pour la mise en forme

B. Mise en forme par pressage

C. Mise en forme par voie liquide

D. Formage en pâte plastique

E. Autres procédés

IV. Frittage et maîtrise des microstructures

A. Introduction et objectifs

B. Les aspects théoriques et les mécanismes de frittage (cas du frittage en phase solide)

C. Des aspects pratiques du frittage

+ travail documentaire sur les impacts DDRS de cette filière

PRÉREQUIS

Thermodynamique des matériaux : diagrammes de phases, diffusion, germination, croissance

Chimie du solide et des solutions

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

20% contrôle continu

80% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h

- Document autorisé : 1 feuille A4 manuscrite recto/verso

- calculatrice autorisée, tout autre matériel électronique interdit

- En cas de tiers temps : sujet adapté

En cas de non-validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12	6				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Connaître et maîtriser les relations entre les micro mécanismes, les microstructures et les propriétés mécaniques des métaux et alliages

CONTENU

1 Les défauts et leurs comportements sous sollicitations thermiques ou mécaniques :

1.1 Ponctuels : lacunes, impuretés

1.2 Linéaires : dislocations

1.3 Bidimensionnels : joints de grains, interfaces, fautes d'empilement

1.4 Tridimensionnels : précipités

2 Les mécanismes de durcissement

3 La plasticité des métaux et alliages

3.1 Le comportement en traction

3.2 Le comportement en fluage

3.3 Rôle de la microstructure

4 La fatigue et la rupture

5 Mise en forme par déformation plastique

PRÉREQUIS

- KAMA5M12: Cristallochimie
- KAMA5M13: Thermodynamique
- KAMA6M13: Métallurgie
- KAMA6M14: TP Métallurgie/MEB
- KAMA6M15: Mécanique des Milieux Continus
- KAMA6M16: TP Mécanique

BIBLIOGRAPHIE

G.E. Dieter "Mechanical Metallurgy" SI Metric Edition, McGraw-Hill Book Company (1988)

D. Hull and D.J. Bacon "Introduction to dislocations" 3rd Edition, Butterworth Heinemann (1984)

J. Barralis et G. Maeder "Précis de Métallurgie : élaboration, Structure-Propriétés, Normalisation" Afnor et Nathan (1997)

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h

- Document autorisé : 1 feuille A4 manuscrite recto/verso

- calculatrice autorisée, tout autre matériel électronique interdit

- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		12			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Illustration pratiques des cours portant sur les relations propriétés - microstructure des matériaux inorganiques : métaux et alliages, céramiques et matériaux frittés

CONTENU

1. Durcissement structural des alliages d'Al.
2. Recristallisation de l'aluminium pure.
3. Frittage de ZnO.

PRÉREQUIS

- KAMA5M12: Cristallochimie
- KAMA5M13: Thermodynamique
- KAMA6M13: Métallurgie
- KAMA6M14: TP Métallurgie/MEB
- KAMA6M15: Mécanique des Milieux Continus
- KAMA6M16: TP Mécanique
- KAMA7M06: Métallurgie Mécanique

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

En cas de non-validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8	4				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Reconnaître les grandes classes de comportement des matériaux à l'état fluide. Savoir choisir un rhéomètre pour caractériser un fluide en fonction des propriétés à mesurer, du type de comportement et de la gamme de sollicitations envisagés. Prise de conscience de l'importance de la rhéologie pour une très large gamme d'applications (du sang au béton en passant par les polymères fondus et en solution)...

CONTENU

1 Les types de sollicitations

- 1.1 Elongation,
- 1.2 Cisaillement

2 Les rhéomètres de cisaillement

- 2.1 Rhéomètres capillaires
- 2.2 Rhéomètres rotatifs

3 Phénomènes visqueux :

- 3.1 Fluides Newtoniens, rhéofluidifiants, rhéoépaississants.
- 3.2 Influence de la pression, de la température
- 3.3 Exemples types : solutions, suspensions, polymères à l'état fondu

4 Phénomènes de seuil d'écoulement et de thixotropie

- 4.1 Suspensions
- 4.2 Polymères chargés

5 Phénomènes viscoélastiques

- 5.1 Caractérisation
- 5.2 Modélisation (notions)

PRÉREQUIS

Enseignement de mécanique des milieux continus d'année 3

BIBLIOGRAPHIE

- « Comprendre la Rhéologie » Ouvrage collectif du Groupe Français de Rhéologie, Philippe Coussot et Jean-Louis Grossiord, EDP Sciences, 2002

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% contrôle continu

En cas de non-validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
18	12				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Donner aux étudiants les principales notions de physique et de mécanique des polymères à l'état solide nécessaires à la compréhension de leur comportement en fonction de la température, de la fréquence de sollicitation et de la charge appliquée.

CONTENU

Introduction

A - Le polymère à l'état solide

1. Généralités
2. État vitreux
3. État cristallin
4. État caoutchoutique. Élastomères

B - Propriétés thermomécaniques des polymères

1. Introduction
2. Viscoélasticité des polymères
3. Equivalence temps-température

C - Caractérisation des polymères

1. Test de traction
2. Résistance aux chocs
3. Mécanisme de rupture
4. Propriétés mécaniques dynamiques
5. Analyse thermique: ATG, DSC, MDSC
6. Autres caractérisations

D - Mise en oeuvre et formulation des polymères

1. Mise en oeuvre
2. Formulation

E - Points à retenir

PRÉREQUIS

Enseignement de polymère de troisième année

BIBLIOGRAPHIE

- *Introduction to polymers, R.J. Young P.A. Lovell - Chapman & Hall
- *Traité des matériaux, Presses polytechniques et universitaires romandes - Volumes 1 et 14
- *De la macromolécule au matériau polymère, J. L Halary, F. Lauprêtre - Belin
- *Thermal characterization of polymeric materials, Edith A. Turi, Academic press vol1 et 2
- *Physique des polymères tome I, P. Combette, I. Ernoult - Hermann Éditeurs
- *Introduction à la physique des polymères, S. Etienne, L. David -Dunod
- *Supports de formation DMA TA Instruments
- *Initiation à la chimie et à la physico-chimie des polymères:Ouvrages et supports de cours du GFP

*Intervention de Mr Gonnet Nexans : Procédés de mise en oeuvre et transformation

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

40% contrôle continu : épreuve sur tablette/ordinateur/téléphone portable via l'application Chamilo

60% examen final :

- Épreuve écrite - max 2h
- Document autorisé : une page de notes A4 manuscrite recto autorisée, aucun autre document
- Calculatrice autorisée et aucun autre moyen électronique.
- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		12			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Illustration du cours sur la viscoélasticité des polymères

CONTENU

1 Calorimétrie différentielle à balayage

- Tg, relaxation enthalpique - vieillissement physique, fusion, cristallisation
- PS
- PET mis en oeuvre par injection-soufflage (bouteille de coca-cola)

2 Analyse thermo-mécanique dynamique (DMTA) de la mise en oeuvre d'une résine époxy (colle Araldite)

- Impact sur les propriétés mécaniques (température de transition, module G', G'' etc) de la température de post traitement (ambiante, -5C, 45C) sur une éprouvette moulée à température ambiante et ainsi réticulé pendant 24h.

3 Essais de traction sur éprouvettes standardisées

- Caractérisation des propriétés mécaniques en traction
- module d'élasticité, allongements et contraintes au seuil d'écoulement et à la rupture
- Couples de polymères : PS cristal-PS choc, PEBD-PEHD, PP-PP chargé FV, PET amorphe-PET cristallin, etc.

PRÉREQUIS

Enseignements de polymères d'années 3 et 4

BIBLIOGRAPHIE

Idem à celle du cours correspondant.

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% contrôle continu : comptes rendus de TP

En cas de non-validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
20	14				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Cinétique électrochimique : Application à la corrosion

CONTENU

Introduction générale : coût de la corrosion et enjeux

Partie I : Notions élémentaires et rappels d'électrochimie

I. Quelques définitions

II. Loi de Nernst

III. Application loi de Nernst : les diagrammes E-pH

IV. Règle du gamma : réactions spontanées

V. Système hors équilibre

1. Rendement faradique
2. Courbes intensité – potentiel
3. Tracé des courbes $I=f(E)$

Partie II : Cinétique électrochimique : aspects théoriques

I. Transfert de charge pur : Loi de Butler-Volmer

1. Loi de Butler-Volmer
2. Les lois limites : droites de Tafel et Résistance de polarisation
3. Courbes de polarisation en régime pur de transfert

II. Régime de diffusion pur : Loi de Fick

1. Expression de la concentration et couche de diffusion
2. Densité de courant d'échange
3. Densité de courant limite
4. Contrôle des conditions hydrodynamiques

III. Régimes mixtes

1. Equation $i=f(\eta)$
2. Détermination R_p de l'électrode

IV. Détermination des paramètres cinétiques

1. Cas d'un régime de transfert de charge pur
2. Correction de diffusion : transfert mixte

V. Electrodes multiples

1. Processus concurrents et non concurrents
2. Processus non concurrents-Tension mixte

VI. Systèmes en fonctionnement

1. Fonctionnement générateur
2. Fonctionnement récepteur

Partie III. Corrosion des métaux

I. Thermodynamique de la corrosion

1. Prédiction de la corrosion
2. Diagrammes de Pourbaix

II. Cinétique électrochimique de la corrosion

III. Mécanismes des processus cathodiques

IV. Mesure de la vitesse de corrosion

1. Méthode graphique
2. Perte de masse
3. Résistance de polarisation au potentiel de corrosion

V. Les différents types de corrosion

1. Corrosion uniforme ou généralisée
2. Corrosion galvanique
3. Passivation des métaux
4. Corrosion localisée par piqure
5. Corrosion par aération différentielle
6. Corrosion sous contrainte

VI. Protection contre la corrosion

1. Traitement de passivation
2. Revêtement protecteur
3. Modification du milieu
4. Inhibiteur de corrosion
5. Anode sacrificielle et Protection cathodique à courant imposé

PRÉREQUIS

Réaction d'oxydo-réduction, Loi de Nernst, Diagramme E-pH, loi de Faraday

BIBLIOGRAPHIE

- J. Besson, Précis de thermodynamique et de cinétique électrochimiques, Ellipses, Ed. Marketing, Paris (1984), ISBN 2 7298 9604 X
- F. Miomandre, S. Sadki, P. Audebert, R. Méallet-Renault, Electrochimie Des concepts aux applications, Dunod, Paris (2005), ISBN 2 10 007088 6
- C. Lefrou, P. Fabry, J-C. Poignet, L' électrochimie Fondamentaux avec exercices corrigés, EDP Sciences (2009), ISBN 978 2 7598 0425 2
- J-P. Diard, B. Le Gorrec, C. Montella, Cinétique électrochimique, Hermann (1996), ISBN 2 7056 6295 2
- C. Lefrou, R.P. Nogueira, F. Huet, H. Takenouti, Shreir's Corrosion Fourth Edition, Volume I, Electrochemistry, Elsevier (2010), ISBN 978 0 444 52788 2
- D. Landolt, Corrosion et chimie des surfaces et des métaux, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (réédition)

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h
- Document autorisé : 1 feuille A4 manuscrite recto/verso
- Calculatrice autorisée, tout autre matériel électronique interdit
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1.33)
- Présentation travail bibliographique : compte uniquement en bonus de 20% de la note finale si cela augmente la moyenne globale de l'examen écrit.

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
14	8				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Le cours de Physique-Fondements est une introduction classique à la physique de l'état solide, avec dans une première partie la nature des liaisons cristallines et leur rôle dans les propriétés physiques, la quantification des vibrations du réseau sous forme de phonons et les conséquences sur les propriétés thermiques. La seconde partie du cours enchaîne sur les propriétés électroniques des solides basée avec une description de la conduction électronique par le modèle du gaz d'électrons libres de Drude, puis une amélioration du modèle par une approche quantique. Le chapitre suivant sera consacré à la théorie des bandes. Les deux derniers chapitres seront consacrés aux propriétés électroniques des métaux et des semi-conducteurs. La troisième partie du cours donne à un ingénieur les connaissances de base pour une bonne compréhension des matériaux magnétiques. Le cours démarre par une étude de la physique du magnétisme et détaille les quatre énergies qui gouvernent le comportement magnétique des matériaux (énergie d'échange, énergie Zeeman, énergie démagnétisante et énergie magnétocristalline).

CONTENU

- 1 Liaisons dans les solides
- 2 Phonons : modes de vibrations des atomes
- 3 Phonons : propriétés thermiques
- 4 Conduction électronique : approche classique
- 5 Conduction électronique : corrections quantiques
- 6 Théorie des bandes
- 7
- Propriétés électroniques des métaux
- 8 Propriétés électroniques des SC
- 9 Magnétostatique des milieux aimants
- 10 Techniques expérimentales en magnétisme
- 11 Magnétisme de l'atome isolé
- 12 Ferromagnétisme
- 13 L'anisotropie magnétocristalline

PRÉREQUIS

Techniques mathématiques de la Physique (Matrices, Variables complexes, Equations aux dérivées partielles) Méthodes de la chimie quantique (équation de type Schrödinger) Magnétostatique du vide (E, B, Equations de Maxwell)

BIBLIOGRAPHIE

- Introduction à la physique du solide, Ch. Kittel, Dunod (1988)
- Simulations for Solid State Physics, Silsbee & Drager, Cambridge Uni. Press (1997)
- Magnétisme : Vol I - Fondements, Vol II - Matériaux et applications. Presses Universitaires de Grenoble 1999. Modern Magnetic Materials : Principles and Applications, R. C. O'Handley, (Wiley and Sons, New York, 199

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

10% contrôle continu : quiz de début de séances, participation et rendu de DM

90% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h30

- Documents interdits

- En cas de tiers temps : 1/3 de temps supplémentaires

En cas de non-validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
10	8				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Montrer à travers quelques exemples et illustrations le rôle important joué par les surfaces/interfaces au sein des systèmes physiques et physico-chimiques.

Décrire la structure et la morphologie des surfaces/interfaces.

Comprendre les concepts de base qui régissent l'équilibre mécanique et physico-chimique de systèmes comportant des interfaces Introduction à la physico-chimie des surfaces et interfaces.

Présentation des différents modèles et leurs applications.

Etudier les propriétés de mouillage et d'adhésion aux interfaces et le rôle particulier des surfaces et interfaces dans les systèmes de petite taille. Introduction au

CONTENU

Chapitre 1: Généralités sur les surfaces, interfaces et interphases

1- Introduction

2- La surface et ses défauts

3- Adsorption

4- Expression simplifiée de l'énergie associée à la surface d'un corps pur

5- Interfaces

Chapitre 2: Equilibre mécanique et physico-chimique des systèmes comportant des interfaces

1- Introduction : approche intuitive de l'énergie / tension de surface

2- Approche thermodynamique de l'énergie interfaciale - relation entre énergie interfaciale et contrainte interfaciale

3- Equilibre mécanique d'un système hétérogène présentant des interfaces courbes : Loi de Laplace

4- Forme d'équilibre d'un cristal : Diagramme de Wulf

5- Energie interfaciale et ségrégation

Chapitre 3: Mouillabilité et Adhésion - Applications

1- Introduction

2- Equilibre de mouillage - relation de Young

3- Mesure de l'angle de contact par la méthode de la goutte déposée

4- Travail d'adhésion (relation de Young et Dupré), travail de cohésion et d'immersion

5- Applications : montée capillaire - loi de Jurin, cinétique d'infiltration - relation de Washburn

6- Capillarité versus gravité (forme des gouttes)

7- Mouillage des surfaces réelles : effets de rugosité et d'hétérogénéités

8- Mesure de l'énergie de surface

9- Mouillage non réactif, mouillage réactif

10- Exemples de mouillage dans différents systèmes

11- Assemblage des matériaux par brasage

PRÉREQUIS

Notions de base de la thermodynamique des solutions et des équilibres de phases (énergie libre, enthalpie libre, potentiel chimique, activité chimique, équilibres chimiques, diagrammes d'équilibres de phases).

Notions de base en sciences et génie des matériaux (différentes classes de matériaux, microstructures et propriétés associées).
Notions élémentaires de cristallographie (structure atomique, plan et direction cristallographique, indices de Miller).

BIBLIOGRAPHIE

- Gouttes, Bulles, Perles et ondes. PG. De Gennes, F. Brochard-Wyart, D. Quéré. Édition Belin, Collection Echelles, 2005
- Chemical Thermodynamics of Materials. CHP. Lupis. Elsevier Science Publishing Co., 1983
- Wettability at High Temperatures. N. Eustathopoulos, N. Nicholas, B. Drevet. Pergamon Materials Series, Elsevier, Amsterdam, 1999
- Surface tension and adsorption. R. Defay, I. Prigogine. Longmans, 1966
- Éléments de Métallurgie Physique. Y. Adda, J-M. Dupouy, J. Philibert; Y. Quéré. Tome 4, Chap. 29. Edit. CEA-INSTN, France, 1987
- Endommagement interfacial des métaux. G. Saindreman, R. Le Gall, F. Christien. Ellipses, 2002
- Interfaces in crystalline materials. A.P. Shutton, R.W. Baluffi. Clarendon Press, 1996

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h
- Document autorisé : 1 feuille A4 recto/verso de notes manuscrites
- calculatrice autorisée, tout autre matériel électronique interdit
- En cas de tiers-temps : 1/3 de temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
10	8				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Comprendre comment la matière condensée cristallisée est décrite avec le réseau direct et ses symétries .
 Comprendre le processus de diffraction et le réseau réciproque.
 Etude des techniques expérimentales utilisées dans l'industrie
 Connaissances des exponentielles complexes et des transformées de Fourier

CONTENU

1 Bases fondamentales
 1.1 Production des rayons X et des neutrons
 1.1.2 Spectre de rayonnement synchrotron
 1.2 Interaction rayonnement - matière
 1.2.2 Construction d'Ewald et loi de Bragg
 1.2.3 Intensités diffractés et facteur de structure
 2 Caractérisation par rayons X
 2.1 Méthode de Debye-Sherrer
 2.2 Méthode de fluorescence
 2.3 Méthode du cristal tournant

PRÉREQUISBIBLIOGRAPHIE

P. Ducros, Radiocristallographie .
 J.P. Eberhart, Méthodes physiques d'étude de minéraux et matériaux solides.
 M. Van Meerssche, J. Feneau, Introduction à la Cristallographie 1-

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h
- Documents interdits
- Calculatrice autorisée
- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		12			4

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Mettre en application les notions théoriques abordées en cours et en TD.

Voir les possibilités de quelques expériences de caractérisation aux rayons X des matériaux

Se rendre compte des limitations de ces expériences

CONTENU

Il y a 4 expériences de caractérisation aux rayons X disponibles :

Expérience de Debye-Scherrer

Expérience de fluorescence

Cristal tournant

Diffractionmètre de poudre, compteur proportionnel

Les expériences se font en binôme et chaque étudiant fait 3 expériences parmi les 4 (fluorescence, cristal tournant et soit Debye-Scherrer soit Diffractionmètre de poudre).

PRÉREQUIS

Cours et TD de cristallographie (MAT3) et de caractérisation X (MAT4)

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- L'examen consistera en la rédaction d'un compte rendu sur l'un des thèmes traités en TP, suivi d'une exploitation de données portant sur un autre thème.
- Cahier de TP avec notes manuscrites autorisé
- Calculatrice autorisée.
- En cas de tiers-temps : sujet adapté.

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8	2				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Apport des notions de base en analyse optique dans une perspective d'outil de caractérisation chimique, physique et structurale de matériaux variés.

Situer les avantages et désavantages de l'analyse optique (aussi par rapport à d'autres techniques de caractérisation).

CONTENU

1 Introduction / Généralités

1.1 La spectroscopie optique

1.2 Vibrations dans la matière

1.3 Interactions rayonnement-matière

2 Dénombrement des vibrations

2.1 Symétrie moléculaire

2.2 Symétrie des vibrations

3 Applications

3.1 Applications pratiques

3.2 Spectroscopie IR

3.3 Spectroscopie Raman

3.4 Comparaison IR/Raman

3.5 Application à l'étude d'espèces adsorbées

3.6 Exemples

PRÉREQUIS

Notions de base de cristallographie, de Physique et Chimie du solide et de Mécanique quantique. Outils mathématiques usuels.

BIBLIOGRAPHIE

Les techniques de l'ingénieur

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h

- Documents autorisés

- En cas de tiers-temps : 1/3 de temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
				22	

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Gérer un projet, en équipe, en vue d'atteindre un objectif précis

Prendre des initiatives

Travailler en équipe

Prévoir et organiser le travail à effectuer

Tenir compte des contraintes organisationnelles, budgétaires, humaines

Rendre compte du travail fourni

Convaincre des partenaires de l'intérêt du projet et de la pertinence des décisions prises

CONTENU

20 séances de 2h où étudiants et encadrants se rencontrent pour faire le point et travailler sur l'avancée du projet.

Evaluation : Bilan intermédiaire (rapport écrit et soutenance orale) en décembre et final (rapport écrit et soutenance orale) en avril

PRÉREQUIS

Projets collectifs (Année 3)

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% évaluation projet : rapport écrit, soutenance orale

En cas de non-validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		24			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Maîtriser les principes fondamentaux de la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) et de la Dessin Assisté par Ordinateur (DAO) en utilisant SolidWorks.

Apprendre à créer des modèles 3D et des dessins techniques de pièces mécaniques et d'assemblages.

Acquérir des compétences pratiques dans la modélisation paramétrique, la création de fonctionnalités, et l'utilisation d'outils de conception avancés.

Comprendre les techniques de cotation, d'annotation et de mise en plan pour la communication des conceptions techniques.

CONTENU

Introduction à SolidWorks et à l'environnement de travail.

Création de croquis 2D et utilisation des outils de dessin pour créer des géométries de base.

Modélisation 3D à l'aide de fonctionnalités paramétriques telles que extrusion, révolution, congé, etc.

Conception d'assemblages en utilisant des contraintes de liaison et des composants standard.

Création de dessins techniques avec des vues en plan, en élévation, en coupe, et des vues éclatées.

Mise en place de cotation, d'annotations et de tables pour la documentation technique.

Réalisation d'un projet pratique où les étudiants concevront et modéliseront un produit mécanique complet, produiront des dessins détaillés et des assemblages, et présenteront leur travail de manière professionnelle.

PRÉREQUIS**BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

50% contrôle continu

50% évaluation projet : rendu + soutenance

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
6	28				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Equiper les étudiants avec les méthodes et outils de Gestion de projets et comprendre leur intégration dans des projets technologiques spécifiques à la filière, tout en travaillant sur l'éthique de l'ingénieur et en intégrant les transitions dans leur projet technique

CONTENU

Comprendre ce qu'est un projet et , la différence par rapport au travail universitaire, ses méthodes et outils génériques, concevoir un projet, organiser et piloter un projet ou des tâches dans un projet, manager et motiver une équipe, réfléchir collectivement et déterminer son éthique d'ingénieur, identifier, analyser et réduire les impacts socio-environnementaux du projet,

Le tout mis en oeuvre à l'occasion du projet de 4A, accompagnement, évaluation intermédiaire et finale avec le projet réalisé.

PRÉREQUIS

Management d'entreprise 3A, Dynamique d'équipe 3A, Droit et RSE 3A, Economie du donut3A

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	25				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Semaine d'enseignements et de projets mélangeant les élèves des huit écoles de Grenoble INP. Pendant cette semaine les élèves de deuxième année et de M1 sont invités à participer à des activités pédagogiques proposées par les autres écoles de Grenoble INP, par son Département Humanités et Pédagogies, par les FabLabs, par des associations étudiantes, par la Design Factory-UGA et par les laboratoires de recherche qui sont en lien avec les écoles.

CONTENU

Quatre-vingt cinq activités variées sont proposées, de durées variables (entre 1 et 4 jours) autour des thèmes suivants :

- Enseignements d'initiation
- Ethique
- Fablabs, prototypage
- International- Interculturel
- Recherche
- Transitions

PRÉREQUIS**BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8					2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Etude détaillée de quelques techniques de caractérisation (MEIS, XPS et microscopies à sonde locale) utilisées comme outils de contrôle des surfaces et des couches minces. Cet enseignement est illustré par de nombreux exemples d'application.

CONTENU

- 1 Ordres de grandeur en Physique des surfaces et en Physique du vide. Instrumentations : sources, analyseurs et détecteurs
- 2 Physique de la MEIS. Applications à l'étude des matériaux et structures.
- 3 XPS, physique et applications.
- 4 Microscopies à sonde locale, physique et applications.

PRÉREQUIS

Notions de physique du solide et de mécanique quantique. Outils mathématiques usuels.

BIBLIOGRAPHIE

L.C. Feldman et J.W. Mayer, Fundamentals of surface and thin film analysis (North-Holland, New-York, 1984).

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h
- Documents interdits
- calculatrice interdite, tout autre matériel électronique interdit
- En cas de tiers-temps : 1/3 temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
16	8				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Le choix des matériaux et l'optimisation de leurs propriétés optoélectroniques principalement dans le domaine de l'émission visible et infra-rouge et de la photo détection et de l'imagerie sont discutés.

Montrer comment les propriétés physiques de base des matériaux semiconducteurs peuvent être exploitées dans la mise au point de dispositifs optoélectroniques fonctionnels et dans l'optimisation de leur fonctionnalités (sensibilité, rendement quantique d'émission, fréquence maximale de fonctionnement.

CONTENU

Chapitre I : Introduction

- I.1 Les semiconducteurs dans la famille des solides.
- I.2 Les différents semiconducteurs.
- I.3 Distinction entre un métal un isolant (ou semiconducteur).
- I.4 Structure de bandes d'énergie dans un semiconducteur : relation de dispersion.
- I.5 Semiconducteurs à gap direct ou indirect.

Chapitre II : Semiconducteur à l'équilibre thermodynamique et hors équilibre thermodynamique

II.1 Semiconducteurs intrinsèque et extrinsèque à l'équilibre thermodynamique.

II.2 Mise hors équilibre thermodynamique d'un semiconducteur par excitation électrique :

- a) Expression du courant électrique dans un semiconducteur.
- b) Taux de génération et de recombinaison.
- c) Equation de continuité.

II.3 Mise hors équilibre thermodynamique par une excitation lumineuse.

- a) Absorption et réflexion
- b) Mécanismes d'absorption : Approche qualitative
- c) Emission stimulée : amplification laser.

Chapitre III : Modélisation de l'absorption et de l'émission

III.1 Taux Spectral d'Absorption.

III.2 Taux Spectral d'Emission Spontanée.

III.3 Taux spectral d'Emission Stimulée.

III.4 Taux Global d'Emission Spontanée : Rsp

III.5 Emission Stimulée : Condition d'amplification de la lumière.

III.6 Durées de vie radiative et non radiative.

Chapitre IV : Emetteurs et récepteurs de rayonnement à semiconducteurs

IV.1 Introduction

IV.2 La jonction p-n, l'outil qui permet d'utiliser les photons

- 2.a - Rappel : la diode p-n silicium.
- 2.b - Emission de lumière dans une Diode Electroluminescente (DEL)
- 2.c - Matériaux pour les DEL.
- 2.d - Temps de réponse, Fréquence de coupure.
- 2.e - Structure d'une DEL

IV.3 Diode Laser à Semiconducteur

- 3.a - Principe du Laser : Rappel.
- 3.b - Structure d'une diode Laser : Jonction p-n.
- 3.c - Le Gain du Laser : Condition d'émission stimulée.
- 3.d - Condition d'oscillation de la cavité.
- 3.e - Structure fine de la raie d'émission.

PRÉREQUIS

Mathématiques : Equation différentielle du deuxième ordre à coefficients constants.

Propriétés électriques des matériaux, vibration et ondes, liaisons chimiques

Physique des semiconducteurs

Physique des dispositifs électroniques intégrés

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- Physique des semi-conducteurs et des composants électroniques, H. Mathieu, Dunod (2001)
- Physics of Semiconductors devices, Sze, Wiley (1981).

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 1h30
- Document autorisé : 1 feuille A4 RV manuscrite
- Calculatrice simple obligatoire, tout autre matériel électronique interdit
- En cas de tiers-temps : 1/3 de temps supplémentaire

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		16			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Renforcer la compréhension des phénomènes fondamentaux dans les domaines du magnétisme et des transferts thermiques par la réalisation d'expériences simples et illustratives.

CONTENU

4 applications de travaux pratiques seront réalisées :

- Magnétostatique :

Carte de champ magnétique générée par un aimant et par une bobine parcourue par un courant, freinage magnétique par courants de Foucault

- Electromagnétisme :

Induction magnétique dans une bobine, mesure de l'aimantation d'un aimant par induction magnétique, force de freinage électromagnétique

- Transferts thermiques (2 TP):

Mesure de la conduction thermique dans les matériaux, effet Peltier/Seebeck, observation visuelle des courants de convection par effet schlieren, caractéristique d'un panneau solaire photovoltaïque

PRÉREQUIS

Transferts thermiques, magnétisme, Python.

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu : comptes rendus de TP

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		12			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Mise en pratique des méthodes d'analyse des surfaces traitées dans le cours "Méthodes d'analyse des surfaces" du semestre 8 (AFM, STM, XPS, MEIS)

CONTENU

AFM: différents modes d'utilisation (contact, contact intermittent..), courbe approche-retrait, impact des paramètres d'asservissement

STM: étude d'un échantillon HOPG, étude de la structure atomique, courbes I(V) et I(z)

XPS: étude de la composition chimique à la surface d'un échantillon

MEIS: étude de la structure à la surface d'un échantillon par faisceau d'ions

PRÉREQUIS

Cours METHODES D'ANALYSE DES SURFACES, semestre 8

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

En cas de non-validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
6		28			3

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Maitriser les méthodes expérimentales utilisées pour l'étude des réactions électrochimiques.

CONTENU

- Réaction électrochimiques spontanées
- Régulations en tension ou courant
- Réactions électrochimiques non spontanées
- Formation de H₂ sur différents métaux
- Dépôts métalliques
- Corrosion électrochimique uniforme
- Corrosion galvanique

PRÉREQUIS

Réaction d'oxydo-réduction, Loi de Nernst, Diagramme E-pH, loi de Faraday

BIBLIOGRAPHIE

- ATLAS D'EQUILIBRES ELECTROCHIMIQUES, M. Pourbaix ; Gauthier Villard, 1963
- MODERN ELECTROCHEMISTRY (1 et 2). J.O .M. Bockris, A.N. Reddy ; Plenum Press 1970
- MANIPULATIONS D'ELECTROCHIMIE, J. Besson et J. Guillon ; Masson, 1972
- CRC HANDBOOK OF PHYSICS AND CHEMISTRY ; CRC Press, 1995
- ELECTROCHIMIE PRINCIPES, METHODES ET APPLICATIONS, Allen J.Bard and Larry R.Faulkner ; Masson 1983
- L'OXYDOREDUCTION, CONCEPTS ET EXPERIENCES, J. Sarrazin et M. Verdaguer ; Ellipses, Ed. Marketing (1991).
- CINETIQUE ELECTROCHIMIQUE, J-P. Diard, B. Le Gorrec et C. Montella ; Hermann (1997).
- CORROSION ET CHIMIE DE SURFACES DES METAUX, D. Landolt ; Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, (1993).

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- examen pratique 2h30 + soutenance 20-30min (rendu CR)
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1.33)

En cas de non-validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		16			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Comprendre les principes de base de la rhéologie.

Apprendre à utiliser des appareils de rhéométrie pour caractériser les propriétés des fluides non newtoniens.

Étudier le comportement des fluides non newtoniens sous différentes conditions.

Analyser les résultats expérimentaux pour interpréter les propriétés rhéologiques des fluides.

CONTENU

Présentation des principaux appareils de rhéométrie (rheomètres) et de leurs caractéristiques.

Manipulation des appareils de rhéométrie pour mesurer la viscosité, la rhéologie dynamique, et d'autres propriétés des fluides non newtoniens.

Réalisation d'expériences pour étudier le comportement des fluides non newtoniens sous différentes contraintes de cisaillement, températures, etc.

Analyse des données expérimentales et interprétation des résultats pour comprendre les caractéristiques rhéologiques des fluides étudiés.

Discussion et conclusions sur les observations et les implications des résultats obtenus.

PRÉREQUIS

Cours de rhéologie.

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu : comptes rendus de TP

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8	8				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Mise en place des concepts, des outils et des principes généraux de la résistance des matériaux. Acquisition progressive de la notion de milieux déformables avec les approximations connues de la théorie des poutres. Compréhension des bases de la mécanique des matériaux et de la résolution de problèmes de poutres en extension

CONTENU

1 Principes et notions de base

- 1.1 Introduction ; Hypothèses de base ; Méthode de résolution.
- 1.2 Classes de comportement
- 1.3 Objets et bases de la résistance des matériaux

2 Traction - Compression

- 2.1 Contrainte normale dans une section droite
- 2.2 Condition de résistance à la traction
- 2.3 Cylindre ouvert à paroi mince sous pression
- 2.4 Condition de résistance à la compression
- 2.5 Concentration de contraintes Fatigue

3 Préliminaires à la flexion et à la Torsion

- 3.1 Etude des surfaces Planes
- 3.2 Moments d'inertie
- 3.3 Théorème de Huyghens
- 3.4 Produits d'inertie
- 3.5 Moments principaux d'inertie.

4 Flexion

- 4.1 Définition ; Hypothèses ; Expériences
- 4.2 Contrainte normale et déformation
- 4.3 Relations entre effort tranchant et moment fléchissant
- 4.4 Equation de la déformée.

5 Torsion

- 5.1 Définition ; Hypothèses ; Moment d'inertie polaire
- 5.2 Contrainte de

cisaillement en torsion

- 5.3 Angle de torsion
- 5.4 Condition de résistance à la torsion.

PRÉREQUIS

Mécanique du point . Mécanique des solides indéformables. Mécanique des milieux continus.

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques :

- A. GIET et L. GEMINARD : “ Résistance des Matériaux ”, Tomes 1 et 2, Collection Technologie et Université, Dunod.,
- C. MASSONET et S. CESCOTTO : “ Mécanique des Matériaux ”, Collection Bibliothèque des

Universités, De Boeck-Wesmael.

- I.H. Shames et C.L. Dym : “ Energy and Finite Element Methods in Structural Mechanics ”,
- Taylor and Francis. S. Timoshenko et J.N. Goodier : “ Theory of Elasticity ”,
- McGraw Hill. SFM (Société Française des Mécaniciens) : “ Guide de Validation des Progiciels ”, AFNOR

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h
- Documents interdits
- Calculatrice interdite, tout autre matériel électronique interdit
- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12	8				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Connaître et maîtriser l'essentiel des structures, des microstructures, des propriétés et des applications des matériaux céramiques ainsi que les caractéristiques particulières des verres. Etre en mesure d'expliquer les origines, les similitudes et les différences entre les principales propriétés des différentes classes ou catégories de matériaux céramiques ou verriers. On insistera particulièrement sur les relations structures - microstructures - propriétés des matériaux fabriqués par une technologie "céramique" ou technologie verrière. Un ingénieur en Science des Matériaux doit maîtriser les différences de propriétés entre un "monocristal" et une céramique de même composition et savoir positionner les verres dans cette approche basée sur les propriétés.

CONTENU**CERAMIQUES**

I. Introduction et domaines d'application

II. Structures et microstructures des céramiques (diagrammes de phases ternaires)

III. Propriétés des céramiques fonctionnelles (électriques, diélectriques, magnétiques, optiques)

IV. Propriétés thermo mécaniques et céramiques structurales (Analyse statistique de la rupture et durée de vie, Renforcement des céramiques)

V. Exemple : Céramiques nucléaires

VERRES :

I. Elaboration des verres

II. Généralités et aspects théoriques

III. Propriétés et applications

+

Recherche Documentaire: positionnement des utilisations des céramiques et des verres dans une approche de recyclabilité et de développement durable

PRÉREQUIS

Thermodynamique des matériaux : diagrammes de phases, diffusion, germination, croissance

Physique et chimie du solide monocristallin

Poudres et matériaux frittés

BIBLIOGRAPHIE

Céramiques et verres (TM volume 16) Principes et techniques d'élaboration

De Jean-Marie Haussonne, James L. Barton, Paul Bowen et Claude Paul Carry

PPUR - Collection : Traité des Matériaux -2005

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

20% contrôle continu

80% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h

- Document autorisée : 1 feuille A4 recto/verso manuscrite

- Calculatrice autorisée, aucun autre matériel électronique autorisé

- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
				20	0.5

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

- Apprendre aux élèves à mener un projet de recherche (à dominante métallurgie, céramique ou polymères) en petit groupe (3 à 4 étudiants) dans un laboratoire, sur 5 demie journées réparties sur une semaine.
- Apprendre aux élèves à rédiger un rapport scientifique synthétique (partie expérimentale, résultats, discussion et conclusions, bibliographie) et à présenter à l'oral de façon efficace leurs résultats.

CONTENU

Différents sujets de projet par type de matériaux sont proposés aux étudiants : matériaux métalliques, céramiques et polymères.

Une semaine est bloquée pour ces TP-projets en laboratoire, et pour chaque groupe de 3 étudiants il y a 5 demi journées en laboratoire, les autres demi-journées servent à travailler sur le sujet du projet sans expérience.

- o Un rapport est à rendre une semaine après, et une présentation orale aura lieu devant un jury.

PRÉREQUIS

Cours et TP de la matière concernée (métallurgie, céramique ou polymères).

BIBLIOGRAPHIE

Dépend du sujet.

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% évaluation projet : rapport écrit 50% + soutenance 50%

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8		24			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Utilisation du logiciel Ansys Workbench pour la simulation mécanique solide stationnaire.

CONTENU

Le cours sur la Méthode des Éléments Finis (MEF) commence par la présentation de la méthode, couvrant ses principes fondamentaux et ses applications en ingénierie. Les étudiants apprendront à formuler et résoudre des problèmes par la méthode des éléments finis.

Par la suite, un projet sous ANSYS Workbench est introduit, où les étudiants sont chargés de simuler et optimiser une pièce en mécanique du solide stationnaire. Le projet inclut la définition du modèle géométrique, le maillage, l'application des conditions aux limites, l'analyse des résultats et l'optimisation structurelle pour améliorer la performance de la pièce.

PRÉREQUIS

Enseignement de RDM

Mécanique des milieux continus

BIBLIOGRAPHIE

A. GIET et L. GEMINARD : Résistance des Matériaux , Tomes 1 et 2, Collection Technologie et Université, Dunod.,

C. MASSONET et S. CESCOTTO : Mécanique des Matériaux , Collection Bibliothèque des Universités, De Boeck-Wesmael.

I.H. Shames et C.L. Dym : Energy and Finite Element Methods in Structural Mechanics , Taylor and Francis. S. Timoshenko et J.N. Goodier : Theory of Elasticity,

McGraw Hill. SFM (Société Française des Mécaniciens) : Guide de Validation des Progiciels , AFNOR

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% évaluation projet : rendu écrit

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
				22	

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Gérer un projet, en équipe, en vue d'atteindre un objectif précis

Prendre des initiatives

Travailler en équipe

Prévoir et organiser le travail à effectuer

Tenir compte des contraintes organisationnelles, budgétaires, humaines

Rendre compte du travail fourni

Convaincre des partenaires de l'intérêt du projet et de la pertinence des décisions prises

CONTENU

20 séances de 2h où étudiants et encadrants se rencontrent pour faire le point et travailler sur l'avancée du projet.

Évaluation : Bilan intermédiaire (rapport écrit et soutenance orale) en décembre et final (rapport écrit et soutenance orale) en avril

PRÉREQUIS

Projets collectifs 1

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% évaluation projet : rapport écrit + soutenance orale

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8	4				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Le but de l'enseignement est l'élaboration d'une stratégie d'étude optimale destinée à modéliser, en un nombre minimal d'expériences, un ensemble de réponses aptes à décrire un procédé donné avec pour objectif la description empirique des phénomènes intervenants ou l'optimisation des conditions de fonctionnement.

L'objectif économique de la méthodologie proposée est d'aboutir concrètement pour une étude expérimentale donnée à des gains financiers par réduction conjuguée du temps d'étude, des matières requises et du personnel impliqué

CONTENU

1 Introduction à la modélisation empirique et aux plans d'expériences

1.1 Modèles empiriques, surfaces de réponse et courbes isoréponses

1.2 Objectifs et choix de modèle

1.3 Introduction aux plans d'expériences

2 Modèles linéaires sans interaction

2.1 Variables codées

2.2 Matrices d'Hadamard ; Plans de Plackett et Burman

2.3 Etude d'un cas concret

3 Modèles linéaires avec toutes interactions et Plans factoriels complets à 2 niveaux

3.1 Introduction aux plans factoriels complets sur un cas concret

3.2 Compléments sur la construction des plans factoriels complets

4

Modèles linéaires avec interactions en nombre limité, Plans factoriels complets à 2 niveaux et Tables orthogonales de Taguchi

4.1 Introduction aux notions de confusion, alias et générateurs

4.2 Principe de construction des plans factoriels fractionnaires

4.3 Construction des Tables orthogonales de Taguchi

4.4 Etude d'un cas concret : du brainstorming au plan d'expériences

5 Introduction aux modèles du 2ème degré

PRÉREQUIS

Notions statistiques de base (moyenne, écart-type, loi normale, estimation et tests d'hypothèses). Notions de base sur les matrices

BIBLIOGRAPHIE

6 Références bibliographiques

BOX, G.E.P., HUNTER, W.G., HUNTER, J.S. (1978). Statistics for experimenters, Wiley, NY.

BOX, G.E.P., DRAPER, N. (1987). Empirical model-building and response surfaces Wiley, NY.

SADO, G., SADO, M.C. (1991). Les plans

d'expériences - De l'expérimentation à l'assurance qualité, AFNOR

VIGIER, M. (1991), Pratique des plans d'expériences, méthodologie Taguchi, Les éditions de l'Organisation, Paris.

BENOIST, D., TOURBIER, Y., GERMAIN-TOURBIER, S. (1994), Plans d'expériences : construction et analyse, tec-Doc, Lavoisier, Paris

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal + quitus assiduité :

- 1 épreuve écrite - 2h
- Documents interdits
- Calculatrice autorisée, tout autre matériel électronique interdit
- L'assiduité fera partie de la note finale.
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1.33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8	4				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Cet enseignement a pour objectif d'aborder les différents aspects liés à la mise en place d'un système de contrôle des procédés en milieu industriel en vue d'approcher les principaux outils statistiques sous un angle opérationnel.

La mise en place d'un système de contrôle des procédés efficace tant au niveau industriel que recherche et développement peut avoir un impact très important dans les domaines suivants :

- Temps de cycle d'apprentissage et de production
- Coûts de développement et de fabrication
- Rendement de fabrication et sur produits finis.

CONTENU

1 Introduction au contrôle des procédés en milieu industriel

- 1.1 Concept de contrôle des procédés et profitabilité industrielle ou R&D.
- 1.2 Synoptique général d'un système de contrôle des procédés.
- 1.3 Qualité, Variabilité, et contrôle des procédés.

2 Les outils d'analyse et les indicateurs de performance

- 2.1 L'analyse de variabilité
- 2.2 « Capacité » d'un procédé
- 2.3 Le cas spécifique de la métrologie
- 2.4 De l'influence des moyens de contrôle sur la capacité.
- 2.5 De l'influence du plan de mesure

3 Les méthodes et outils statistiques utilisés

- 3.1 Les principaux types de cartes de contrôle et leur mode d'utilisation.
- 3.2 Le calcul et la gestion des limites de contrôle.

4 Le contrôle des procédés au sein d'un système qualité

- 4.1 La gestion des risques et les méthodes associées
- 4.2 Les FMEA (AMDEC) & La méthode 8D

5 Perspectives

- Le Contrôle des procédés à la source des dérives: FDC

PRÉREQUIS

Notions statistiques de base (moyenne, écart-type, loi normale, estimation et tests d'hypothèses)

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie et Documents

- DOUGLAS C. MONTGOMERY (2001), Introduction to statistical methods, 4th edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Maurice PILLET (2003), Appliquer la maîtrise statistique des procédés MSP/SPC. Ed: editions organisation
-

Journal of Quality Technology

- Norme ISOTS
- Métrologie
- A review of Methods for Measurement System Capability Analysis - Richard K. Burdick, Connie

M.Borror, and Douglas C.Montgomery

- Journal of Quality Technology, Vol 35, N°4, October 2003
- Advanced Process Control
- www.aecapc-europe.com

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal + quitus assiduité :

- 1 épreuve écrite - 2h
- Documents interdits
- Calculatrice autorisée, tout autre matériel électronique interdit
- L'assiduité fera partie de la note finale.
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1.33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	22				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

OBJECTIFS

- Renforcement des capacités de communication et de compréhension
- Introduction à la communication en entreprise
- Etude de l'anglais de spécialité
- Préparation et validation du niveau d'anglais (B1 à C1) par le Linguaskill Business Reading and Listening

CONTENU

Communication en entreprise

- Structuration de l'entreprise (organigramme et responsabilités)
- Secteur d'activité
- Description de procédé technique
- Savoir participer à une réunion de travail
- Préparation au Linguaskill Business Listening and Reading
- Développer des compétences interculturelles

PRÉREQUIS

Niveau B2

Connaissance du programme de 3ème année

BIBLIOGRAPHIE

Livres et Ouvrages

Target Score

New Scientist (revue disponible à la documentation)

30 days to TOEIC

Documents électroniques

— www.newscientist.com— www.icivilengineer.com— www.oup.com/elt/oald/— www.bbc.co.ukCONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% contrôle continu

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

Linguaskill Business test (ne rentre pas dans le contrôle continu).

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Les stages du département Matériaux

Les élèves ingénieurs du département Matériaux de Polytech Grenoble effectuent 2 stages au cours de leur formation. Une expérience à l'étranger est requise pour l'obtention du diplôme en formation ou en stage sur les 3 années du cursus.

Le stage de deuxième année, d'une durée de 16 semaines met en pratique les connaissances, les savoir-faire techniques et les capacités à contribuer à un projet typiquement confié à un assistant-ingénieur. Le stage donne lieu à un rapport et une soutenance. Ce stage est aussi l'opportunité d'une expérience à l'étranger.

CONTENU**PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% évaluation stage : 34% note mission + 33% note rapport écrit + 33% note soutenance orale

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

KAI5MA - MATÉRIAUX 5ème ANNÉE

Code Apogee	Intitulé	Coef/ECTS
SEMESTRE KAMA9S01	SEMESTRE 9 MAT (obligatoire)	0
UE KAMA9U08	UE1 : PROCÉDÉS INDUSTRIELS (obligatoire)	6
KAMA9M03	Traitement des matériaux par plasma (TEMP)	0.5
KAMA9M04	Élaboration des matériaux par plasma (TP Plasma)	0.2
KAMA9M05	Technologies industrielles (Tech Indus)	0.3
KAMA9M06	Mise en œuvre des polymères (MOP)	0
UE KAMA9U09	UE2 : DÉVELOPPEMENT DURABLE : VEILLISSEMENT, DURABILITÉ ET FIABILITÉ DES MATÉRIAUX (obligatoire)	6
KAMA9M07	Statistiques - fiabilité (Stat Fiab)	0.4
KAMA9M09	Veillissement chimique des polymères (VMP)	0.3
KAMA9M11	Durabilité mécanique des matériaux métalliques: fatigue, fluage, usure (FF)	0.3
UE KAMA9U04	UE3 : MÉTIERS DE L'INGÉNIEUR - QUALITÉ - MAINTENANCE - HSE (HYGIÈNE SÉCURITÉ ENVIRONNEMENT) (obligatoire)	4
KAMA9M13	HSE et Toxicologie (HSE)	0.5
KAMA9M14	Total Productive Maintenance (TPM)	0
KAMA9M12	Qualité	0.5
UE KAMA9U05	UE4 : INGÉNIERIE DES MICRO ET NANO TECHNOLOGIES (obligatoire)	4
KAMA9M18	Expertises industrielles (Exp Indus)	0
KAMA9M26	Épitaxie pour les micro et nano technologies (Epitax)	0.6
KAMA9M27	Procédés de micro et nano fabrication (Proc MN)	0
KAMA9M28	Élaboration des matériaux en salle blanche (TP SB)	0.4
UE KAMA9U10	UE5 : MATÉRIAUX POUR LE TRANSPORT ET L'HABITAT (obligatoire)	5
KAMA9M19	Matériaux pour l'énergie (MAE)	0.3
KAMA9M20	Matériaux pour le transport (MatAuto)	0.3
KAMA9M21	Matériaux pour le bâtiment (Ciments)	0
KAMA9M22	Sélection des matériaux (SEM)	0.4
UE KAMA9U11	UE6 : MATÉRIAUX COMPOSITES ET BIOMATÉRIAUX (obligatoire)	5
KAMA9M23	Matériaux composites (Mat Comp)	0.4
KAMA9M24	Biomatériaux (BioMat)	0.6
KAX9ANTC	Anglais (ANG) - (Facultatif)	0
SEMESTRE KAMAXS01	SEMESTRE 10 MAT (obligatoire)	0
UE KAMAXT01	UE1 : STAGE DE FIN D'ÉTUDES (obligatoire)	20
KAMAXM01	Stage	0
UE KAMAXU02	UE2 : PROJET INDUSTRIEL (obligatoire)	10
KAMAXM04	Gérer un projet complexe (GPC)	0
KAMAXM02	Projet technologique (PTE)	0
KAXXANTC	Anglais TC (ANG)	0

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
18	2				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Les exemples d'utilisation des plasmas froids dans l'industrie sont nombreux. Aussi, l'objectif de ce cours est double : d'une part faire comprendre ce qu'est un plasma et d'autre part apprendre à utiliser voire à améliorer un procédé plasma industriel. Pour cela, nous définirons les principales notions intervenant en physique des plasmas, puis nous présenterons les différents types de réacteurs utilisés dans l'industrie ou la recherche. Enfin, suite à l'étude de l'interaction plasma/surface, nous donnerons des exemples de procédés assistés par plasma.

CONTENU

- 1 Définition des plasmas
 - 1.1 Principales grandeurs d'un plasma
 - 1.2 Les différents plasmas
 - 1.3 Phénomènes de transport des espèces dans un plasma confiné dans une enceinte
 - 1.4 Rappel sur les sections efficaces de collision
- 2 Les sources plasmas
 - 2.1 Décharges continues
 - 2.2 Décharges RF capacitatives et inductives
 - 2.3 Décharges microondes
- 3 Exemples d'applications
 - 3.1 Plasmas pour la dépollution
 - 3.2 Ecrans plats
 - 3.3 Stérilisation plasma
 - 3.4 Traitement de polymères
 - 3.5 Traitement de textiles
- 4 Interaction Plasma/surface
 - 4.1 Mécanismes réactionnels
 - 4.2 Procédés de dépôt 1 : PVD – application au revêtement (intervention d'un industriel)
 - 4.3 Procédés de dépôt 2 : PECVD
 - 4.4 Gravure plasma – application à la microélectronique (intervention d'un industriel)
- 5 Quelques techniques de caractérisation des plasmas
 - 5.1 La spectroscopie d'émission optique
 - 5.2 La sonde de Langmuir
 - 5.3 La spectrométrie de masse

RQ: Chaque année 2 à 3 intervenants du monde industriel viennent illustrer ce cours. Exemple 2013/2014 : Un intervenant de l'IFTH pour illustrer le traitement des textiles par plasma (2h) et un intervenant la société STMicroelectronics pour illustrer le choix d'un équipement de gravure plasma 300 mm (3h).

PRÉREQUIS

Connaissances en : électrostatique, électromagnétisme, physique et chimie du solide, physique statistique

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie de référence :

Cold Plasmas in Materials Fabrication, Alfred Grill, IEE Press (1993), Principles of plasma discharges and materials processing, M. A. , Lieberman and A. J. Lichtenberg, John Wiley&Sons, Inc. (1994), Industrial plasma engineering, J. Reece Roth, IOP Publishing (1995)

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite - 2h
- Tout document autorisé
- Sans accès à internet et sans calculatrice.
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		4			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Objectifs :

Ces travaux pratiques effectués en Salle Blanche servent à illustrer les cours de Traitement et élaboration des Matériaux par Plasma (TP Plasma) et les cours de semi-conducteurs et des technologies couches minces associées (TP Salle Blanche).

Le TP Salle Blanche sert à mettre en pratique les principaux procédés technologiques mises en œuvre dans la fabrication des circuits intégrés en technologie silicium; à sensibiliser les étudiants aux contraintes techniques imposées par l'environnement spécial de la salle blanche. Dans ce cadre les étudiants auront à élaborer entièrement un dispositif intégré simple : le condensateur MOS (Métal-Oxide-Semiconducteur). Puis, ils aborderont les techniques de tests électriques des composants intégrés. ces TP sont effectués au CIME MINATEC

Les TP plasmas, illustrent le cours traitement et élaboration des plasmas. Ils se font dans la salle blanche du CEA/LETI sur les réacteurs plasmas industriels 200 et 300 mm du LTM (Laboratoire des technologies de la Microélectronique).

CONTENU

TP Salle Blanche :

- 1 Séance d'introduction
 - 1.1 Les étapes de fabrication du dispositif intégré
 - 1.2 Principe d'une mesure électrique : caractéristique capacité-tension
 - 1.3 Le management comme système
 - 1.4 Caractéristiques du management
 - 1.5 Importance du management
 - 1.6 Exigences du management, rôles et portraits de managers
- 2 Elaboration d'une capacité MOS en salle blanche
 - 2.1 Oxydation thermique (oxyde)
 - 2.2 Pulvérisation cathodique (aluminium)
 - 2.3 Gravure plasma
 - 2.4 Photolithographie
- 3 Caractérisation électrique
 - 3.1 Densité de charges parasites
 - 3.2 Tension de seuil
 - 3.3 Résistivité

TP Plasma :

Chaque TP début par un

rappel concernant le TP et ses objectifs (Ex TP gravure plasma : principe de la gravure, les différents réacteurs, les outils de contrôle de fin de gravure.....)

Puis les étudiants vont en salle blanche faire leur expérience sur le réacteur industriel (Ex TP gravure plasma : manip sur un réacteur industriel d'Applied Materials, source inductive de type ICP avec la

gravure d'un empilement poly Si /SiO₂ et le suivi par OES et par ellipsométrie ou interférométrie de la gravure).

Rédaction du compte rendu et débriefing à l'afin de la séance.

PRÉREQUIS

Cours de traitement et élaboration des matériaux par plasmas.

Physique des semi-conducteurs et des dispositifs électroniques

Technologie de la microélectronique

BIBLIOGRAPHIE

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% contrôle continu : compte rendu de TP

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
30		4			1

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Le but de ce cours est d'approfondir certaines technologies industrielles de mise en forme des matériaux et/ou de modifications des matériaux.

Ce module est donc principalement assuré par des intervenants du monde industriel

CONTENU

Cinq procédés sont plus particulièrement illustrés dans ce cours :

- Les technologies de soudage et de brasage par un intervenant de la société General Electric (David Ruynat). Un TP de soudage de 4h est par la suite proposé par un enseignant de chaudronnerie du Lycée Pablo Neruda (Florent Rocher).
- Les technologies de fabrication additive (impression 3D) sont présentées par un enseignant chercheur de Polytech (Guilhem Martin)
- Les technologies de traitement de surface, par un intervenant de la société NEXTER-GROUPE (Clément Duchasseint)

Objectif : Présenter une vue générale des principaux traitements de Surface utilisés dans le monde industriel classique (Présentation de plus de 30 TRS). (L'objectif est de connaître les principes de chaque TRS)

- o Généralités (importance et raison d'être du TRS)
- o Revêtements par voie humide et voie sèche
- o Traitement de Conversion (Electrolytique et chimique)
- o Traitement de Transformation structural (mécanique et Thermique)
- o Traitement Thermochimique
- o Utilisation des TRS
- o Conclusions (choix d'un TRS)
- Les technologies MIM et de Thixoformage par un intervenant de la société ROLEX (Bruno Lisiecki)
- Le tissage et l'enduction (PVC, acrylique) de textiles sont présentés par Annabelle Aubertin de chez Saint Clair Textiles.

PRÉREQUIS

Physico-chimie des matériaux

Physique des plasmas

Polymères

BIBLIOGRAPHIE

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

50% contrôle continu soudage :

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

50% examen terminal CND :

- 1 épreuve écrite - 1h

- Documents de cours autorisés

- Calculatrice autorisée, tout autre matériel électronique interdit

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

Quitus : assiduité (pour tout hors Soudage et CND)

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8		16			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Initier l'étudiant à la mise en œuvre de polymère et à l'utilisation de machines industrielles d'extrusion, d'injection et de soufflage

CONTENU

- 1 Les techniques de transformation des matériaux polymères
 - 1.1 Aspects théoriques
 - 1.2 Les problèmes de mise en oeuvre dans l'industrie des câbles
 - 1.3 La cristallisation des polymères
- 2 Projets encadrés : mise en oeuvre sur machines industrielles
 - 2.1 Extrusion
 - 2.2 Injection
 - 2.3 Soufflage
- 3 Formulation des polymères et des systèmes réactifs
 - 2.1 Relations structures/propriétés en fonction de la formulation et du procédé de mise en oeuvre
 - 2.2 Formulation des plastiques pour des applications électriques
 - 2.3 Recyclage des polymères : impact de la formulation
 - 2.4 Mécanisme et cinétique de polymérisation, transitions et diagrammes de phases, Chimie et thermodynamique des mélanges

RQ : Ce cours est effectué par un intervenant industriel de la société Valéo (Agnès Plain) et les TPs de mise en oeuvre sont effectués sur les machines industrielles du Lycée VAUCANSON (Stéphane Pain). La visite de l'usine ARaymond de Saint Egrève fait aussi partie de ce cours.

PRÉREQUIS

Cours polymères d'années 3 et 4, RDM et propriétés physiques des matériaux

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
32					3

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

STATISTIQUES

- Revoir les fondamentaux sur les probabilités et les statistiques.
- Démontrer l'utilité des statistiques dans l'industrie (Production, Qualité, R&D, ...) en s'appuyant sur des problèmes concrets.
- Décider et gérer les risques avec une approche scientifique.
- Apporter les connaissances nécessaires pour le cours de fiabilité.

FIABILITE

- Utilité de la fiabilité dans l'industrie (Qualité, R&D, ...).
- Comment s'insère la fiabilité dans le cycle de vie du produit.
- Être capable de maîtriser les principales lois pour estimer la fiabilité.
- Être capable de calculer la durée de vie d'un système.
- Être capable de construire un plan de qualification.

CONTENU

STATISTIQUES

- Objectifs
- Contexte
 - Réflexion lente – réflexion rapide
 - Décisions ? risques
 - Probabilités et statistiques pour la fiabilité
- Probabilités
 - Introduction
 - Définitions
 - Exemples
 - Probabilités conditionnelles.
 - Indépendance et incompatibilité.
 - Applications numériques
- Statistiques
 - Les trois domaines : Statistiques descriptives, statistiques mathématiques, tests.
 - Différentes variables
 - Paramètres de position
 - Paramètres de dispersion
 - Propriétés
 - Représentations graphiques
 - Densité de probabilité
 - Applications numériques
 - Les principales lois (distributions discrètes et continues):
- Loi de Bernoulli

- Loi binomiale
- Loi hypergéométrique
- Loi exponentielle
- Loi de Poisson
- Loi uniforme
- Loi Gauss
- Loi de Student
- Loi log-normale
- Domaines de validité et approximations
- Applications numériques
 - Echantillonnages et estimateurs.
- Définitions
 - Théorème central limite
 - Capabilités.
- Définitions
 - Intervalles de confiance et intervalles de fluctuation.
- Définitions
- Applications numériques
 - Tests statistiques.
- Construire un test statistique (H_0 et H_1)
- Les différents tests
- Applications numériques

FIABILITE

- Objectifs.
- Introduction.
- Contexte.
- Etapes pour la sûreté de fonctionnement.
- Fiabilité et produit.
- Définitions.
- Cycle de vie du produit.
- Lois de distribution pour la fiabilité:
 - Lois étudiées en statistiques
 - Lois de Weibull
 - Applications numériques
- Estimations des paramètres :
 - Estimations ponctuelles
 - Estimations par intervalles
 - Applications numériques
- Traitements des données expérimentales.
- Calcul taille d'un échantillon.
- Fiabilité des systèmes :
 - Les différents cas (systèmes simples ? systèmes complexes)
 - Applications numériques
- Méthode contrainte – résistance :
 - Définition
 - Applications numériques
- Application des tests statistiques (khi deux, kolmogorov-smirnov).
- Phénomènes physiques, lois d'endommagement.
- Endommagement par fatigue
- Essais :
 - Définition
 - Tests accélérés
 - Lois d'accélération

- Applications numériques
- Modèle de Cox
- TP sur les trombones : mise en application d'une loi d'accélération.

PRÉREQUIS

Mat3 et Mat4

BIBLIOGRAPHIE

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
14					1

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Ce cours a donc pour objectif de définir les différents types de vieillissement des matériaux organiques, les modes de stabilisation et d'aborder le problème du recyclage des polymères.

CONTENU

1ère partie: vieillissement des matériaux polymères

- 1 - Position du problème
- 2 - Les différents facteurs d'agression
- 3 - Stabilisation des polymères
- 4 - Méthodes d'étude du vieillissement des matériaux polymères

2ème partie: Recyclage des matériaux polymères

- 1 - Introduction
- 2 - Recyclage chimique
- 3 - Valorisation matière première
- 4 - Incinération
- 5 - Biodégradation

PRÉREQUIS

Enseignements de polymères de troisième et quatrième années

BIBLIOGRAPHIE

- TechTendances, « Vieillessement et durabilité des polymères à usage industriel, plastiques, élastomères et leurs composites », Innovation128, Paris 2001
- J. VERDU, " Le vieillissement des Plastiques ", AFNOR Technique, Eyrolles Ed., Paris, 1984
- L.C.E. Struick, " Physical ageing in amorphous polymer and other materials" , Elsevier, Amsterdam 1978
- N.S. Allen, "Degradation and stabilization of polyolefins", Applied Science Publishers, London (1983)
- G. Scott, "Developments in Polymer stabilization", vol. 1-8, Elsevier, Applied Science, London, (1977-87)
- G. Scott, " Atmospheric oxidation and antioxidants", vol.1-3, Elsevier, Amsterdam (1993)
- G. Scott, "Mechanisms of polymer degradation and stabilization", Elsevier Applied Science, London (1990)
- J.F. Rabek, "Photostabilization of polymers", Elsevier Applied Science, London (1990)
- S.H. Hamid, M.B. Amin, A.G. Maadhah, "Handbook of polymer degradation", Drekker, New York (1992)
- N.S. Allen, J.F. Rabek, "New trends in photochemistry of polymers", Elsevier Applied Science Publishers, London (1985)
- J. Guillet, "Polymer photophysic and photochemistry", Cambridge University Press, Cambridge (1985)
- B. Ranby, J. F. Rabek, "Photodegradation, photo-oxidation and photostabilization of polymers", Wiley, London (1975)
- R.T. Conley Ed., "Thermal stability of polymers", Drekker, New York (1970)
- N. Grassie, "Chemistry of high polymer degradation processes", Butterworths, London (1956)
- S.L. Madorsky. "Thermal degradation of organic polymers", Interscience, New York (1964)
- Handbook of Biodegradable Polymers edited by Abraham J. Domb, Joseph Kost, David Wiseman 1997

Biodegradability Prediction edited by Willie J. G. M. Peijnenburg, Jiří Damborský 1996
? bibliographie non exhaustive!!

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite – max 1h
- Documents interdits
- Calculatrice et autres appareils électroniques interdits
- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
15					2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Connaître et maîtriser les mécanismes gouvernant la durée de vie et la rupture des matériaux inorganiques en sollicitation extrêmes ou complexes.

CONTENU

1 Fatigue des Métaux & alliages

- 1.1 Les sollicitations en fatigue
- 1.2 Amorçage des fissures et fatigue olygocyclique
- 1.3 Propagation des fissures en fatigue
- 1.4 Effet de l'environnement et de la température
- 1.5 Rupture en fatigue

2 Les mécanismes et les lois phénoménologiques

- 2.1 Les courbes de fluage ; effet de la contrainte et de la température
- 2.2 Les micromécanismes de déformation de fluage : glissement et montée des dislocations, diffusion en volume, aux joints de grain, réaction d'interface, glissement aux joints de grains
- 2.3 Lois de fluage
- 2.

4 Evolutions microstructurales associées aux déformations à haute température

- 2.5 Cartes de fluage
- 2.6 Superplasticité

3 Rupture et durée de vie en fluage

- 3.1 Cavitation, fissuration et rupture
- 3.2 Durée de vie : approche pratique
- 3.3 Interaction fatigue-fluage

4 Présentation de cas pratiques de fluage

- 4.1 Les aubes de turbines des réacteurs d'avion
- 4.2 le fluage dans les matériaux du nucléaire

Ce cours est illustré à la fin par un intervenant de la société AREVA et un intervenant industriel de chez AUBERT&DUVAL.

PRÉREQUIS

- KAMA6M13: Métallurgie
- KAMA7M06: Métallurgie Mécanique

BIBLIOGRAPHIE

G.E. Dieter "Mechanical Metallurgy" SI Metric Edition, McGraw-Hill Book Company (1988)

D. Hull and D.J. Bacon "Introduction to dislocations" 3rd Edition, Butterworth Heinemann (1984)

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite – 2h
- Document autorisé : feuille A4 manuscrite recto-Verso
- Calculatrice autorisée, autres appareils électroniques interdits
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
15					1

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

D'après le référentiel BES&ST de compétences en santé et sécurité au travail

Aborder les questions de Santé et Sécurité au Travail dans la formation doit permettre aux futurs ingénieurs de :

- Repérer dans l'entreprise les enjeux humains, sociaux, économiques et juridiques de la Santé Sécurité au Travail
- Intégrer les questions de SST dans leurs futures activités professionnelles et dans la conduite de leurs projets
- Contribuer au management de la SST dans l'entreprise

CONTENU

Ce cours est effectué par la responsable prévention des risques professionnels à la MSA Alpes du Nord (Catherine L'Allain)

Séance n°1

Définitions (AT/MP)

Statistiques

Gestion assurantielle du risque : tarification et réparation

Principaux acteurs en SST

Responsabilité civile et pénale ? délégation de pouvoir

Mise en situation : à partir de leur expérience de stage, discuter sur les situations à risque rencontrées

Séance n°2

Notions de risque et danger

Principaux risques

- Risques liés aux équipements de travail
- Risques psychosociaux
- Risques chimiques
- Risque émergent : risques liés aux nanomatériaux

Démarche d'évaluation des risques

Méthode et critères d'évaluation (fréquence, gravité, durée d'exposition, etc.)

Mise en situation : analyse des risques d'une situation de travail

Séance n°3

Maîtrise des risques

- Principes généraux de prévention
 - Prévention : Technique, Humaine et Organisationnelle
- Système de management de la sécurité

- Normes ISO
 - De l'évaluation des risques à l'amélioration continue
- Mise en situation : méthode de l'arbre des causes

Séance n°4

Management de l'Environnement

Ergonomie

- Prise en compte du facteur humain
- Mise en situation : le cariste

Séance n°5

Conduite de projet et prévention

Examen

PRÉREQUIS

Cours de matériaux de 3ème et 4ème année

BIBLIOGRAPHIE

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite QCM – 1h
- Documents interdits
- Calculatrice et autres appareils électroniques interdits
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
7					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Dans ce cours on abordera les notions de Total Productive Maintenance (TPM) qui est un modèle de management qui affecte profondément l'organisation de la production industrielle

les objectifs sont :

- Présenter l'organisation typique d'une unité de production industrielle.
- Décrire 5 métiers techniques accessibles à de jeunes diplômés : ingénieur Process, Maintenance, Méthodes, Métrologie, Qualité.
- Décrire la démarche TPM, les méthodes et outils associés. Décrypter le jargon.
- Faire des liens avec les cours sur la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) et la Qualité. Montrer la cohérence entre ces démarches.
- Connaître les différents niveaux de déploiement possibles du TPM (des prémisses du TPM au TPM poussé) et être capable de diagnostiquer le niveau de son entreprise.
- Comprendre les attentes de l'employeur industriel en matière de TPM, connaître les principaux outils/méthodes pour y répondre. Etre en mesure de proposer des voies d'amélioration adaptées à son entreprise.

CONTENU

Plan du cours :

- 0- Introduction
- 1- Organisation de la Production Industrielle
- 2- Redistribution des responsabilités pour améliorer la performance de l'organisation
- 3- Le modèle de management TPM
 - 3.1- Définition
 - 3.2- TPM passe par l'approche processus de la Maintenance et du Process
 - 3.3- TPM implique le transfert de nouvelles responsabilités à la Production
 - 3.4 La démarche 5S, un premier pas vers le TPM
- 4. Conclusion

RQ : ce cours est proposé par un ingénieur de la société STMicroelectronics (Alain Deleporte))

PRÉREQUISBIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12					2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Initier les étudiants à la connaissance des différentes notions du management de la qualité utilisés dans les principales branches professionnelles de l'industrie et des services

Comprendre les concepts et les outils qui permettent d'optimiser le fonctionnement de l'entreprise, par la démarche Qualité

Développer les capacités à mettre en place et à conduire la résolution des problèmes rencontrés dans une entreprise et ce en suivant une démarche Qualité

Finalité :

Connaître le vocabulaire, les termes, les acronymes, les principaux outils Qualité et les démarches structurées à la conduite de projet d'amélioration, dans le but d'être opérationnel dans la vie active.

CONTENU

Intervenant : Bertrand FRAISSARD

<https://www.linkedin.com/in/bertrand-fraissard-889a8b81/>

Fonction Actuelle : Directeur Qualité

Cursus/Entreprise :

- De 1998 à 2009 : Caterpillar, conception et fabrication d'engins de terrassement
- De 2009 à fin 2018 : General Electric Renewable Energy, conception, fabrication et mise en service de centrale hydroélectrique
- Depuis fin 2018 : Chantiers de l'Atlantique, conception, fabrication, montage et mise en service de navires hautement complexes et d'installations marines.

Sommaire :

- Chap. 1 Introduction
- Chap. 2 Les fondamentaux de la qualité
- Chap. 3 La Qualité et le Client
- Chap. 4 La Qualité dans l'entreprise
- Chap. 5 L'Assurance Qualité
- Chap. 6 Maitriser la qualité en conception
- Chap. 7 Maitriser la qualité en production
- Chap. 8 Maitriser la qualité des fournisseurs
- Chap. 9 Résoudre un problème
- Chap. 10 Communiquer et animer la qualité au quotidien
- Chap. 11 Les grands projets d'entreprise

Support de cours de 694 pages distribué à tous les étudiants.

PRÉREQUIS

Statistiques, mathématiques

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie :

- ? Norme ISO9001
- ? Documents d'entreprise : Caterpillar, Alstom Power Hydro et General Electric (GE)
- ? Support de Formations : 6 Sigma Black Belt et Lean Manufacturing
- ? Le Grand Livre du Responsable Qualité Edition Eyrolles
- ? La Boite à Outils du Responsable Qualité Edition Dunod

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
6					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

L'objectif de ce cours est d'illustrer le module "ingénierie des micro et nano technologies" par des applications industrielles.

Packaging : présentation générale et des étapes du process, avec notions sur le coût des équipements, la qualification et la fiabilité des composants, les moyens de caractérisation utilisés.

CONTENU

Deux applications industrielles sont illustrées :

- le packaging par une ingénieure de la société STMicroelectronics (Valérie Volant)

A quoi sert le packaging du composant, les enjeux ?

Quels sont les risques encourus par les composants ?

Les étapes du packaging

Découpe

Collage

Cablage

Les différents types de boîtiers

L'herméticité

PRÉREQUIS**BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8		8			2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

L'objectif de ce cours est de présenter les mécanismes de croissance cristalline illustrés par des exemples pris dans le domaine des matériaux semiconducteurs. La première partie présentera les principes de base de l'épitaxie et les deux principales techniques de croissance utilisées dans l'industrie. La deuxième partie sera consacrée à l'hétéroépitaxie qui met en jeu des déformations élastiques et plastiques et qui conduit à 4 modes de croissances distincts par minimisation de l'énergie totale du système. Une troisième partie abordera spécifiquement la croissance des nanostructures (puits quantiques, nanofils et boîtes quantiques) et ouvrira vers des approches nouvelles telle que la croissance sur graphène. Par ailleurs, 2 techniques de caractérisation structurale importantes (microscopie électronique à transmission et la diffraction des rayons X en incidence rasante) seront introduites et utilisées dans le cadre de ce cours.

CONTENU

Partie I : Concepts de base de l'épitaxie et techniques de croissance
 1. Introduction. C'est quoi l'épitaxie ?
 2. Propriétés des substrats
 3. Homoépitaxie
 4. Représentation atomistique de la croissance épitaxiale
 5. Croissance en terrasses sur des surfaces vicinales
 6. Description des principales techniques d'épitaxie
 a. Molecular beam epitaxy (MBE)
 b. Metalorganic chemical vapor deposition (MOCVD)
 Partie II : Hétéroépitaxie et modes de croissance
 1. Introduction. Définition de l'hétéroépitaxie
 2. Définition de l'épaisseur critique
 3. Energie de surface
 4. Croissance bidimensionnelle cohérente
 a. Rappel de la théorie élastique
 b. Modèle de contrainte élastique biaxiale
 5. Relaxation plastique
 a. Type de dislocations
 b. Modèle de Matthews: énergie de formation des dislocations de désaccord de maille
 c. Calcul de l'épaisseur critique
 6. Relaxation élastique
 a. Découverte de la relaxation élastique
 b. Transition Stranski-Krastanov (SK)
 7. Modes de croissance
 a. Mode de croissance bidimensionnelle cohérent
 b. Mode de croissance SK cohérent
 c. Mode de croissance bidimensionnelle avec dislocations d'interface
 d. Mode de croissance SK avec dislocations d'interface
 e. Détermination du mode de croissance
 Partie III : Croissances avancées de nanostructures
 1. Croissance de nanostructures semiconductrices
 a. Puits quantiques (nanostructures 2D)
 b. Nanofils (nanostructures 1D)
 c. Boîtes quantiques (nanostructures 0D)
 2. Croissances sélectives organisées
 a. Principe
 b. Forme de croissance des nanostructures
 c. Application: Epitaxial Lateral Overgrowth (ELO)
 3. Croissances hybrides sur graphène
 a. Croissance CVD du graphène
 b. "Remote" épitaxie
 c. Epitaxie Van der Waals

PRÉREQUIS

Notions de mécanique des milieu continu
 Notions de cristallographie
 Notions de Physiques des Semiconducteurs

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite – 2h
- Documents de cours autorisés
- Calculatrice autorisée, autres appareils électroniques interdits
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
6					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Présentation générale des étapes technologiques intervenant dans la fabrication de circuits intégrés silicium ; infrastructure des salles blanches, enchainement des étapes technologiques (process flow) technologie CMOS, principe physique des procédés et les équipements associés.

CONTENU

- Description générale de la séquence des étapes technologiques (Process Flow) de fabrication d'un circuit intégré en technologies CMOS (Complementary Metal Oxide Silicon).
- Description de l'infrastructure de fabrication des circuits intégrés : les salles blanches. Caractéristiques techniques des salles blanches : leurs classes de propreté et les spécifications (eau désionisée, température, hygrométrie,)
- Description d'un procédé type de fabrication d'un transistor en technologie CMOS et de sa fonctionnalité électrique en interrupteur électriquement commandé. Exemple de réalisation d'une porte logique simple, « l'inverseur ».
- Description des principaux procédés (étapes) technologiques : oxydation thermique, dopage (diffusion implantation), dépôt de couches minces (PVD, CVD, PECVD,...), photolithographie (contact, projection, proximité) et de gravure chimique et gravure par plasma.
- Principe de fonctionnement des équipements associés à chaque procédé technologique : réacteurs plasma, four de traitement thermique, implanteur, ...

PRÉREQUIS

Notions sur la physique de dispositifs électronique intégrés type MOSFET (transistor MOS à effet de champ), diode p-n, capacité MOS.

Notions de physique des semiconducteurs (structure cristalline, dopage, transport électronique, structure de bandes électroniques).

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
		12			

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Se familiariser, par la pratique, avec les principales étapes technologiques intervenant dans la fabrication de circuits intégrés silicium en réalisant une p-n en salles blanches. Réaliser des tests électriques de fonctionnalité de la diode fabriquée. Confronter les résultats expérimentaux aux modèles physique de transport électrique dans la diode.

CONTENU

- Se familiariser avec l'infrastructure des salles blanches, environnement pour la fabrication des circuits intégrés.
- Apprendre à utiliser les principaux équipements de fabrication de circuits intégrés : masqueur optique pour la photolithographie, four de traitement thermique et d'oxydation, réacteurs de gravure par plasma, réacteurs de dépôts de couches, équipement de dépôts métallique par pulvérisation cathodique, implanteur,...
- Fabriquer une diode p-n intégrée en enchainant des étapes technologiques élémentaires (oxydation, photolithographie, nettoyage, dopage, traitement thermique, métallisation)
- Réaliser des opérations de contrôle et de métrologie après chaque étape technologique : microscopie optique, profilométrie, ellepsométrie, résistance carrée,...
- Utiliser un banc de test électrique sous pointe en régime continu (DC) pour réaliser une caractéristique courant-tension de la diode fabriquée en salle blanche. Analyser cette caractéristique à la lumière du modèle de Shockley et en expliquant l'origine des écarts constatés.

PRÉREQUIS

Notions sur la physique de dispositifs électronique intégrés type MOSFET (transistor MOS à effet de champ), diode p-n, capacité MOS.

Notions de physique des semiconducteurs (structure cristalline, dopage, transport électronique, structure de bandes électroniques).

Notions sur la physique de plasma de gravure.

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% contrôle continu : compte rendu de TP

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
18					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Appréhender les matériaux fonctionnels de demain, les grandes familles, leur élaboration, leurs propriétés, les mécanismes en jeu et leurs applications potentielles ainsi que se sensibiliser à la veille technologique

CONTENU

A) Matériaux magnétiques :

1/ faire découvrir une industrie métallurgique française, un des leaders mondiaux de sa spécialité (les alliages): son histoire, son implantation, ses outils industriels, ses problèmes technico-économiques y compris le re- et co-traitement des déchets, ses grandes familles de produits avec principales propriétés et applications). Dans cette partie la présentation n'est qu'un guide et je rajouté bcq de choses à l'oral.

2/ métier de la R&D industrielle

3/ rappels rapides de magnétisme pour faire le lien entre les enseignements antérieurs et la partie suivante

4/ Matériaux émergents et applications très variées: cette partie d'un potentiel d'au moins 8h est réduite selon les années à 1h-1h30 en fin d'intervention. J'essaie de faire passer et montrer la forte relation de compréhension nécessaire du lien entre le matériau et son application.

4-1/ matériaux nanocristallins FeCuNbSiB et application disjoncteurs différentiels et composants en électronique de puissance

4-2/ alliages Phytherm pour régulation de température/appli cuisson par induction

4-3/ alliages FeNi - dynamique d'aimantation/ appli en moteur horloger

4-4/ alliages de relai polarisé ou non/ dynamique d'aimantation sur actionneur linéaire pour la sécurité (gaz, électricité)

4-5/ dynamique d'aimantation dans les alliages à haute saturation pour actionneur linéaire de type injecteur de carburant

4-6/ substrat hypertexturé de substrat de supraconducteur haut Tc pour énergie transportée par "supergrid"

4-7/ matériaux magnétocaloriques FeSiLa-X pour "froid magnétique"

Cours donné par Thierry Waeckerle (Imphy)

B) Récupération d'énergie

Cours donné par Alain Sylvestre

C) Electrochimie des Matériaux pour l'énergie

Cours donné par Virginie Roche

PRÉREQUIS

Métallurgie, céramiques, polymères, physique et chimie du solide

BIBLIOGRAPHIE

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% contrôle continu

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12					1

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

On propose dans ce cours d'aborder la problématique des matériaux pour l'automobile. Pour cela deux exemples sont donnés via 2 intervenants industriels.

- Thermoplastiques pour l'automobile par un ingénieur de la société ROLEX
- Revêtements et peintures pour l'automobile par un ingénieur de la société BOLLIGUNDKEMPER

L'objectif du cours est de communiquer sur la composition des peintures afin d'en faire comprendre la structure et connaître les composés essentiels.

Ensuite, le fait d'aborder la partie formulation par des travaux pratiques basés sur des formules et des problématiques réelles permet de faire le lien entre formule et performance. Cela ne fait pas de ces élèves des experts en formulation mais devrait leur permettre de comprendre les mécanismes qui prévalent dans la formulation et juger si un métier dans une activité qui requière de la formulation est susceptible de les intéresser.

CONTENU

- Thermoplastiques pour l'automobile par un ingénieur de la société ROLEX
- Revêtements et peintures pour l'automobile par un ingénieur de la société BOLLIGUNDKEMPER

1. Présentation sté B&K ? Nippon Paint

2. Composition des peintures

- a. Définition
- b. Classes de peintures
- c. Les composants
- d. Le séchage d'une peinture
- e. Physico-chimie et caractéristiques d'une peinture
- f. La fabrication

3. Les revêtements auto

TTS/cataphorèse/gammes de finition/la technologie hydrodiluable

4. Formulation

- a. Composition (apprêt/base/vernis)
- b. Interactions MP/performance
- c. Exercices sur formulation
 - i. Calcul des données essentielles
 - ii. Résolution de problèmes techniques

5. Contrôle des acquis

- a. Questions de cours
- b. Exercice de remontage d'une formule

PRÉREQUIS

BIBLIOGRAPHIE

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal pour la partie Peintures Automobile :

- épreuve écrite - 1h
- Notes de cours manuscrites autorisées
- Calculatrice autorisée.
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

Quitus : assiduité pour la partie Thermoplastiques pour l'automobile

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Dans ce cours on abordera les matériaux ciment et béton (Initiation aux matériaux cimentaires : Fabrication et utilisation du ciment et des bétons). ce cours est effectué par des industriels.

CONTENU

Cours sur les ciments par des ingénieurs de la société LAFARGE

- Partie 1 : Historique et fabrication du ciment (Alexander PISCH)
- Partie 2 : Historique, fabrication et utilisation des bétons (Blandine ALBERT)
- Partie 3 : (Matthieu Horgnies)

Réactivité de surface & fonctionnalisation des matériaux de construction (2h)

Plan

1. Introduction

- Quelques définitions
- La teinte du béton

2. Caractériser les surfaces de matériaux

- Variabilité de la composition de surface
- Caractérisation des interfaces et étude de l'adhésion

3. Fonctionnaliser les matériaux de construction

- Fonctions (super)-hydrophobes/hydrophiles
- Ancrage des pigments en surface des bétons
- Paramètres influençant la colonisation biologique

4. Innover : vers de nouveaux matériaux et concepts

- Dépollution de l'air par des bétons avec charbons actifs
- Incorporation de granulats à base de matériaux recyclés
- Dépôt de couches minces photovoltaïques

5. Conclusions : bilan, verrous technologiques & perspectives

- Partie 4 : (Marjorie Chantin)

techniques de construction et à l'émergence de la fabrication additive (2h)

PRÉREQUIS

BIBLIOGRAPHIE

- Arroyo R., Horgnies M., Junco C., Rodriguez A., Calderon V., Lightweight structural eco-mortars made with polyurethane wastes and non-ionic surfactants, *Construction & Building Materials*, 197 (2019) p. 157.
 - De Larrard F., *Concrete mixture proportioning*, E & FN Spon, London, United Kingdom, 1999.
 - Taylor H.F.W., *Cement Chemistry*, Second Ed., Thomas Telford Publishing, London, 1997.
 - Dutruel F., Guyader R. - Considération sur les efflorescences des bétons apparents. *Revue des matériaux de construction*, 709 (1977) p. 3.
 - Martin M., *Etude de la texture de la surface coffrée des parements verticaux en béton*, Thèse de doctorat, Université de Cergy-Pontoise (France) et Université de Laval (Canada), 2007.
 - Libessart L., *Influence de la composition des agents de démoulage à l'interface coffrage/béton - Impact sur l'esthétique des parements en béton*, Thèse de doctorat, Université d'Artois (France), 2006.
 - Horgnies M., Dubois-Brugger I., Gartner E.M. - NOx de-pollution by hardened concrete and the influence of activated charcoal additions, *Cement and Concrete Research*, 42 (2012) p. 1348.
 - Barberousse H., *Etude de la diversité des algues et des cyanobactéries colonisant les revêtements de façade en France et recherche des facteurs favorisant leur implantation*. Thèse de doctorat, Musée National d'Histoire Naturelle, Paris (France), 2006.
 - Beedens A., Van Gemert D. Experimental investigation of efficiency of TiO₂-cement coating for self-cleaning and air-purification. *Cement and Concrete Research*, 34 (2004) p. 2223.
 - Horgnies M., *Tribologie des bétons à ultra-haute Performance - Propriétés de surface et revêtements de protection*, *Technique de l'Ingénieur*, [TRI4600], 2012.
-
- Curtius, H.C., The adoption of building-integrated photovoltaics: barriers and facilitators. *Renewable Energy*, 126, p. 783 (2018).
 - Ceron, I., Caamaño-Martin, E. & Neila, F.J., « State of art » of building integrated photovoltaic products. *Renewable Energy*, 58, p. 127 (2013).
 - Cronemberger, J., Almagro Corpas, M., Ceron, I., Caamaño-Martin, E. & Vega Sanchez, S., BIPV technology application: highlighting advances, tendencies and solutions through solar Decathlon Europe houses. *Energy and Buildings*, 83, pp. 44 (2014).
 - Polo Lopez, C., Frontini, F., Bonomo, P. & Scognamiglio, A., PV and façade systems for the building skin. Analysis of design effectiveness and technological features. *Proceedings of the 29th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, Amsterdam, 2014.
 - Horgnies, M., Legrand, F., Bonnet, E. & Dubois-Brugger, I., Study of the interface and durability of the adhesion between photovoltaic cells and concrete-based façade panels, *WIT Transactions on Engineering Sciences: Materials and Contact Characterisation VIII*, WIT Press, 116, p. 171 (2017).
 - K. Johannes, F. Kuznik, J.-L. Hubert, F. Durier, C. Obrecht, Design and characterisation of a high powered energy dense zeolite thermal energy storage system for buildings, *Applied Energy*, 159 (2015).

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Ce cours vise à introduire une méthodologie rationnelle de sélection des matériaux et de leurs procédés d'élaboration en fonction des applications recherchées. Rappeler la démarche de l'analyse de la valeur et l'appliquer au choix des matériaux en utilisant notamment la méthode des indices de performance.

CONTENU

1 Introduction : variété et familles de matériaux

2 Rédaction de cahiers des charges fonctionnels

3 Fonctionnalité des matériaux

4 La méthode des indices de performance

5 La sélection des matériaux

5.1 Méthodes de sélection multicritères

5.2 Sélection multi-astreintes

5.3 Méthodes d'intelligence artificielle

6 Utilisation et présentation des logiciels les plus courants – bases de données

6.1 Présentation des logiciels

6.2 Structure des bases de données

RQ : ce cours est effectué par un ingénieur de la société SCHNEIDER ELECTRIC (JM Maldjian)

PRÉREQUIS

Physico-chimie des matériaux

Notions d'informatiques

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12					1

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Découvrir les familles et particularités des composites: 1ère Partie : Composites à Matrices Organiques:Présentation des grandes familles de composites à Matrices Polymères. Fabrication des renforts fibres (carbone, SiO₂).

2ème Partie : Composites à Matrices Inorganiques : Matrices Céramiques, matrices métalliques.

CONTENU

1ere Partie : Intervenant P. MOIREAU(OWENSCORNING)

A/ Elaboration des composites à matrices organiques

B/ Elaboration des fibres de verres, fibres de renforts

2ème partie : Intervenants : C. DARIE (Polytech Grenoble) et JM CHAIX (SIMAP)

A/ Elaboration des composites à matrices inorganiques

Introduction : définitions et applications

Composites fibreux à Matrices Céramiques (CMC)

Composites à Matrice Métallique (CMM)

B/ Microstructures et propriétés de transport dans les matériaux

Exemples

Percolation et propriétés

Exploiter les relations microstructure- propriétés pour concevoir des matériaux

? « matériaux sur mesure »

? « materials by design »

? « Multimatériaux architecturés »

PRÉREQUIS

Cours matériaux polymères de 3ème et 4ème années

Cours de céramiques de 4ème année

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal pour le cours de matériaux composites :

- Épreuve écrite - durée 1h

- Documents de cours autorisé

- Calculatrice autorisé

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

Quitus : assiduité Pour le cours de formulation

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
24	2				0.5

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Introduction aux biomatériaux : différentes interventions de chercheurs experts du domaine sur des applications précises des biomatériaux

CONTENU

1ère Partie : Intervenant R. AUZELY (CERMAV)

Introduction

Les biomatériaux polymères :

Biopolymères sensibles au pH , Biopolymères thermo sensibles

2ème partie : Intervenant : J. BRAS (PAGORA)

Le bois : un matériau innovant

Les matériaux biosourcés

3ème partie : Intervenant : A. GOURRIER (LyPHY)

Le biomimétisme et la bioinspiration pour le design de nouveaux matériaux

4ème partie : Intervenant : L. GREMILLARD (MATEIS)

Les biocéramiques

PRÉREQUIS

Cours matériaux polymères de 3ème et 4ème années

Cours de céramiques de 4ème année

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal pour matériaux biomimétiques :

- épreuve orale - durée 30min.

- Rapport écrit de 2-3 pages + présentation orale en sous-groupes

- En cas de tiers-temps : sujet adapté

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

Quitus : assiduité pour les autres cours de cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	24				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Atteindre au moins le niveau B2 en passant la certification externe Linguaskill Business. Score à atteindre : 160/180+

CONTENU

Préparation au Linguaskill Business.

PRÉREQUIS

En route vers le niveau B2

Connaissance du programme de 4ème année

BIBLIOGRAPHIE

WILSON Jonah, Linguaskill Business in 28 Days

<https://www.cambridgeenglish.org/exams-and-tests/linguaskill/information-about-the-test/>

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Les stages du département Matériaux

Les élèves ingénieurs du département Matériaux de Polytech Grenoble effectuent 2 stages au cours de leur formation. Une expérience à l'étranger est requise pour l'obtention du diplôme en formation ou en stage sur les 3 années du cursus.

Le stage de deuxième année, d'une durée de 17 semaines met en pratique les connaissances, les savoir-faire techniques et les capacités à contribuer à un projet typiquement confié à un assistant-ingénieur. Le stage donne lieu à un rapport et une soutenance. Ce stage est aussi l'opportunité d'une expérience à l'étranger.

Le stage de 3ème année est un stage long d'une durée de 22 semaines. Il est un élément clef de la formation de l'élève-ingénieur qui lui permet d'acquérir une première expérience professionnelle au cours de laquelle il appréhendera plusieurs aspects du métier d'ingénieur dont la maîtrise du contenu scientifique et technique, la prise en compte du contexte humain, l'appropriation du positionnement du projet au sein de l'entreprise, la force de proposition et la capacité de négociation. Le stage donne lieu à un rapport et une soutenance.

CONTENU**PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% évaluation stage : grille de compétences

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8	20				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Gérer son projet technique en intégrant la complexité et de multiples dimensions humaines et de transition.

CONTENU

Cours, mises en situation, et accompagnement par équipe à la mise en oeuvre dans le cadre du projet du S10 :

- Se focaliser sur le sens et le process,
- développer compétences en design thinking et innovation, et intégrer l'effet rebond
- analyser les impacts sociétaux, énergétiques et écologiques de son projet, adapter son projet en conséquence
- intégrer des méthodes et outils de la conception soutenable de projets, conduire le changement sans développer de freins.

PRÉREQUIS

Ethique, Transitions et Gestion de projets 4A, enquêtes socio-techniques 4A

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
				200	

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Répondre à un besoin concret défini par une entreprise ou un laboratoire en équipe de 3 à 4 étudiants pendant une durée de 2 mois de fin janvier à fin mars (soit 200h).

CONTENU

Les sujets sont proposés par des entreprises ou des laboratoires pour répondre à leur besoin dans:

la réalisation d'un cahier des charges
 une étude bibliographique
 la participation à une étude de cas
 la mise en place d'essais
 le développement d'une solution, d'une maquette ou d'un prototype
 dans les domaines des matériaux.

Les étudiants doivent rédiger un résumé en anglais, un rapport en français et présenter leurs résultats lors d'une soutenance en anglais.

PRÉREQUIS

Cours de 3ème, 4ème et 5ème année dans les domaines proposés par le sujet.

BIBLIOGRAPHIE

Dépend du sujet

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% évaluation projet : grille de compétences

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
2					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Pitch en anglais pour présenter son projet de fin d'études en groupe.

CONTENU**PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% évaluation projet : grille de compétences (composante de la compétence transverse)

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

KAI5MT - MATÉRIAUX 5ème ANNÉE ALTERNANCE

Code Apogee	Intitulé	Coef/ECTS
SEMESTRE KAMP9S01	SEMESTRE 9 MAT5 ALTERNANCE (obligatoire)	0
UE KAMP9U07	UE1 : MÉTIERS DE L'INGÉNIEUR (obligatoire)	5
KAMP9M16	Qualité - HSE (QHSE)	0.4
KAMP9M17	Supply chain	0.1
KAMP9M04	Statistiques - fiabilité des matériaux (Stat Fiab)	0.5
UE KAMP9U08	UE2 : DURABILITÉ DES MATÉRIAUX (obligatoire)	4
KAMP9M07	Durabilité mécanique des matériaux métalliques : fatigue, fluage et usure (FF)	0.3
KAMP9M18	Vieillessement chimique des polymères (VMP)	0.5
KAMP9M25	Sélections des matériaux (SEM)	0.2
UE KAMP9U09	UE3 : MATÉRIAUX AVANCÉS : MICRO ET NANO TECHNOLOGIE (obligatoire)	5
KAMP9M20	Épitaxie pour les micro et nano technologies (Epitax)	0.3
KAMP9M21	Nanochimie et nanomatériaux (Nanochmat)	0.3
KAMP9M26	Traitement des matériaux par plasma (TEMP)	0.4
UE KAMP9U10	UE4 : ANGLAIS (obligatoire)	4
KAMP9M14	Anglais (ANG1)	1
UE KAMP9U11	UE5 : ACTIVITÉS PROFESSIONNELLES (obligatoire)	12
KAMP9M15	Retour d'expérience professionnelle (REX1)	0.8
KAMP9M23	Gestion de projet + management de l'innovation (gest proj innov)	0.2
KAMP9M24	Travail personnel (TPC1)	0
SEMESTRE KAMPXS01	SEMESTRE 10 MAT5 ALTERNANCE (obligatoire)	0
UE KAMPXU08	UE1 : PROCÉDÉS ET ENERGIE (obligatoire)	5
KAMPXM13	Technologies industrielles : soudage, brassage, packaging (tech indus)	0.2
KAMPXM11	Fabrication additive (FAB)	0.2
KAMPXM12	Procédés pour la plastronique (plastro)	0.2
KAMPXM24	Positionnement socioéconomique dans domaine de l'énergie (ENERGIE)	0.4
UE KAMPXU09	UE2 : RECHERCHE ET INNOVATION (obligatoire)	5
KAMPXM22	Projets intégration de matériaux pour applications innovantes (proj appli innov)	1
UE KAMPXU06	UE3 : COMPOSITES, BIOMATÉRIAUX ET ECOCONCEPTION (obligatoire)	5
KAMPXM17	Matériaux composites (matcompo)	0.5
KAMPXM25	Éco-conception, ACV et fin de vie des produits (ECO ACV)	0.2
KAMPXM19	Matériaux bioinspirés (Matbio)	0.3
UE KAMPXU10	UE4 : ANGLAIS (obligatoire)	3
KAMPXM23	Anglais (ANG2)	1
UE KAMPXU11	UE5 : ACTIVITÉS PROFESSIONNELLES (obligatoire)	12
KAMPXM20	Gestion de projet + management de l'innovation (gest proj innov)	0.2
KAMPXM21	Travail personnel (TPC2)	0
KAMPXM09	Retour d'expérience professionnelle (REX2)	0.8

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
23					3

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Initier les étudiants à la connaissance du Système de Management de la Qualité

Comprendre les concepts et les outils (QA Assurance / QC Contrôle) qui permettent d'optimiser le fonctionnement de l'entreprise, par la démarche d'Amélioration Continue

Développer les capacités à mettre en place et à conduire la résolution des problèmes et ce en suivant une démarche Qualité

Connaître le vocabulaire, les termes, les acronymes, les principaux outils Qualité et les démarches structurées à la conduite de résolution de problème et de projet d'amélioration

CONTENU

Chap. 0 Préambule

Chap. 1 Introduction

Chap. 2 Les fondamentaux de la qualité

Chap. 3 La Qualité et le Client

Chap. 4 La Qualité dans l'entreprise

Chap. 5 L'Assurance Qualité / Le Système de Management

Chap. 6 Résoudre un problème

Chap. 7 La Qualité dans le Flux : Maitriser la qualité en conception, en production et chez les fournisseurs

Chap. 8 Communiquer et animer la qualité au quotidien

PRÉREQUIS

Aucun

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
4	3				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
30	0				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

STATISTIQUES

- Revoir les fondamentaux sur les probabilités et les statistiques.
- Démontrer l'utilité des statistiques dans l'industrie (Production, Qualité, R&D, ...) en s'appuyant sur des problèmes concrets.
- Décider et gérer les risques avec une approche scientifique.
- Apporter les connaissances nécessaires pour le cours de fiabilité.

FIABILITE

- Utilité de la fiabilité dans l'industrie (Qualité, R&D, ...).
- Comment s'insère la fiabilité dans le cycle de vie du produit.
- Être capable de maîtriser les principales lois pour estimer la fiabilité.
- Être capable de calculer la durée de vie d'un système.
- Être capable de construire un plan de qualification.

CONTENU

STATISTIQUES

- Objectifs
- Contexte
 - Réflexion lente – réflexion rapide
 - Décisions ? risques
 - Probabilités et statistiques pour la fiabilité
- Probabilités
 - Introduction
 - Définitions
 - Exemples
 - Probabilités conditionnelles.
 - Indépendance et incompatibilité.
 - Applications numériques
- Statistiques
 - Les trois domaines : Statistiques descriptives, statistiques mathématiques, tests.
 - Différentes variables
 - Paramètres de position
 - Paramètres de dispersion
 - Propriétés
 - Représentations graphiques
 - Densité de probabilité
 - Applications numériques
 - Les principales lois (distributions discrètes et continues):
- Loi de Bernoulli

- Loi binomiale
- Loi hypergéométrique
- Loi exponentielle
- Loi de Poisson
- Loi uniforme
- Loi Gauss
- Loi de Student
- Loi log-normale
- Domaines de validité et approximations
- Applications numériques
 - Echantillonnages et estimateurs.
- Définitions
 - Théorème central limite
 - Capabilités.
- Définitions
 - Intervalles de confiance et intervalles de fluctuation.
- Définitions
- Applications numériques
 - Tests statistiques.
- Construire un test statistique (H_0 et H_1)
- Les différents tests
- Applications numériques

FIABILITE

- Objectifs.
- Introduction.
- Contexte.
- Etapes pour la sûreté de fonctionnement.
- Fiabilité et produit.
- Définitions.
- Cycle de vie du produit.
- Lois de distribution pour la fiabilité:
 - Lois étudiées en statistiques
 - Lois de Weibull
 - Applications numériques
- Estimations des paramètres :
 - Estimations ponctuelles
 - Estimations par intervalles
 - Applications numériques
- Traitements des données expérimentales.
- Calcul taille d'un échantillon.
- Fiabilité des systèmes :
 - Les différents cas (systèmes simples ? systèmes complexes)
 - Applications numériques
- Méthode contrainte – résistance :
 - Définition
 - Applications numériques
- Application des tests statistiques (khi deux, kolmogorov-smirnov).
- Phénomènes physiques, lois d'endommagement.
- Endommagement par fatigue
- Essais :
 - Définition
 - Tests accélérés
 - Lois d'accélération

- Applications numériques
- Modèle de Cox
- TP sur les trombones : mise en application d'une loi d'accélération.

PRÉREQUIS

Mat3 et Mat4

BIBLIOGRAPHIE

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite – 2h
- Document autorisé : support de cours (Stat et Fiab uniquement)
- Calculatrice autorisée, autres appareils électroniques interdits
- Papier Weibull fourni
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
10					2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT
français

OBJECTIFS

Connaître et maîtriser les mécanismes gouvernant la durée de vie et la rupture des matériaux inorganiques en sollicitation extrêmes ou complexes.

CONTENU

- 1 Fatigue des Métaux & alliages
 - 1.1 Les sollicitations en fatigue
 - 1.2 Amorçage des fissures et fatigue olygocyclique
 - 1.3 Propagation des fissures en fatigue
 - 1.4 Effet de l'environnement et de la température
 - 1.5 Rupture en fatigue
- 2 Les mécanismes et les lois phénoménologiques
 - 2.1 Les courbes de fluage ; effet de la contrainte et de la température
 - 2.2 Les micromécanismes de déformation de fluage : glissement et montée des dislocations, diffusion en volume, aux joints de grain, réaction d'interface, glissement aux joints de grains
 - 2.3 Lois de fluage
- 2.
- 4 Evolutions microstructurales associées aux déformations à haute température
- 2.5 Cartes de fluage
- 2.6 Superplasticité
- 3 Rupture et durée de vie en fluage
 - 3.1 Cavitation, fissuration et rupture
 - 3.2 Durée de vie : approche pratique
 - 3.3 Interaction fatigue-fluage
- 4 Présentation de cas pratiques de fluage
 - 4.1 Les aubes de turbines des réacteurs d'avion
 - 4.2 le fluage dans les matériaux du nucléaire

Ce cours est illustré à la fin par un intervenant de la société AREVA et un intervenant industriel de chez AUBERT&DUVAL.

PRÉREQUIS

- Prérequis- KAMA6M13: Métallurgie
- KAMA7M06: Métallurgie Mécanique

BIBLIOGRAPHIE

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

- 100% examen terminal :
- 1 épreuve écrite – 2h
- Document autorisé : feuille A4 manuscrite Recto-Verso
- Calculatrice autorisée, autres appareils électroniques interdits
- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
22					2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Ce cours vise à introduire une méthodologie rationnelle de sélection des matériaux et de leurs procédés d'élaboration en fonction des applications recherchées. Rappeler la démarche de l'analyse de la valeur et l'appliquer au choix des matériaux en utilisant notamment la méthode des indices de performance.

CONTENU

1 Introduction : variété et familles de matériaux

2 Rédaction de cahiers des charges fonctionnels

3 Fonctionnalité des matériaux

4 La méthode des indices de performance

5 La sélection des matériaux

5.1 Méthodes de sélection multicritères

5.2 Sélection multi-astreintes

5.3 Méthodes d'intelligence artificielle

6 Utilisation et présentation des logiciels les plus courants – bases de données

6.1 Présentation des logiciels

6.2 Structure des bases de données

RQ : ce cours est effectué par un ingénieur de la société SCHNEIDER ELECTRIC (JM Maldjian)

PRÉREQUIS

Physico-chimie des matériaux

Notions d'informatiques

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8		7			0

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Objectifs

L'objectif de ce cours est de présenter les mécanismes de croissance cristalline illustrés par des exemples pris dans le domaine des matériaux semiconducteurs. La première partie présentera les principes de base de l'épitaxie et les deux principales techniques de croissance utilisées dans l'industrie. La deuxième partie sera consacrée à l'hétéroépitaxie qui met en jeu des déformations élastiques et plastiques et qui conduit à 4 modes de croissances distincts par minimisation de l'énergie totale du système. Une troisième partie abordera spécifiquement la croissance des nanostructures (puits quantiques, nanofils et boîtes quantiques) et ouvrira vers des approches nouvelles telle que la croissance sur graphène. Par ailleurs, 2 techniques de caractérisation structurale importantes (microscopie électronique à transmission et la diffraction des rayons X en incidence rasante) seront introduites et utilisées dans le cadre de ce cours.

CONTENU**PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
9	4				1

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12		4			2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Les exemples d'utilisation des plasmas froids dans l'industrie sont nombreux. Aussi, l'objectif de ce cours est double : d'une part faire comprendre ce qu'est un plasma et d'autre part apprendre à utiliser voire à améliorer un procédé plasma industriel. Pour cela, nous définirons les principales notions intervenant en physique des plasmas, puis nous présenterons les différents types de réacteurs utilisés dans l'industrie ou la recherche. Enfin, suite à l'étude de l'interaction plasma/surface, nous donnerons des exemples de procédés assistés par plasma.

CONTENU

- 1 Définition des plasmas
 - 1.1 Principales grandeurs d'un plasma
 - 1.2 Les différents plasmas
 - 1.3 Phénomènes de transport des espèces dans un plasma confiné dans une enceinte
 - 1.4 Rappel sur les sections efficaces de collision
- 2 Les sources plasmas
 - 2.1 Décharges continues
 - 2.2 Décharges RF capacitatives et inductives
 - 2.3 Décharges microondes
- 3 Exemples d'applications
 - 3.1 Plasmas pour la dépollution
 - 3.2 Ecrans plats
 - 3.3 Stérilisation plasma
 - 3.4 Traitement de polymères
 - 3.5 Traitement de textiles
- 4 Interaction Plasma/surface
 - 4.1 Mécanismes réactionnels
 - 4.2 Procédés de dépôt 1 : PVD – application au revêtement (intervention d'un industriel)
 - 4.3 Procédés de dépôt 2 : PECVD
 - 4.4 Gravure plasma – application à la microélectronique (intervention d'un industriel)
- 5 Quelques techniques de caractérisation des plasmas
 - 5.1 La spectroscopie d'émission optique
 - 5.2 La sonde de Langmuir
 - 5.3 La spectrométrie de masse

RQ: Chaque année 2 à 3 intervenants du monde industriel viennent illustrer ce cours. Exemple 2013/2014 : Un intervenant de l'IFTH pour illustrer le traitement des textiles par plasma (2h) et un intervenant la société STMicroelectronics pour illustrer le choix d'un équipement de gravure plasma 300 mm (3h).

PRÉREQUIS

Connaissances en : électrostatique, électromagnétisme, physique et chimie du solide, physique statistique

BIBLIOGRAPHIE

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

25% contrôle continu

75% examen terminal :

- 1 épreuve écrite – 2h

- Documents interdits

- Calculatrice interdite, autres appareils électroniques interdits

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	14				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	15				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% évaluation mission en entreprise à mi parcours : note de l'entreprise en concertation avec l'équipe pédagogique (1/3 de la note finale), rapport écrit (1/3 de la note finale), soutenance orale (1/3 de la note finale), grille de compétences.

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	12				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
12					

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
17	2				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
				43	

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT
français

OBJECTIFS

CONTENU

PRÉREQUIS

BIBLIOGRAPHIE

CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

100% évaluation projet : Livrable = soutenance orale, grille de compétences.
En cas de non validation, il n’y aura pas de possibilité de passer d’épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
26					2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Intervenant 1

Objectifs : Connaitre les grandes familles et les procédés de mise en œuvre des matériaux composites à matrices organiques

CONTENU

Intervenant 1

Contenu :

Définitions

Les matrices

Les différents types de renforts

Les noyaux

Les bio-composites

Les différents procédés de mise en oeuvre des composites

Réparation et Recyclage des composites

Essais spécifiques aux matériaux composites

Part développement durable et responsabilité sociétale : 2

PRÉREQUIS

Intervenant 1:notions matériaux acquises depuis la première année ingénieur

BIBLIOGRAPHIECONTRÔLE DES CONNAISSANCES

80% contrôle continu

20% examen terminal

- épreuve orale - 30 min (20 min présentation + 10 min questions)

En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
4	4				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
8	6				2

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Objectifs: acquérir les concepts fondamentaux et méthodologiques de biomimétisme utiles pour la conception de solutions intégrant des matériaux bio-inspirés

Objectives: to acquire the fundamental and methodological biomimetics concepts to develop new engineering solutions integrating bio-inspired materials

CONTENU

Contenu: Partie 1: concepts fondamentaux des relations structure-fonction des matériaux biologiques; Partie 2: méthode de design de l'innovation appliquée à la conception d'innovations bio-inspirées

Quantification DRS élevée niveau 3

PRÉREQUIS

Pré-requis: formation matériaux avancée: nature physicochimique et relation structure-fonction des grandes classes de matériaux de synthèse; propriétés mécaniques et résistance des matériaux, propriétés de surface, autres propriétés physiques (optiques, électronique etc.)

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% examen terminal :

- 1 épreuve écrite (30%)+ 1 présentation orale (70%) – 2h

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	17				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	12				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS

Objectif : Comprendre les différents types d'innovation, la mise en oeuvre des projets d'innovation et la protection de l'innovation

CONTENU

Contenu :

Définitions

Les différents types d'innovation

Le Design Thinking

Propriété Intellectuelle

L'innovation Frugale

L'open innovation et les communautés d'innovation

Part développement durable et responsabilité sociétale : 2

PRÉREQUIS

aucun

BIBLIOGRAPHIE**CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% contrôle continu

- En cas de tiers-temps : notation adaptée (facteur 1,33)

En cas de non validation d'une UE, le jury peut autoriser l'élève ingénieur à passer des épreuves complémentaires pour la valider.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**

100% quitus : assiduité

En cas de non validation, il n'y aura pas de possibilité de passer d'épreuve complémentaire dans cette matière.

CM	TD	TP	APP	PJ (projet)	EXAM
	16				

LANGUE(S) D'ENSEIGNEMENT

français

OBJECTIFS**CONTENU****PRÉREQUIS****BIBLIOGRAPHIE****CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**