



RÉPUBLIQUE  
TUNISIENNE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**Direction Générale de la Rénovation Universitaire  
Commission ad hoc de Physique Chimie**

## **Licence de Physique Chimie**

**Domaine des Sciences & Technologies**

**Mention : " Physique Chimie"**

**Plan d'études et programmes  
des unités d'enseignement**

## LICENCE DE PHYSIQUE-CHIMIE - Semestre S1 (L1)

N°	UE	Nature de l'UE	Code Unité	Code ECUE	Élément constitutif d'UE (ECUE)	Volume horaire semestriel (14 semaines)			Crédits		Coefficients		Régime d'examen	
						Cours	TD	TP	ECUE	UE	ECUE	UE	CC	Régime mixte
1	Mathématiques 1	Fondamentale	UEF110	ECUEF111	Analyse 1	21	21	-	3	6	1,5	3		x
				ECUEF112	Algèbre 1	21	21	-	3		1,5			x
2	Physique 1.1	Fondamentale	UEF120	ECUEF121	Mécanique 1	21	21	21	3	6	1,5	3		x
				ECUEF122	Optique Géométrique	21	21		3		1,5			x
3	Physique 1.2	Fondamentale	UEF130	-	Electrostatique	21	21	-	-	4	-	2		x
4	Chimie 1	Fondamentale	UEF140	ECUEF141	Atomistique et Périodicité	21	21	21	3	6	1,5	3		x
				ECUEF142	Thermodynamique Chimique	21	21		3		1,5			x
5	Activités pratiques	Fondamentale	UEF150		(Chimie)		21			4		2	x	
6	Langues et Informatique	Transversale	UET160	ECUET161	Anglais 1		21		2	4	1	2	x	
				ECUET162	Culture et Compétences Numériques-2CN (D1)			21	2		1		x	
<b>TOTAL</b>						<b>399</b>			<b>30</b>		<b>15</b>			

## LICENCE DE PHYSIQUE -CHIMIE - Semestre S2 (L1)

N°	UE	Nature de l'UE	Code Unité	Code ECUE	Élément constitutif d'UE (ECUE)	Volume horaire semestriel (14 semaines)			Crédits		Coefficients		Régime d'examen	
						Cours	TD	TP	ECUE	UE	ECUE	UE	CC	Régime mixte
1	Mathématiques 2	Fondamentale	UEF210	ECUEF 211	Analyse 2	21	21	-	3	6	1,5	3		x
				ECUEF 212	Algèbre 2	21	21	-	3		1,5			x
2	Physique 2.1	Fondamentale	UEF220	ECUEF 221	Mécanique 2	21	21	21	3	6	1,5	3		x
				ECUEF 222	Magnétostatique	21	21		3		1,5			x
3	Physique 2.2	Fondamentale	UEF230	-	Electrocinétique	21	21	14	-	4	-	2		x
4	Chimie 2	Fondamentale	UEF240	ECUEF 241	Liaisons chimiques et cinétique chimique	21	21	21	3	6	1,5	3		x
				ECUEF 242	Chimie des solutions aqueuses	21	21		3		1,5			x
5	Activités pratiques	Fondamentale	UEF250		(Physique)		21			4		2	x	
6	Langues et Informatique	Transversale	UET260	ECUET261	Anglais 2		21		2	4	1	2	x	
				ECUET262	Culture et Compétences Numériques-2CN (D2)			21	2		1		x	
<b>TOTAL</b>						<b>413</b>			<b>30</b>		<b>15</b>			

## LICENCE DE PHYSIQUE- CHIMIE - Semestre S3 (L2)

N°	UE	Nature de l'UE	Code Unité	Code ECUE	Élément constitutif d'UE (ECUE)	Volume horaire semestriel (14 semaines)			Crédits		Coefficients		Régime d'examen	
						Cours	TD	TP	ECUE	UE	ECUE	UE	CC	Régime mixte
1	Mathématiques 3	Fondamentale	UEF 310	ECUEF311	Analyse 3	21	21	-	3	6	1,5	3		x
				ECUEF312	Algèbre 3	21	21	-	3		1,5			x
2	Physique 3.1	Fondamentale	UEF 320	ECUEF321	Electromagnétisme dans le vide	21	21	21	3	6	1,5	3		x
				ECUEF322	Electronique analogique	21	21		3		1,5			x
3	Physique 3.2	Fondamentale	UEF 330	-	Thermodynamique	21	21		-	4	-	2		x
4	Chimie 3	Fondamentale	UEF 340	ECUEF341	Chimie Organique générale	21	21	21	3	6	1,5	3		x
				ECUEF342	Diagramme de Phases	21	21		3		1,5			x
5	Activités pratiques	Fondamentale	UEF 350		Physique et/ou Chimie		28		-	4		2	x	
6	Enseignements transversaux	Transversale	UET 360	ECUET361	Anglais 3		21		2	4	1	2	x	
				ECUET362	Culture et Compétences Numériques-2CN (D3)			21	2		1		x	
<b>TOTAL</b>						<b>406</b>			<b>30</b>		<b>15</b>			

## LICENCE DE PHYSIQUE-CHIMIE - Semestre S4 (L2)

N°	UE	Nature de l'UE	Code Unité	Code ECUE	Élément constitutive d'UE (ECUE)	Volume horaire semestriel (14 semaines)			Crédits		Coefficients		Régime d'examen	
						Cours	TD	TP	ECUE	UE	ECUE	UE	CC	Régime mixte
1	Physique 4.1	Fondamentale	UEF410	ECUEF411	Cristallographie	21	21	-	3	6	1,5	3		x
				ECUEF412	Mécanique des Fluides	21	21	14	3		1,5			x
2	Physique 4.2	Fondamentale	UEF420	-	Electromagnétisme dans la matière	21	21	14	-	4		2		x
3	Chimie 4	Fondamentale	UEF430	ECUEF431	Mécanismes réactionnels	21	21	14	3	6	1,5	3		x
				ECUEF432	Méthodes spectroscopiques	21	21	14	3		1,5			x
4	Physique/chimie	optionnelle	UEO 440	ECUEF441	Physique: .....	21	14**		3	6	1,5	3		x
				ECUEF442	Techniques de separation *	21	14**		3		1,5			x
5	Activités pratiques	Fondamentale	UEF450	-	Physique et/ou Chimie		28		-	4		2	x	
6	Enseignements transversaux	Transversale	UET460	ECUET461	Anglais 4		21		2	4	1	2	x	
				ECUET462	Culture et Compétences Numériques-2CN (D4)			21	2		1		x	
<b>TOTAL</b>						<b>406</b>			<b>30</b>		<b>15</b>			

\* À titre indicatif

\*\* TD convertible en TP

## LICENCE DE PHYSIQUE-CHIMIE - Semestre S5 (L3)

N°	UE	Nature de l'UE	Code Unité	Code ECUE	Élément constitutif d'UE (ECUE)	Volume horaire semestriel (14 semaines)			Crédits		Coefficients		Régime d'examen	
						Cours	TD	TP	ECUE	UE	ECUE	UE	CC	Régime mixte
1	Mathématiques 4	Fondamentale	UEF510	-	Méthodes mathématiques pour la physique	21	21	-	-	4	-	2		x
2	Physique 5.1	Fondamentale	UEF520	-	Mécanique Quantique 1	21	21	-	-	4	-	2		x
3	Physique 5.2	Fondamentale	UEF530	ECUEF531	Physique Statistique	21	21	-	3	6	1,5	3		x
				ECUEF532	Ondes et vibrations	21	21	21	3		1,5			x
4	Chimie 5	Fondamentale	UEF540	ECUEF541	Chimie de coordination	21	21	-	3	6	1,5	3		x
				ECUEF542	Chimie organique fonctionnelle	21	21	14	3		1,5			x
5	Physique/chimie	optionnelle	UEO 550	ECUEF551	Physique: .....	21	14**		3	6	1,5	3		X
				ECUEF552	Structure des matériaux solides*	21	14**		3		1,5			X
6	Enseignements transversaux	Transversale	UET560	ECUET561	Normes et contrôle qualité	21			2	4	1	2	x	
				ECUET562	Culture et Compétences Numériques-2CN (D5)			21	2		1		x	
<b>TOTAL</b>						<b>399</b>			<b>30</b>		<b>15</b>			

\* à titre indicatif

\*\* TD convertible en TP

## LICENCE DE PHYSIQUE-CHIMIE - Semestre S6 (L3)

N°	UE	Nature de l'UE	Code Unité	Code ECUE	Élément constitutif d'UE (ECUE)	Volume horaire semestriel (14 semaines)			Crédits		Coefficients		Régime d'examen	
						Cours	TD	TP	ECUE	UE	ECUE	UE	CC	Régime mixte
1	Physique 6	Fondamentale	UEF 610	ECUEF 611	Mécanique Quantique 2	21	21	-	3	7	1,5	3,5		x
				ECUEF 612	Optique Ondulatoire	21	21	21	4		2			x
2	Chimie 6	Fondamentale	UEF 620	ECUEF 621	Chimie quantique	21	21		3	7	1,5	3,5		x
				ECUEF 622	Chimie de l'état Solide	21	21	14	4		2			x
3	Physique/chimie	optionnelle	UEO 630	ECUEF 631	Physique: .....	21	21	14	3	6	1,5	3		x
				ECUEF 632	Chimie macromoléculaire *	21	21	14	3		1,5			x
4	Activités pratiques	Fondamentale	UEF 640	-	Physique et/ou Chimie		56		-	6		3	x	
5	Enseignements transversaux	Transversale	UET 650	ECUET 651	Management de projet	21			2	4	1	2	x	
				ECUET 652	Economie et Gestion d'entreprises	21			2		1		x	
<b>TOTAL</b>						<b>413</b>			<b>30</b>		<b>15</b>			

\* à titre indicatif

# **Programmes des unités d'enseignement**

## **Semestre 1**



Chapitre 1	Titre : Corps des reels
Chapitre 2	Titre: Suites numériques <ul style="list-style-type: none"><li>• Suites Arithmétiques,</li><li>• suites géométriques et de Cauchy,</li><li>• convergence,</li><li>• critères de convergence</li></ul>
Chapitre 3	Fonctions d'une variable réelle à valeur réelle : <ul style="list-style-type: none"><li>• Limites,</li><li>• continuité,</li><li>• dérivées, dérivée de fonction composée,</li><li>• théorème des accroissements finis,</li><li>• formules de Taylor.</li></ul>
Chapitre 4	Titre : Fonctions à plusieurs variables réelles à valeur réelle <ul style="list-style-type: none"><li>• Continuité,</li><li>• dérivées partielles,</li><li>• extrema,</li><li>• formule de Taylor à l'ordre 2 et plus</li></ul>

**UEF 110 , ECUEF 112, Intitulé : Algèbre 1**

**Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits : 3 Coefficient : 1.5      Semestre: S1**

Chapitre 1	Groupe, anneau, corps,
Chapitre 2	Notions sur les polynômes
Chapitre 3	Notions sur les fractions rationnelles
Chapitre 4	Espaces vectoriels <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>sous-espaces,</i></li><li>• <i>familles libres,</i></li><li>• <i>bases des espaces de dimension finie,</i></li><li>• <i>espace vectoriel de fonctions</i></li></ul>

**UEF 120 , ECUEF 121, Intitulé : Mécanique 1**

**Volume horaire : 52.5 heures (21 h : Cours, 21 h : TD et 10.5h TP) Crédits : 3**

**Coefficient : 1.5 Semestre: S1**

Chapitre 1	<p>Titre : Pré requis et outils mathématiques</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Calcul vectoriel : produit scalaire (norme), produit vectoriel, Fonctions à plusieurs variables, dérivation</li><li>• Analyse vectorielle : les opérateurs gradient, rotationnel,...</li><li>• Les systèmes de coordonnées : le système cartésien, cylindrique et sphérique (expliquer leur intérêt en physique en général et en mécanique en particulier)</li></ul>
Chapitre 2	<p>Titre : Cinématique du point matériel</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Notion de référentiel et de repérage d'un point matériel</li><li>• Définition du vecteur vitesse et son expression dans les différents systèmes de coordonnées (système cartésien, cylindrique et sphérique)</li><li>• Définition du vecteur accélération et son expression dans les différents systèmes de coordonnées (système cartésien, cylindrique et sphérique)</li><li>• Définition de la base de Serret-Frenet : Notion d'abscisse curviligne et sa signification, expression de la vitesse et de l'accélération dans la base de Serret-Frenet, notion de vecteur tangent et normal, définition du rayon de courbure et du centre de courbure (à chaque fois, la signification physique de chaque grandeur sera précisée).</li></ul>
Chapitre 3	<p>Titre : Changement de référentiel-Composition des mouvements</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Notion d'observateur, Définitions des vecteurs position, vitesse et accélération par rapport à deux référentiels différents : Interprétation physique</li><li>• Relation entre les vecteurs vitesse définis par rapport à deux référentiels différents : loi de composition des vitesses : Interprétation physique</li><li>• Relation entre les vecteurs accélération définis par rapport à deux référentiels différents : loi de composition des accélérations : Interprétation physique</li></ul>
Chapitre 4	<p>Titre : Dynamique du point matériel</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Les lois de Newton : Principe fondamental de la dynamique et notion de référentiel galiléen</li><li>• Approfondissement de la notion de référentiel galiléen : exemples de référentiels galiléens par rapport à un mouvement prédéfini</li><li>• Principe fondamental par rapport à un référentiel non galiléen : notion de forces d'inertie</li><li>• Théorème du moment cinétique</li><li>• Notion de travail et de puissance d'une force par rapport à un référentiel</li><li>• Notion de mouvement sans frottements</li><li>• Théorèmes énergétiques : théorème de l'énergie cinétique, théorème de l'énergie mécanique</li></ul>

**UEF 120 , ECUEF 122, Intitulé : Optique géométrique**

**Volume horaire :52.5 heures (21 h : Cours, 21 h TD et 10.5h TP) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre: S1**

Chapitre 1	Fondements de l'optique géométrique <ul style="list-style-type: none"><li>• Notions sur les ondes, longueur d'onde, plans d'onde, indice de réfraction d'un milieu</li><li>• Principe de propagation rectiligne de la lumière</li><li>• Limite de validité de l'optique géométrique</li><li>• Chemin optique et principe de Fermat</li><li>• Lois de Descartes et application à l'étude d'un prisme</li></ul>
Chapitre 2	Formation des images <ul style="list-style-type: none"><li>• Objets et images</li><li>• Aplanétisme</li><li>• Systèmes centrés dans l'approximation de Gauss</li><li>• Notion de stigmatisme</li></ul>
Chapitre 3	Systèmes optiques à faces sphériques <ul style="list-style-type: none"><li>• Miroirs sphériques application au miroirs plans</li><li>• Dioptrés sphériques et application aux dioptrés plans</li><li>• Donner les formules de conjugaison dans l'approximation de Gauss sans les établir</li><li>• lentilles minces</li><li>• formules de conjugaison et de grandissement d'une lentille mince</li><li>• construction d'images</li></ul>
Chapitre 4	Instrumentation <ul style="list-style-type: none"><li>1- Loupe</li><li>2- Oeil</li><li>3- Telescope</li><li>4- Microscope</li></ul>

<b>Partie A: Distribution de charges ponctuelles</b>	
<b>Chapitre 1</b>	<b>Titre : Charge électrique et interaction électrostatique</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Electrification et charges électriques</li><li><input type="checkbox"/> Force d'interaction électrostatique - Loi de Coulomb</li><li><input type="checkbox"/> Applications</li></ul>
<b>Chapitre 2</b>	<b>Titre : Champ et potentiel électrostatiques</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Champ créé par : une charge ponctuelle, un système de charges</li><li><input type="checkbox"/> Circulation du champ électrostatique, potentiel électrostatique</li><li><input type="checkbox"/> Relation entre champ et potentiel électrostatiques</li><li><input type="checkbox"/> Applications</li></ul>
<b>Chapitre 3</b>	<b>Titre : Dipôle électrostatique</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Dipôle électrostatique isolé : définition, moment dipolaire, potentiel électrostatique, champ électrostatique, lignes de champ et surfaces équipotentielles</li><li><input type="checkbox"/> Dipôle dans un champ extérieur</li></ul>
<b>Partie B: Distribution de charges continues</b>	
<b>Chapitre 4</b>	<b>Titre : Flux du champ électrostatique - Théorème de Gauss</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Distribution continue de charges - Densité de charges</li><li><input type="checkbox"/> Flux du champ et théorème de Gauss</li><li><input type="checkbox"/> Notion de symétries</li><li><input type="checkbox"/> Application du théorème de Gauss au calcul du champ électrostatique</li><li><input type="checkbox"/> Exemples d'application</li><li><input type="checkbox"/> Relations de passage</li><li><input type="checkbox"/> Equations locales du champ et du potentiel</li></ul>
<b>Partie C: Energie et conducteurs électrostatiques</b>	
<b>Chapitre 5</b>	<b>Titre : Energie électrostatique</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Energie potentielle d'interaction d'un système de charges ponctuelles</li><li><input type="checkbox"/> Energie électrostatique d'une distribution continue de charges</li></ul>

**Chapitre 6****Titre : Les conducteurs en équilibre électrostatique**

- Conducteur en équilibre électrostatique : Généralités, propriétés d'un conducteur en équilibre électrostatique, champ au voisinage d'un conducteur en équilibre (théorème de Coulomb), pression électrostatique, pouvoir des pointes
- Systèmes de conducteurs en équilibre électrostatique-Influence électrostatique
- Coefficients de capacité et d'influence d'un système de conducteurs en équilibre-les condensateurs, Associations de condensateurs.

## **Chapitre I : Introduction**

Brève présentation historique de la théorie atomique, particules subatomiques (électron, proton, neutron, masse de l'atome...), Rappel sur le spectre de l'hydrogène et le modèle de Bohr.

## **Chapitre II : Etude de l'atome d'hydrogène en mécanique quantique**

Principe d'incertitude de Heisenberg, Dualité onde-corpuscule, Modèle quantique de l'atome d'hydrogène (sans résolution de l'équation de Schrödinger), nombres quantiques, Etude des orbitales de l'atome d'hydrogène, expression de l'énergie, systèmes hydrogénoïdes.

## **Chapitre III : Etude de l'atome polyélectronique**

Approximation monoélectronique. Règle de Slater, Principe d'exclusion de Pauli, configuration électronique, règles de remplissage, énergie électronique totale, électrons de cœur, électrons de valence.

## **Chapitre IV : Classification périodique des éléments**

Brève introduction historique, principe de construction, description du tableau périodique. Rappel sur la structure électronique et les orbitales atomiques. Périodes, groupes et blocs. Périodicité des propriétés: énergie d'ionisation, affinité électronique, électronégativité. Caractère métallique. Degré d'oxydation.

## **Travaux pratiques proposés**

1. Spectre d'émission de l'Hydrogène,
2. Périodicité des produits chimiques
3. Évolution des propriétés chimiques dans la classification périodique des éléments

## Objectifs

Le cours doit fournir une description rigoureuse des principes fondamentaux de la thermodynamique chimique. Ces principes sont illustrés sur des cas choisis de réactions chimiques et d'équilibres chimiques. L'étudiant doit connaître et comprendre : • Les différentes grandeurs spécifiques à la thermodynamique chimique ainsi que les lois qui les relient (variables d'état, fonction d'état, énergie ...), • Notion de chaleur Q, de travail W, équilibre thermodynamique réversible et irréversible, effet joule, • Les principes et les fonctions de la thermodynamique appliquées à la chimie (énergie interne, enthalpie, fonction entropie, enthalpie libre), • La définition du potentiel chimique, activité chimique, énergie libre, conditions d'équilibre, constantes d'équilibre, variance d'un système, • Savoir analyser le déplacement et l'évolution d'une réaction en fonction des conditions initiales qui lui sont appliquées.

## Prérequis

Eléments de mathématiques : intégrales simples, notions élémentaires de dérivées et de différentielles, manipulation de la fonction logarithme.

## PROGRAMME

Contenu des chapitres	horaire approximatif	Observations / Recommandations
<b>CHAPITRE I : INTRODUCTION À LA THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE</b> ✓ Définition d'un système, approche microscopique d'un système en tant qu'un ensemble dynamique de particules, notion de configuration microscopique. ✓ Grandeurs thermodynamiques en tant que grandeurs physiques moyennes. La signification physique des concepts de l'énergie interne et de la température absolue. ✓ Grandeurs extensives et grandeurs intensives, fonction d'état, équation d'état (ex. Équation d'état d'un gaz parfait).		-Illustration avec des exemples simples



- ✓ Notions de phase, système homogène, système hétérogène, mélange et solution (définition de leurs variables de composition).
- ✓ Etat d'équilibre d'un système, transformation physique, transformation chimique et transformation physicochimique, les différents types de transformations :
  - Réversible, irréversible, renversible
  - Isotherme, isochore, isobare, monotherme, monobare, monochore
  - Intervention naturelle 'spontanée', imposée ou amorcée
- ✓ Classification des systèmes selon le type de l'échange avec le milieu extérieur.
- ✓ Equation bilan d'une transformation physico-chimique: lois de la conservation de la masse et des éléments, coefficients stœchiométriques algébriques, avancement et taux d'avancement.

**CHAPITRE II: PREMIER PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE**

- ✓ Energie totale d'un système (différentes formes d'énergie associées).
- ✓ Grandeurs de transferts:
  - Notion de chaleur Q (Capacités calorifiques ...).
  - Notion de travail
  - Expressions du travail réversible et du travail irréversible.
- ✓ Enoncé du premier principe et conséquences.
- ✓ Enthalpie et loi de Mayer.

**CHAPITRE III : APPLICATION DU PREMIER PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE À LA RÉACTION CHIMIQUE**

- ✓ Grandeurs de réaction et état standard.
- ✓ Application à la thermochimie :
  - $\Delta_r H$ ,  $\Delta_r U$ , (relation entre  $Q_p$  et  $Q_v$ )
  - Enthalpie de formation, chaleur latente et changement d'état, enthalpie de liaison, enthalpie réticulaire, relation de Kirchhoff.

✓ Détermination théorique des chaleurs de réactions (Loi de Hess) et mesure expérimentale (Calorimétrie).

#### CHAPITRE IV: DEUXIÈME ET TROISIÈME PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE

✓ Limite du premier principe, notion d'entropie (introduction à partir du cycle de Carnot, inégalités de Clausius)

✓ Énoncé du deuxième principe, signification de l'entropie et corrélation avec le nombre de configurations à l'état microscopique: mesure du désordre et entropie de Boltzmann.

✓ Énoncé du troisième principe (principe de Nernst).

✓ Enthalpie libre, énergie libre et les conséquences du second principe: critère de spontanéité d'une transformation physicochimique

✓ Applications :

- Relation de Gibbs Helmholtz.

- Application à la réaction chimique

#### CHAPITRE V : EQUILIBRES CHIMIQUES

✓ Variation de l'enthalpie de Gibbs, pour un système fermé et monophasé sans changement de la quantité de matière

✓ Variation de l'enthalpie de Gibbs pour un système avec un changement de la quantité de la matière: transfert de la matière (système fermé à plus qu'une phase ou ouvert) ou siège d'une réactivité chimique (système monophasé, polyphasé fermé ou ouvert phasé) :

- Expression pour un système monophasé à j constituants

- Expression pour un système à j constituants et  $\phi$  phases

✓ Définition et expression du potentiel chimique ( $\mu_i$ )

✓ Expression générale du potentiel chimique en fonction de l'activité \*

#### Application à la réaction chimique:

Qu'est-ce qu'une transformation chimique ? Qu'est qu'une grandeur de réaction ? Quelles sont les grandeurs de réaction.

\* Expression de l'activité pour des systèmes particuliers:  
- **Système gazeux:** gaz parfait pur, gaz parfait dans un mélange de gaz parfaits  
- **Systèmes condensés:** corps condensé pur, solution infiniment diluée

<p><b>Constante d'équilibre</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Loi d'action de masse relative aux équilibres homogènes gazeux, généralisation aux équilibres hétérogènes.</li> <li>✓ Facteurs d'équilibre et Variance: définition et relation de Gibbs pour son calcul.</li> <li>✓ Lois des déplacements de l'équilibre: principe de Le Chatelier et principe de Van't Hoff.</li> </ul>		
---	--	--

### ENSEIGNEMENT EXPÉRIMENTAL:

Les travaux pratiques Total horaire : **14** heures réparties comme suit : **4** séances de **3H** avec **2H** d'évaluation

### PROPOSITION DE THÈMES

A choisir parmi la liste ci-dessous

**Manipulation 1** : Détermination de la capacité calorifique

**Manipulation 2** : Détermination de l'enthalpie d'une réaction exothermique

**Manipulation 3** : Application du premier principe de la thermodynamique : étude de la réaction de décomposition de  $H_2O$  à température ambiante et pression atmosphérique, en présence d'un catalyseur ( $MnO_2$ )

**Manipulation 4** : Etude quantitative d'un équilibre homogène en phase liquide

**Manipulation 5** : Réaction d'estérification et hydrolyse.

**RECOMMANDATIONS ET DIRECTIVES POUR LA GESTION DES ACTIVITÉS PRATIQUES**

Il est recommandé de répartir les étudiants en petits groupes tournants sur plusieurs enseignants. Ces derniers se chargeront d'une activité ou de plusieurs activités,

<b>Semestre 1</b>	<b>Horaire comptabilisé pour l'étudiant</b>
Activité S11: <ul style="list-style-type: none"><li>• Apprentissage de prise de notes écrites.</li><li>• Préparation aux examens (lecture efficace d'un énoncé, documentation, application, gestion du temps ...)</li></ul>	4x1.5H+ 1H d'évaluation
Activité S12: <ul style="list-style-type: none"><li>• Elaboration d'un compte rendu (TP, visite, mémoire...)</li><li>• Préparation d'un exposé oral (préparer des diapos, gestion du temps, réponses aux questions...)</li></ul>	4x 1.5H+ 1H d'évaluation
Activité S13 Mesures physicochimiques et précision	4x1.5 H+ 1H évaluation)

**Remarques générales concernant les activités pratiques du premier semestre :**

- La présence est obligatoire aux activités pratiques.
- La note finale attribuée à l'activité pratique sera la moyenne arithmétique des quatre activités.

UEF 160 , ECUEF : 162, Intitulé: *Culture et Compétences Numériques -2CN (DI)*

Volume horaire : 21 heures (TP)

Crédits : 2 Coefficient : 1

Semestre: S1

### Objectif(s) Général (aux)

Ce cours vise à accompagner l'élévation du niveau général de connaissances et de compétences numériques des apprenants.

Pré requis : Néant

### Éléments de contenu :

<b>Domaine 1 : Informations et données</b>	
<b>Mener une recherche et une veille d'information</b>	<b><u>APTITUDES</u></b> Mener une recherche et une veille d'information pour répondre à un besoin d'information et se tenir au courant de l'actualité d'un sujet (avec un moteur de recherche, au sein d'un réseau social, par abonnement à des flux ou des lettres d'information, ou tout autre moyen).
	<b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b> Web et navigation ; Moteur de recherche et requête ; Veille d'information, flux et curation ; Evaluation de l'information ; Source et citation ; Gouvernance d'internet et ouverture du web ; Abondance de l'information, filtrage et personnalisation ; Recul critique face à l'information et aux médias ; Droit d'auteur.
<b>Gérer des données</b>	<b><u>APTITUDES</u></b> Stocker et organiser des données pour les retrouver, les conserver et en faciliter l'accès et la gestion (avec un gestionnaire de fichiers, un espace de stockage en ligne, des tags, des classeurs, des bases de données, un système d'information, etc.).
	<b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b> Dossier et fichier ; Stockage et compression ; Transfert et synchronisation ; Recherche et méta-données ; Indexation sémantique et libellé (tag) ; Structuration des données ; Système d'information ; Localisation des données et droit applicable ; Modèles et stratégies économiques ; Sécurité du système d'information.

<b>Traiter des données</b>	<b><u>APTITUDES</u></b> Appliquer des traitements à des données pour les analyser et les interpréter (avec un tableur, un programme, un logiciel de traitement d'enquête, une requête calcul dans une base de données, etc.).
	<b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b> Données quantitatives, type et format de données ; Calcul, traitement statistique et représentation graphique ; Flux de données ; Collecte et exploitation de données massives ; Pensée algorithmique et informatique ; Vie privée et confidentialité ; Interopérabilité

**Programmes des unités  
d'enseignement  
Semestre 2**

**UEF 210, ECUEF 211, Intitulé : Analyse 2**

**Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits : 3 Coefficient : 1.5**

**Semestre: S2**

Chapitre 1	Titre : Fonctions analytiques usuelles <ul style="list-style-type: none"><li>• Fonction exponentielle,</li><li>• Fonction logarithmique,</li><li>• Fonction hyperbolique,</li><li>• Fonction réciproque</li><li>• Etc</li></ul>
Chapitre 2	Titre : Développements limités
Chapitre 3	Titre : Primitives et intégrals <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction à la notion d'intégrale à l'aide d'aire,</li><li>• Théorème fondamental de l'analyse,</li><li>• Calcul de primitives</li><li>• Intégration des fractions rationnelles,</li><li>• Techniques de calcul des primitives</li></ul>
Chapitre 4	Titre : Notions sur les courbes paramétrées élémentaires et les courbes polaires
Chapitre 5	Titre : Equations différentielles linéaires

**UEF 210, ECUEF 212, Intitulé: Algèbre 2**

**Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits 3 Coefficient : 1.5**

**Semestre: S2**

Chapitre 1	Titre: Applications linéaires, <ul style="list-style-type: none"><li>• Homomorphisme,</li><li>• Endomorphismes,</li><li>• Matrices, changement de base</li><li>• Théorème du rang, déterminant.</li></ul>
Chapitre 2	Titre : Diagonalisation des matrices. <ul style="list-style-type: none"><li>• Valeurs propres,</li><li>• Vecteurs propres,</li><li>• Matrices de passage</li></ul>
Chapitre 3	Titre : Systèmes linéaires



**UEF 220 , ECUEF 221, Intitulé : Mécanique 2**

**Volume horaire : 52.5 heures (21 h : Cours, 21 h : TD et 10.5h TP) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre: S2**

Chapitre 1	<p>Titre : .Système de deux points matériels</p> <p>1- Dynamique et notion de particule fictive</p> <p>2- Collision entre deux points matériels</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lois de conservation, choc à une dimension : chocs élastiques et chocs mous, chocs élastiques à deux dimensions</li><li>• Applications</li></ul>
Chapitre 2	<p>Titre : Interaction de gravitation</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Loi d'attraction universelle, champ de potentiel de gravitation, énergie potentielle de gravitation</li><li>• Application aux mouvements des planètes</li></ul>
Chapitre 3	<p>Titre : Oscillateurs harmoniques</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Description du mouvement</li><li>• Etude énergétique</li><li>• Analogie électromécanique</li></ul>
Chapitre 4	<p>Titre : Oscillations libres, amorties et forcées</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mise en équation et caractéristiques</li><li>• Analogie électromécanique</li></ul>

**UEF 220 , ECUEF 222, Intitulé: Magnétostatique et phénomènes d'induction**

**Volume horaire : 52.5 heures**

**(21 h : Cours, 21 h : TD et 10.5h TP) Crédits : 3 Coefficient : 2**

**Semestre : S2**

Chapitre 1	Titre: Courants et conducteurs <ul style="list-style-type: none"><li>• Densité de courant</li><li>• Equation de continuité,</li><li>• Loi d'Ohm.</li></ul>
Chapitre 2	Titre: Champ magnétique <ul style="list-style-type: none"><li>• Loi de Biot et Savart,</li><li>• Théorème d'Ampère,</li><li>• Calcul de champs magnétiques créés par des courants permanents,</li><li>• Potentiel vecteur,</li><li>• Equations locales de la magnétostatique</li></ul>
Chapitre 3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Titre Phénomènes d'induction</li><li>• Phénomènes d'induction (circuit dans un champ magnétique variable et circuit mobile dans un champ magnétique permanent),</li><li>• Force de Laplace,</li><li>• Théorème de Maxwell,</li><li>• Energie magnétique,</li><li>• Application aux circuits couplés</li></ul>

**UEF 230 , Intitulé : Electrocinétique**

**Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TD et 14h TP) Crédits : 4 Coefficient : 2 Semestre: S2**

Chapitre 1	<p><i>Les circuits électriques</i> <i>Courant, tension: (Vecteur densité de courant, courant électrique, résistivité, lois d'Ohm, lois de Joule...)</i> <i>Les dipôles électriques (actifs, passifs....)</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Point de fonctionnement Lois de Kirchoff (lois des nœuds, lois des mailles)</i></li></ul>
Chapitre 2	<p>Théorèmes généraux</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Théorème de Millemann, Théorème de superposition, Théorème Thévenin, Théorème de Norton, Théorème Kennely.</li></ul>
Chapitre 3	<p>Régimes transitoire</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Dipôles en régime transitoire; Relations courant tension et dipôles passifs linéaires en régime variable ;</li><li>• Systèmes du premier ordre ; Système du second ordre</li><li>• Circuit LC, Circuit RL et Circuit RLC série.</li><li>• Régime forcé du système ; Particularités des systèmes du second ordre</li></ul>
Chapitre 4	<p>Régime Sinusoïdal</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Notion d'impédance complexe</li><li>• Propriétés et représentation ; Représentation des grandeurs sinusoïdales (Fresnel) ; Dipôles passifs en régime sinusoïdal (RLC) ; Puissance dissipée dans les dipôles passifs ; Adaptation d'impédance en puissance</li><li>• 1 et 2 ordre Résonance, amortissement, facteur de qualité, facteur de puissance</li></ul>
Chapitre 5	<p>Quadripôles linéaires</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Représentation matricielle des quadripôles (matrices impédance, admittance, hybride h et g, signification <b>physique</b> des paramètres, schémas équivalents, quadripôles réciproque et symétriques)</li><li>• Quadripôles en charge (impédance d'entrée et de sortie, gain en courant, tension et en puissance)</li><li>• Association</li></ul>
Chapitre 6	<p>Filtres passifs</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Etude de fonctions de transfert ( gain en dB, diagramme de Bode, fréquence de coupure)1 et 2 ordre</li><li>• Applications (filtre passe haut,filtre passe bas,.....)</li></ul>

## **PARTIE A : Liaison Chimique**

### **CHAPITRE I : LIAISON COVALENTE**

Historique de la liaison chimique . Notion de valence. Modèle de Lewis, règle de l'octet, règle de constructions des structures de Lewis. Insuffisances du modèles de Lewis.

### **CHAPITRE II : TYPES DE LIAISONS COVALENTES**

Liaison covalente polarisée, liaison ionique, moment dipolaire, pourcentage d'ionicté, liaison dative. liaison délocalisée, mésomérie et résonance, énergie de résonance, liaison métallique

### **CHAPITRE III : MODÈLE QUANTIQUE DE LA MOLÉCULE**

Approximation orbitaire, molécule diatomique, recouvrement des orbitales atomiques, L.C.A.O, diagrammes d'interaction, diagrammes des niveaux d'énergie des orbitales moléculaires, liaisons dans les molécules diatomiques homonucléaires et hétéronucléaires, ,

### **CHAPITRE IV : MOLÉCULES POLYATOMIQUES, HYBRIDATION DES ORBITALES ATOMIQUES**

Hybridation des orbitales atomiques, hybridation sp, hybridation sp<sup>2</sup>, hybridation sp<sup>3</sup>, hybridation sp<sup>3</sup>d, hybridation sp<sup>3</sup>d<sup>2</sup>.

### **CHAPITRE V : GÉOMÉTRIE DES SYSTÈMES POLYATOMIQUES (THÉORIE VSEPR)**

Théorie VSEPR : prévision de la géométrie par la méthode de répulsion des paires électroniques de la couche de valence. Electronégativité et polarité des liaisons, moments dipolaires. Influence de la mésomérie sur la géométrie des molécules, pourcentage d'ionicté, influence de la mésomérie sur la mesure du moment dipolaire.

## **PARTIE B : Cinétique Chimique**

### **INTRODUCTION. Importance de la cinétique de réaction et applications**

Contrôle des processus industriels (méthodes spectroscopiques prédestinées au contrôle en ligne des procédés de polymérisation). Utilisation de l'effet de la température pour déclencher ou accélérer une réaction, bloquer des réactions indésirables. Conservation des aliments au frais ou par trempé (refroidissement brutal pour arrêter leur détérioration).

### **CHAPITRE I. Vitesse des réactions simples pour un système fermé**

Réactions simples et réactions complexes. Molécularité, coefficient stœchiométrique. Avancement de réaction. Vitesse de formation et de disparition. Vitesse volumique. Vitesse de réaction et avancement. Facteurs influençant la cinétique de réaction

Facteurs internes (concentration et température). Facteurs externes (éclairage et catalyseur)

### **CHAPITRE II. Loi Cinétique et notion d'ordre des reactions simples**

Influence des concentrations. Ordre global et ordres partiels d'une réaction. Temps de demi-réaction. Réaction d'ordre zéro, un et deux. Comparaison de leurs caractéristiques.

### **CHAPITRE III. Détermination des ordres partiels**

Etude expérimentale de la cinétique d'une réaction (Méthodes chimiques. Méthodes physiques). Application de la méthode des temps de demi-réaction. Détermination de l'ordre global par la Méthode des mélanges stœchiométriques. Détermination de l'ordre de réaction par la méthode de dégénérescence (méthode d'Ostwald)

#### **CHAPITRE IV. Influence de la température et énergie d'activation**

Constante de vitesse. Loi semi-empirique d'Arrhenius. détermination de l'énergie d'activation

## **CHAPITRE I : LES ACIDES ET LES BASES**

### **I- Introduction**

Solvant ionisant et solvatant dispersant...

### **II- Acides et bases**

- ✓ Définitions
- ✓ Couples acide-base
- ✓ Réaction acido-basique
- ✓ Autoprotolyse de l'eau
- ✓ Constantes d'acidité et de basicité d'un couple
- ✓ Classement des acides et des bases

### **III- Le pH (potentiel d'hydrogène)**

- ✓ Définition
- ✓ Diagramme de prédominance
- ✓ Méthodes de calcul de pH
  - Méthode globale (écriture des équations chimiques suivie des équations mathématiques décrivant l'état de la solution puis résolution du système d'équations après avoir proposé des approximations qu'il faut vérifier)
  - Méthode de la réaction prépondérante

### **IV- Titrages acido-basiques**

- ✓ Titration d'un acide ou d'une base : définitions et méthodes
- ✓ Aspect pratique des titrages
- ✓ Applications : Titration acide fort-base forte, acide faible-base forte polyacide ou polybase)

### **V- Solution tampon**

Définitions, Notion de pouvoir tampon, citer les méthodes de préparation, citer quelques applications des solutions tampons

## **CHAPITRE II : RÉACTIONS DE COMPLEXATION ET PRECIPITATION**

### **I- Réactions de complexation**

- ✓ Mise en évidence expérimentale ; définition
- ✓ Formation de complexes en solution : constantes caractéristiques
- ✓ Complexation compétitives

### **II- Réaction de précipitation**

- ✓ Produit de solubilité : Solubilité, Solution saturée, produit de solubilité et condition de précipitation.
- ✓ Facteurs d'influence sur la solubilité (Effets : d'ion commun, température, pH et complexation)
- ✓ Domaine d'existence d'un précipité

## **CHAPITRE III : EQUILIBRE D'OXYDO-RÉDUCTION**

### **I- Nombre d'oxydation et état d'oxydation**

- ✓ Couples oxydants-réducteurs (rappels des définitions : oxydant, réducteur, ampholyte, etc.)
- ✓ Nombres d'oxydation (définitions, propriétés, équilibrage d'une équation d'oxydoréduction)

### **II- Potentiel d'électrode**

- ✓ Définitions et conceptions : demi-pile et électrode, cellule galvanique et pile, sens de la réaction électrochimique, force électromotrice d'une cellule galvanique).
- ✓ Potentiel d'oxydoréduction d'une électrode : électrode standard à hydrogène, définition du potentiel d'une électrode, potentiel d'oxydoréduction.

### **III- Potentiel d'oxydoréduction - Relation de Nernst**

- ✓ Convention du signe (Relation enthalpie libre-potentiel)
- ✓ Expressions de la relation (quelques exemples d'écritures)
- ✓ Exemples d'électrodes (première espèce, deuxième espèce, troisième espèce)

### **IV- Prédiction des réactions d'oxydo-réduction**

- ✓ Evolution d'un système
- ✓ Etude quantitative de l'évolution d'un système (détermination de la constante d'équilibre)
- ✓ Détermination du potentiel standard d'un couple rédox
- ✓ Domaine de prédominance des espèces d'un couple rédox

### **V- Facteurs influençant les réactions rédox**

- ✓ Influence de la concentration, du pH et des réactions de précipitation et de complexation

### **VI- Dosage d'oxydo-réduction**

- ✓ Généralités
- ✓ Applications : exemple d'un dosage (présentation du dosage et étude théorique)

## **Travaux Pratiques proposés**

1. Dosage pHmétrique et exploitation des courbes de dosage : titrage d'une dibase  $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{HCl}$ , titrage d'un polyacide à titre d'exemple  $\text{H}_3\text{PO}_4$  par  $\text{NaOH}$
2. Etude des solutions tampons
3. Produit de solubilité (cas de  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) et dosage par précipitation (argentimétrie)
4. Oxydo-réduction : manganimétrie/iodométrie (titrage de  $\text{FeSO}_4$  par  $\text{KMnO}_4$ , titrage de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  par  $\text{FeSO}_4$  (dosage en retour), titrage d'une eau de javel commerciale.
5. Oxydo-réduction et pile : comparaison des pouvoirs oxydants et détermination du potentiel standard

<b>Semestre 2</b>	<b>Horaire comptabilisé pour l'étudiant</b>
<b>Présentation des activités pratiques (chimie)</b>	<b>Evaluation 1H</b>
<b>Activité S21</b> Sécurité en laboratoire de chimie	2x1H30
<b>Activité S21</b> La chimie/physique au quotidien	2x1H30
<p><b>Activité S23 :</b> Développer deux Applications pratiques parmi les propositions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La thermodynamique et de la cinétique : (Chaleur de réaction, Combustion, Moteur thermique)</li> <li>• Application de la cinétique dans les domaines des matériaux, de la santé et de la pharmacie, agroalimentaires</li> <li>• Applications de la chimie des solutions dans les domaines agroalimentaire, médical, environnemental, cosmétique, détergents, ...</li> <li>• Atomistique et liaisons chimiques : les grandes expériences</li> </ul>	3x1H30
<b>Présentation des activités pratiques (physique)</b>	<b>Evaluation 1H</b>
<b>Activité S24:</b> Sécurité en Laboratoire de Physique	2x1H30



<p><b>Activité S25:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Histoire de l'optique</li> <li>- Descriptions de quelques phénomènes naturels optiques</li> <li>- Pollution de l'eau (Pollution par les lentilles de contact....) et capteurs optiques</li> </ul> <p style="text-align: center;">.....</p> <p>.</p>	<p>4x1H30</p>
<p><b>Activité S26 :</b></p> <p>Histoire de l'électromagnétisme, phénomènes naturels et pollutions électromagnétiques</p>	<p>6x1H30</p>

**Remarques générales concernant les activités pratiques du second semestre :**

- La présence des étudiants aux séances des activités pratiques est obligatoire.
- Pour chacune des activités proposées, une séance d'introduction générale sera effectuée par l'enseignant, et à la fin de laquelle les sujets seront attribués par binôme et par tirage au sort selon un calendrier préétabli. L'évaluation se fera par des exposés oraux par binôme répartis sur les 3 séances.
- L'évaluation tiendra compte de la qualité du support, de l'exposé orale et des réponses aux questions.
- La note finale attribuée à cette unité d'enseignement sera la moyenne arithmétique des différentes activités.

**Objectif(s) Général (aux)**

Ce cours vise à accompagner l'élévation du niveau général de connaissances et de compétences numériques des apprenants.

**Pré requis :** Néant

**Éléments de contenu :**

**Domaine 2 : Communication et collaboration**

<b>Interagir</b>	<b><u>APTITUDES</u></b> Interagir avec des individus et de petits groupes pour échanger dans divers contextes liés à la vie privée ou à une activité professionnelle, de façon ponctuelle et récurrente (avec une messagerie électronique, une messagerie instantanée, un système de visio-conférence, etc.).
	<b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b> Protocoles pour l'interaction ; Modalités d'interaction et rôles ; Applications et services pour l'interaction ; Vie privée et confidentialité ; Identité numérique et signaux ; Vie connectée ; Codes de communication et netiquette
<b>Partager et publier</b>	<b><u>APTITUDES</u></b> Partager et publier des informations et des contenus pour communiquer ses propres productions ou opinions, relayer celles des autres en contexte de communication publique (avec des plateformes de partage, des réseaux sociaux, des blogs, des espaces de forum et de commentaire, des CMS, etc.)
	<b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b> Protocoles et modalités de partage ; Applications et services pour le partage ; Règles de publication et visibilité ; Réseaux sociaux ; Liberté d'expression et droit à l'information ; Formation en ligne ; Vie privée et confidentialité ; Identité numérique et signaux ; Pratiques sociales et participation citoyenne ; e- Réputation et influence ; Ecriture pour le web ; Codes de communication et netiquette ; Droit d'auteur
<b>Collaborer</b>	<b><u>APTITUDES</u></b> Collaborer dans un groupe pour réaliser un projet, co-produire des ressources, des connaissances, des données, et pour apprendre (avec des plateformes de travail collaboratif et de partage de document, des éditeurs en ligne, des fonctionnalités de suivi de modifications ou de gestion de versions, etc.)

	<p><b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b></p> <p>Modalités de collaboration et rôles ; Applications et services de partage de document et d'édition en ligne ; Versions et révisions ; Droits d'accès et conflit d'accès ; Gestion de projet ; Droit d'auteur ; Vie connectée ; Vie privée et confidentialité</p>
<p><b>S'insérer dans le monde numérique</b></p>	<p><b><u>APTITUDES</u></b></p> <p>Maîtriser les stratégies et enjeux de la présence en ligne, et choisir ses pratiques pour se positionner en tant qu'acteur social, économique et citoyen dans le monde numérique, en lien avec ses règles, limites et potentialités, et en accord avec des valeurs et/ou pour répondre à des objectifs (avec les réseaux sociaux et les outils permettant de développer une présence publique sur le web, et en lien avec la vie citoyenne, la vie professionnelle, la vie privée, etc.)</p>
	<p><b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b></p> <p>Identité numérique et signaux ; e-Réputation et influence ; Codes de communication et netiquette ; Pratiques sociales et participation citoyenne ; Modèles et stratégies économiques ; Questions éthiques et valeurs ; Gouvernance d'internet et ouverture du web ; Liberté d'expression et droit à l'information</p>

**Programmes des unités  
d'enseignement  
Semestre 3**

**UEF 310, ECUEF 311, Intitulé : Analyse 3**

Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits : 3 Coefficient : 1.5

Semestre: S2

Chapitre 1	Titre : Séries entières
Chapitre 2	Titre : Séries de Fourier
Chapitre 3	Titre : Fonctions d'une variable complexe
Chapitre 4	Titre : Fonctions holomorphes <ul style="list-style-type: none"><li>• Singularités,</li><li>• Théorème des résidus,</li><li>• Applications au calcul des intégrales</li></ul>

**UEF 310, ECUEF 312, Intitulé : Algèbre 3**

Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits : 3 Coefficient : 1.5

Semestre: S3

Chapitre 1	Titre: Forme linéaire
Chapitre 2	Titre : Algèbre bilinéaire multilinéaire <ul style="list-style-type: none"><li>• Déterminant,</li><li>• Produit scalaire,</li><li>• Etc...</li></ul>
Chapitre 3	Titre: Espace euclidien et Hermtien (notion de matrice autoadjointe)
Chapitre 4	Titre: Forme quadratique
Chapitre 5	Titre: Réduction des endomorphismes symétriques et orthogonaux

<p><b>Chapitre 1</b></p>	<p><b>Régimes variables - Equations de Maxwell dans le vide</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Rappels sur les équations de Maxwell en régime statique</b></li> <li>• <b>Rappels sur les phénomènes d'induction électromagnétique</b></li> <li>• Equations de Maxwell en régime variable (<b>contenu physique</b>, équation de conservation de la charge)</li> <li>• <b>Relations de passage des composantes des champs E et B</b></li> <li>• Equations vérifiées par le potentiel scalaire et le potentiel vecteur, notion de jauge</li> <li>• Résolution des équations aux potentiels avec la jauge de Lorentz</li> <li>• Potentiel électromagnétique retardé</li> <li>• Energie électromagnétique</li> <li>• Approximations des régimes quasi stationnaires</li> </ul>
<p><b>Chapitre 2</b></p>	<p><b>Ondes Electromagnétiques dans le vide illimité</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equations de Maxwell dans le vide et loin des sources (en l'absence de charges et de courants)</li> <li>• Equation d'onde</li> <li>• Résolution de l'équation d'onde : onde plane, onde sphérique</li> <li>• Ondes électromagnétiques planes progressives monochromatiques (spectre électromagnétique), Notation complexe</li> <li>• Energie électromagnétique (Bilan énergétique, Vecteur de Poynting)</li> <li>• Polarisation d'une onde plane progressive harmonique</li> </ul>
<p><b>Chapitre 3</b></p>	<p><b>Superposition d'ondes électromagnétiques dans le vide:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondes se propageant en sens inverse (onde stationnaire) : réflexion des ondes électromagnétiques sur un conducteur parfait, courants superficiels, pression de radiation</li> <li>• Ondes progressives de même fréquence (phénomène d'interférences)</li> <li>• Ondes progressives de fréquences voisines (vitesse de groupe)</li> <li>• Paquet d'ondes</li> <li>• Propagation d'une onde dans un vide limité dans l'espace (conditions aux limites, propagation guidée)</li> </ul>

## Chapitre 4

### Production d'une onde EM, Rayonnement d'un dipôle oscillant

- Dipôle électrique oscillant
- Expressions des champs du rayonnement électromagnétique à grande distance (Structure de l'onde rayonnée, puissance rayonnée, diagramme de rayonnement)
- Interaction atome-onde EM (Modèle de l'électron élastiquement lié), Diffusion de Rayleigh
- Dipôle magnétique oscillant
- Applications: Antennes

Chapitre 1	<p>Diodes à jonction et circuits à diode</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notions élémentaires sur les semiconducteurs (différents types de dopage,.....)</li> <li>• Diode à jonction PN (structure et principe de fonctionnement, effet de la polarisation en direct et en inverse, caractéristiques courant-tension, différents types de diodes)</li> <li>• Point de fonctionnement (en régime statique et dynamique)</li> <li>• Schéma électrique équivalent (diode idéale et réelle en régime de forts signaux, diode en régime de petits signaux)</li> <li>• Circuits à diodes (circuits écrêteurs, circuits de redressement et filtrage, circuits de stabilisation, circuits de détection)</li> </ul>
Chapitre 2	<p>Les transistors</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• transistor bipolaire (structure et symbole, principe de fonctionnement, caractéristiques statiques, circuits de polarisation)</li> <li>• Transistor en régime dynamique (les trois régimes de fonctionnement des transistors, les différents montages émetteur commun, base commune et collecteur commun)</li> <li>• transistors à effet de champ (jfetmosfet)(structure, symbole, principe de fonctionnement, réseaux de caractéristiques statiques, circuits de polarisation)</li> <li>• Transistor en hautes fréquences (Schéma équivalent)</li> </ul>
Chapitre 3	<p>Amplificateurs à transistors</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• émetteur commun</li> <li>• collecteur commun</li> <li>• base commune</li> </ul>
Chapitre 3	<p>L'amplificateur opérationnel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• description de l'amplificateur opérationnel (circuit intégré, symbole, caractéristiques, fonction de transfert, amplificateurs opérationnel idéal) Adaptation d'impédance.</li> <li>• applications (circuits suiveurs, inverseurs, amplificateurs, additionneurs, intégrateur, différentiateur, fonctionnel, comparateur,.....)</li> </ul>
Chapitre 4	<p>Filtres et oscillateurs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• caractéristiques des filtres actifs (fonction de transfert, type, ordre de filtre)</li> <li>• oscillateur à base de transistors et à base d 'amplificateur opérationnel (à oscillateur Colpitts, Pont de Wien , oscillateur à réseau déphaseur)</li> </ul>



Chapitre 1	<b>Titre</b> :: Langue thermodynamique <ul style="list-style-type: none"><li>• La thermodynamique et ses repères historiques</li><li>• Définitions</li><li>• Notion de température</li><li>• Thermomètres à gaz parfait</li></ul>
Chapitre 2	<b>Titre</b> :: Théorie cinétique des gaz parfaits <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction</li><li>• Hypothèse de la théorie cinétique</li><li>• Caractéristique de la vitesse</li><li>• Le gaz parfait</li><li>• Interprétation cinétique de la pression</li><li>• Interprétation cinétique de la température</li><li>• Energie d'un gaz parfait monoatomique-énergie interne</li><li>• Loi de Dalton</li><li>• Généralisation à tous les gaz parfaits</li><li>• Capacité thermique</li></ul>
Chapitre 3	<b>Titre</b> :: Le premier principe de la thermodynamique <ul style="list-style-type: none"><li>• Transformations réversibles</li><li>• Travail</li><li>• Variables Intensives-Variables Extensives</li><li>• Premier principe de la thermodynamique</li><li>• Energie interne</li><li>• Notion de chaleur</li><li>• Autre formulation du premier principe : conservation de l'énergie</li><li>• Coefficients calorimétriques</li><li>• Application du premier principe au gaz parfait</li></ul>

Chapitre 4	<p><b>Titre</b> :: Le deuxième principe de la thermodynamique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuffisance du premier principe de la thermodynamique</li> <li>• Importance du sens de l'évolution</li> <li>• Importance des sources de chaleur</li> <li>• Transformation monotherme</li> <li>• Transformations cycliques dithermes</li> <li>• Transformation cyclique polytherme</li> <li>• Entropie</li> </ul>
Chapitre 5	<p><b>Titre</b> :: Conséquences des deux principes de la thermodynamique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthodes générales de résolution des problèmes de la thermodynamique</li> <li>• Relation fondamentale de la thermodynamique</li> <li>• Fonctions d'état</li> <li>• Potentiel chimique</li> <li>• Relations de Maxwell</li> <li>• Relations de Gibbs et d'Helmholtz</li> <li>• Deuxième lois de Joule pour un gaz parfait</li> <li>• Lois de Joule appliquée au gaz réel</li> </ul>
Chapitre 7	<p><b>Titre</b> :: Troisième principe de la thermodynamique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuffisance des deux premiers principes</li> <li>• bases expérimentales du troisième principe</li> <li>• Enoncé du troisième principe</li> <li>• Conséquences du troisième principe</li> </ul>
Chapitre 6	<p><b>Titre</b> :: Changement d'état d'un corps pur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phases et changements de phases</li> <li>• Diagramme d'équilibre</li> <li>• Echanges thermiques lors du changement de phase</li> <li>• Formule de Clapeyron</li> <li>• Capacité calorifique et entropie en un point de la courbe de saturation</li> <li>• Surface caractéristique- état fluide</li> <li>• Propriété de la fonction de Gibbs dans le changement de phase</li> </ul>

## PROGRAMME

Contenu des chapitres	Horaire approximatif	Observations / Recommandations
<p><b>CHAPITRE 1 : Introduction</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Importance des composés organiques et éléments constitutifs de ces composés.</li> <li>- Formules brutes et formules développées planes.</li> <li>- Utilisation de la notion d'hybridation dans la détermination de l'architecture des composés organiques.</li> <li>- Nomenclature des composés organiques. Notion de fonction en chimie organique.</li> </ul>		
<p><b>CHAPITRE 2 : Isomérisation et stéréoisomérisation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Isomérisation de constitution. (Chaîne, position et fonction)</li> <li>- La stéréochimie :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1- La relation de stéréoisomérisation (différence entre conformation et configuration)</li> <li>2 - La stéréoisomérisation de conformation :                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>* Conformations des molécules acycliques : les rotamères.</li> <li>* Conformations des cycles</li> </ul> </li> <li>3- La stéréoisomérisation de configuration :                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>* Stéréoisomérisation Z - E autour d'une double liaison et cis - trans cyclanique .</li> <li>* Stéréoisomérisation optique : notion de chiralité et relation d'énantiomérisation.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- Molécules à un seul centre asymétrique : pouvoir rotatoire et configuration absolue R-S.</li> <li>- Molécules à 2 centres asymétriques : la relation de diastéréoisomérisation.</li> </ul>	<p><b>7,5 H</b></p> <p>1,5 H</p> <p>1,5 H</p> <p>1,5 H</p> <p>1,5 H</p>	<p>On présentera les différents modes de présentation des molécules dans l'espace (Cram, Newman, Perspective et Fisher)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cas de l'éthane et du butane</li> <li>- Cas de l'éthane-1,2-diol (stabilité due à la liaison hydrogène)</li> <li>- cas du cyclohexane ainsi que le cyclohexane mono et disubstitué</li> <li>- Règles de Cahn, Ingold et Prelog</li> </ul>

- Introduire la nomenclature D/L pour les sucres	1,5H	- Introduire aussi la nomenclature thréo/érythro
<b>CHAPITRE 3 : Les effets électroniques.</b> - Liaison covalente polarisée : effet inductif. - L'effet mésomère : formules mésomères et hybride de résonance. Systèmes conjugués et énergie de résonance. - Notion d'acidité et de basicité des composés organiques.	<b>6H</b>	
<b>CHAPITRE 4 : Les Intermédiaire réactionnels</b> - Les carbocations. - Les carbanions. - Les radicaux libres. On précisera pour chaque type d'intermédiaire : la structure, la stabilité, la formation et la réactivité.	<b>4,5H</b>	

**Enseignement expérimental, proposition de thèmes selon les moyens disponibles :**

- \* Stéréochimie (utilisation de modèles)
- \* Extraction liquide - liquide.
- \* Chromatographie sur colonne et sur couche mince.
- \* Distillation
- \* Recristallisation – point de fusion.
- \* Analyse qualitative organique.

PROGRAMME

Contenu des chapitres	horaire approximatif	Observations / Recommandations
<p><b>CHAPITRE I : RAPPELS THERMODYNAMIQUES- REGLE DES PHASES</b></p> <p><b>I. Rappel thermodynamiques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Notions d'un système thermodynamique, d'une phase, d'un mélange et d'une solution.</li> <li>-Etat d'un système: propriétés et grandeurs descriptives intensives, extensives et fonction d'état.</li> <li>- Transformations chimique et physique</li> </ul> <p><b>II. Potentiel chimique(<math>\mu</math>)</b></p> <p>Définition, influence de la température(T) et de la pression (P) sur le potentiel chimique, expression du potentiel chimique pour un gaz parfait et pour une phase condensée</p> <p><b>III. Règle des phases - variance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition de la variance</li> <li>- Règle des phases</li> <li>- Calcul de la variance</li> </ul>		
<p><b>CHAPITRE II : EQUILIBRE DE PHASES D'UN CORPS PUR - DIAGRAMMES UNAIRES</b></p> <p><b>I. Équilibre d'états physiques d'un corps pur.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Relation de Clausus-Clapeyron.</li> </ul> <p><b>II. Construction d'un diagramme unaire ayant une seule variété polymorphique.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Allure générale : Etablissement des équations des courbes de vaporisation, de sublimation en justifiant le signe de la pente,de fusion.</li> <li>-Tracé et interprétation du diagramme, indexation, identification des points particuliers</li> <li>-Notion de la pression saturante (<math>p^*</math>)</li> <li>- Approche expérimentale</li> </ul>		

<p>-Construction expérimentale des digrammes de phases des corps purs</p> <p><b>III. Allure d'un diagramme de phases d'un corps pur avec deux variétés polymorphiques</b></p> <p><b>IV. Applications des diagrammes de phases des corps purs.</b></p>		
<p><b>CHAPITRE III : DIAGRAMMES DE PHASES LIQUIDE-VAPEUR ET LIQUIDE- LIQUIDE D'UN SYSTEME BINAIRE</b></p> <p><b>I. Introduction</b></p> <p>-Composition d'un mélange : Composition en masse, Molarité, Molalité, Fraction molaire, Fraction massique, Pression partielle</p> <p><b>II. Equilibres de phases liquide-vapeur de systèmes binaires</b></p> <p>1. Miscibilité totale à l'état liquide :</p> <p>*Mélange liquide idéale : Définition d'un mélange liquide idéal, loi de Raoult, diagramme isotherme et diagramme isobare (obtention des diagrammes à partir des courbes d'analyse de pression et d'analyse thermique).</p> <p>- Composition d'un système liquide-vapeur en équilibre, règle des moments.</p> <p>*. Mélange liquide réelle :</p> <p>Définition, allure des diagrammes isotherme et isobare, cas des solution diluées : loi de Henry, Azéotropie.</p> <p>2. Interférence L-L, L-V.</p> <p>3. Miscibilité nulle à l'état liquide :</p> <p>- Diagramme Isobare</p> <p>- Courbes de vapeurs saturantes, exemple de diagramme.</p> <p>- Traçage et utilisation des courbes d'analyse thermique d'un mélange de deux constituants non miscibles à l'état liquide.</p> <p>4. Utilisation pratique des diagrammes liquide-vapeur : Distillation élémentaire, distillation fractionnée, hydrodistillation.</p>		
<p><b>CHAPITRE IV : DIAGRAMMES DE PHASES LIQUIDE-SOLIDE ISOBARESET SOLIDE - SOLIDE DE SYSTEMES BINAIRE</b></p> <p><b>I. Diagrammes liquide – solide</b></p>		

<p>1. Miscibilité totale à l'état solide : Les solutions solides, exemples de diagrammes, utilisation de la règle des moments, courbes d'analyse thermique.</p> <p>2. Miscibilité partielle et nulle à l'état solide : Démixtion à l'état solide, Eutexie, Peritexie. Exemple de diagramme, courbes d'analyse thermique, tracé expérimental du diagramme. - Diagrammes de Tammann</p> <p>3. Diagramme avec composé(s) intermédiaire(s) défini(s) et avec composé(s) intermédiaire(s) non-défini(s)</p> <p>4. Utilisation des diagrammes liquide-solide: cristallisation fractionnée.</p> <p><b>II. Diagrammes solide – solide</b></p> <p>1. Cas où un solide A pur ou B pur présente des formes cristallines différentes (Interférence S – S et L – S)</p> <p>2. Cas d'une lacune de miscibilité (Interférence L – L et L – S)</p>		
--	--	--

### ENSEIGNEMENT EXPERIMENTAL, PROPOSITION DE THEMES :

**Manipulation 1** : Etablissement d'un ou d'une partie d'un diagramme d'un corps pur (cas de l'eau)

**Manipulation 2** : Tracé et exploitation d'un diagramme : liquide-vapeur , liquide-solide et liquide-liquide :

-A titre indicatif : Tracé et exploitation du diagramme : liquide-vapeur (ex.  $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$ ), liquide-solide (ex. Sn-Pb) et/ou liquide-liquide.

**Manipulation 3** : Purification d'un sel par la méthode de la cristallisation fractionnée.

**UEF 350 , Intitulé : Activités pratiques**

**Volume horaire : 28 heures (TD)**

**Crédits : 4**

**Coefficient : 2**

**Semestre: S3**



**Objectif(s) Général (aux)**

Ce cours vise à accompagner l'élévation du niveau général de connaissances et de compétences numériques des apprenants.

**Éléments de contenu :**

<b>Domaine 3 : Création de contenu</b>	
<b>Développer des documents textuels</b>	<p><b><u>APTITUDES</u></b></p> <p>Produire des documents à contenu majoritairement textuel pour communiquer des idées, rendre compte et valoriser ses travaux (avec des logiciels de traitement de texte, de présentation, de création de page web, de carte conceptuelle, etc.)</p>
	<p><b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b></p> <p>Applications d'édition de documents textuels ; Structure et séparation forme et contenu ; Illustration et intégration ; Charte graphique et identité visuelle ; Interopérabilité ; Ergonomie et réutilisabilité du document ; Accessibilité ; Droit d'auteur</p>
<b>Développer des documents multimédia</b>	<p><b><u>APTITUDES</u></b></p> <p>Développer des documents à contenu multimédia pour créer ses propres productions multimédia, enrichir ses créations majoritairement textuelles ou créer une oeuvre transformative (mashup, remix, ...) (avec des logiciels de capture et d'édition d'image / son / vidéo / animation, des logiciels utiles aux pré-traitements avant intégration, etc.)</p>
	<p><b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b></p> <p>Applications d'édition de documents multimédia ; Capture son, image et vidéo et numérisation ; Interopérabilité ; Accessibilité ; Droit d'auteur ; Charte graphique et identité visuelle</p>
<b>Adapter les documents à leur finalité</b>	<p><b><u>APTITUDES</u></b></p> <p>Adapter des documents de tous types en fonction de l'usage envisagé et maîtriser l'usage des licences pour permettre, faciliter et encadrer l'utilisation dans divers contextes (mise à jour fréquente, diffusion multicanale, impression, mise en ligne, projection, etc.) (avec les fonctionnalités des logiciels liées à la préparation d'impression, de projection, de mise en ligne, les outils de conversion de format, etc.</p>
	<p><b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b></p> <p>Licences ; Diffusion et mise en ligne d'un document Ergonomie et réutilisabilité du document ; Ecriture pour le web ; Interopérabilité ; Accessibilité ; Vie privée et confidentialité</p>

<b>Programmer</b>	<b><u>APTITUDES</u></b> Ecrire des programmes et des algorithmes pour répondre à un besoin (automatiser une tâche répétitive, accomplir des tâches complexes ou chronophages, résoudre un problème logique, etc.) et pour développer un contenu riche (jeu, site web, etc.) (avec des environnements de développement informatique simples, des logiciels de planification de tâches, etc.
	<b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b> Algorithme et programme ; Représentation et codage de l'information ; Complexité ; Pensée algorithmique et informatique ; Collecte et exploitation de données massives ; Intelligence artificielle et robots

# **Programmes des unités d'enseignement**

## **Semestre 4**

<p><b>Chapitre 1</b></p>	<p><b>Titre : Réseau direct</b>                  Repères cristallographiques,  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse vectorielle,(TD)</li> <li>• Mailles (1D, 2D, 3D) ; multiplicité</li> <li>• Rangée, plan réticulaire, équation de zone</li> <li>• Changements de bases</li> </ul> </p>
<p><b>Chapitre 2</b></p>	<p><b>Titre : Réseau réciproque</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition et propriétés,</li> <li>• Exemples</li> <li>• Relation entre réseau direct et réseau réciproque, application aux calculs des distances inter-réticulaires</li> </ul> </p>
<p><b>Chapitre 3</b></p>	<p><b>Titre : Symétrie des réseaux cristallins</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propriétés de symétrie ponctuelle</li> <li>• Différents éléments de symétrie (notation de Hermann Mauguin et Schönflies)</li> <li>• Notions groupes ponctuels, projection stéréographique</li> <li>• Dénombrement des groupes ponctuels (classes cristallines)</li> <li>• Introduction aux groupes d'espace (symétrie microscopique : axes hélicoïdaux et plans de glissement), tables internationales</li> </ul> </p>
<p><b>Chapitre 4</b></p>	<p><b>Titre : Les rayons X</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Production,</li> <li>• Spectre d'une anticathode,</li> <li>• Absorption des rayons X. (coefficient d'absorption massique et linéique, variation du coefficient d'absorption en fonction de la longueur d'onde du rayonnement et en fonction de numéro atomique, filtrage)</li> </ul> </p>
<p><b>Chapitre 5</b></p>	<p><b>Titre Diffusion cohérente des rayons X : diffraction</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diffusion par un électron (facteur de Thomson),</li> <li>• Diffusion par un atome (facteur de diffusion atomique),</li> <li>• Diffusion par une maille (facteur de structure),</li> <li>• Diffusion par un réseau périodique (pouvoir réflecteur).</li> <li>• Application aux réseaux et notions de solution solides</li> </ul> </p>

<b>Chapitre 1</b>	<p><b>Titre :</b> Généralités sur la mécanique des fluides</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Généralités sur les fluides</li> <li>• Propriétés des fluides</li> <li>• Forces intervenant en mécanique des fluides</li> </ul>
<b>Chapitre 2</b>	<p><b>Titre :</b> Statique des fluides</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lois générales de la statique des fluides</li> <li>• Statique des fluides incompressibles : Hydrostatique</li> <li>• Statique des fluides compressibles</li> </ul>
<b>Chapitre 3</b>	<p><b>Titre :</b> Cinématique des Fluides</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Particule fluide – Variables d'étude</li> <li>• Description du fluide en mouvement</li> <li>• Dérivée particulaire</li> <li>• Equation de continuité</li> <li>• Caractéristiques des écoulements fluides</li> <li>• Ecoulements irrotationnels - Potentiel de vitesse</li> </ul>
<b>Chapitre 4</b>	<p><b>Titre :</b> Dynamique des fluides parfaits incompressibles</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecoulement des fluides</li> <li>• Equation d'Euler – Relation de Bernoulli</li> <li>• Applications du théorème de Bernoulli: Venturi</li> <li>• Théorème de Bernoulli dans le cas des écoulements instationnaires</li> <li>• Théorème de Bernoulli en présence d'une machine</li> </ul>
<b>Chapitre 5</b>	<p><b>Titre :</b> Dynamique des fluides visqueux incompressibles</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notion de fluide visqueux - Définition de la viscosité</li> <li>• Equation fondamentale de la dynamique des fluides visqueux - Equation de Navier-Stokes</li> <li>• Applications : Ecoulement de Poiseuille – Ecoulement de Couette.</li> <li>• Classification des écoulements, écoulements laminaires et écoulements turbulents</li> <li>• Notion de perte de charge</li> <li>• Pertes de charge le long d'une conduite cylindrique : Les pertes de charge régulières et singulières</li> <li>• Bilan énergétique d'un circuit hydraulique en présence de machines (pompes)</li> </ul>

<p><b>Chapitre 1</b></p>	<p><b>Titre: Milieux diélectriques et polarisation en régime statique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Description macroscopique d'un milieu diélectrique</li> <li>• Vecteur polarisation, charges et courants de polarisation, vecteur induction électrique <math>\vec{D}</math></li> <li>• Permittivité et susceptibilité électrique dans les milieux linéaires homogènes et isotropes</li> <li>• Champs microscopiques et macroscopiques et équations locales pour <math>\vec{D}</math> et <math>\vec{E}</math></li> <li>• Relation de continuité (ou de passage) des champs <math>\vec{D}</math> et <math>\vec{E}</math></li> </ul>
<p><b>Chapitre 2</b></p>	<p><b>Titre: Milieux magnétiques et aimantation en régime statique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Description macroscopique d'un milieu magnétique,</li> <li>• Vecteur excitation magnétique, vecteur aimantation, charges et courants d'aimantation</li> <li>• Perméabilité et susceptibilité magnétiques dans les milieux linéaires homogènes et isotropes</li> <li>• Théorème d'Ampère dans les milieux linéaires homogènes et isotropes</li> <li>• Equations locales pour <math>\vec{H}</math> et <math>\vec{B}</math>, relations de passage</li> <li>• Notions sur les milieux magnétiques (paramagnétisme, diamagnétisme, ferromagnétisme, ...)</li> </ul>
<p><b>Chapitre 3</b></p>	<p><b>Titre: Propagation des ondes électromagnétiques planes dans les milieux linéaires, homogènes et isotropes non magnétiques globalement neutres</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equations de Maxwell dans un milieu matériel (équation de dispersion, Constante diélectrique)</li> <li>• Onde électromagnétique plane dans un milieu diélectrique linéaire homogène et isotrope, notion d'indice de réfraction complexe, dispersion et absorption dans un milieu diélectrique,</li> <li>• Propagation dans un milieu LHI dans le cadre du Modèle de l'électron élastiquement lié : milieu diélectrique parfait (isolant), milieu conducteur et plasma</li> </ul>
<p><b>Chapitre 4</b></p>	<p><b>Titre : Propagation dans un milieu matériel limité</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conditions aux limites à l'interface de deux diélectriques, lois de Snell-Descartes</li> <li>• Onde polarisée dans le plan d'incidence, onde polarisée perpendiculairement au plan d'incidence (coefficients de Fresnel et facteurs de réflexion et de transmission en amplitude et en énergie)</li> <li>• Propagation guidée d'une onde EM</li> </ul>

## PROGRAMME

Contenu des chapitres	Horaire approximatif	Observations / Recommandations
<p><b>CHAPITRE 1 : Les substitutions nucléophiles en série aliphatique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction</li> <li>- Le mécanisme S<sub>N</sub>1</li> <li>- Le mécanisme S<sub>N</sub>2</li> </ul>	3H	<p>Exemples de substitution avec des dérivés halogénés, alcools protonés...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cinétique, stéréochimie</li> <li>- effets de solvants</li> <li>- aptitude nucléofuge</li> <li>- transpositions dans le cas de S<sub>N</sub>1</li> </ul>
<p><b>CHAPITRE 2 : Les réactions d'élimination</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction</li> <li>- Le mécanisme E<sub>1</sub></li> <li>- Le mécanisme E<sub>2</sub></li> </ul>	4,5H	<p>Exemples d'éliminations avec des dérivés halogénés, alcools protonés...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cinétique, stéréochimie</li> <li>- effet de solvants</li> </ul> <p>On traitera aussi les compétitions SN/E</p>
<p><b>CHAPITRE 3 : Les substitutions électrophiles en série aromatique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction : Définition aromaticité (règles de Hukel)</li> <li>- Exemples de réactions de substitution électrophile du benzène                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitration</li> <li>• Sulfonation (réaction équilibrée)</li> <li>• Halogénéation</li> <li>• Alkylation</li> <li>• Acylation</li> </ul> </li> <li>- Exemples de réactions de substitution électrophile du benzène substitué (effets d'activation et d'orientation d'un</li> </ul>	4,5H	<p>En plus des 5 réactions de substitution électrophile sur le benzène, on abordera (comme observations en cours ou à l'aide d'exercices en TD) les cas suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Préparation de l'acide benzoïque par oxydation du toluène</li> <li>- Préparation de l'aniline par réduction du nitrobenzène</li> <li>- Préparation du phénol par fusion alcaline de l'acide benzène sulofonique</li> </ul>

<p>substituant déjà présent sur le cycle - Les règles de Hollemann )</p> <p>- Réactivité de la chaîne latérale: Halogénéation</p>		<p>- Préparation du benzaldéhyde par SE du benzène avec CO (gaz)/HCl, AlCl<sub>3</sub> (Guattermann et Koch Ex: Chloration du toluène</p>
<p><b>CHAPITRE4 : Les réactions d'addition</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction</li> <li>- Exemples de réactions d'addition électrophile <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Addition des acides protoniques H-X sur les alcènes (<i>milieu ionique</i>)</li> <li>▪ Hydratation acido-catalysée des alcènes</li> <li>▪ Halogénéation des alcènes (X<sub>2</sub>)</li> <li>▪ Halogénohydroxylation des alcènes : formation d'halohydrines</li> </ul> </li> <li>- Autres exemples de réactions d'addition sur les alcènes et les alcynes <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hydroboration suivie de l'oxydation</li> <li>▪ Addition des acides protoniques H-X sur les alcènes (<i>en présence de peroxydes</i>)</li> <li>▪ Hydrogénation catalytique sur les alcènes et les alcynes</li> <li>▪ Hydratation des alcynes</li> <li>▪ Oxydation ménagée des alcènes par le KMnO<sub>4</sub> (<i>traiter également l'oxydation forte</i>)</li> <li>▪ Action d'un peracide sur les alcènes (<i>traiter l'ouverture des époxydes en milieux basique et acide</i>)</li> <li>▪ Ozonolyse (<i>milieux réducteur ou oxydant – mécanisme hors programme</i>)</li> </ul> </li> </ul>	<p>6 H</p>	<p>On adoptera le mécanisme par le passage par un Carbocation</p>
<p><b>CHAPITRE 5 : Les réactions d'addition nucléophile sur le groupement carbonyle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Préparation des organomagnésiens mixtes, conditions expérimentales</li> <li>- leurs actions sur les composés carbonylés : méthanal, aldéhydes en général, les cétones, les dérivés d'acides carboxyliques (esters et chlorures d'acides)</li> </ul>	<p>3H</p>	<p>La réduction par les hydrures y est également abordée.</p>

**Enseignement expérimental, proposition de thèmes selon les moyens des établissements:**

- \* Substitution nucléophile : Synthèse du chlorure de tertio-butyle à partir du tertio-butanol.
- \* Elimination : Déshydratation d'un alcool (cyclohexanol par exemple).
- \* Addition nucléophile : Action d'un organomagnésien sur un dérivé carbonyle



## PROGRAMME

### Objectifs :

Cette unité d'enseignement regroupe les méthodes spectroscopiques d'analyse les plus utilisées pour caractériser les produits de synthèses organiques ou les produits naturels. L'UE est composée de trois chapitres : Spectroscopie UV-Visible, Spectroscopie Infrarouge et Résonance magnétique nucléaire.

Contenu des chapitres	Horaire approximatif	Observations / Recommandations
<p>GENERALITES SUR LE SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE</p> <p><b>CHAPITRE 1 : SPECTROPHOTOMETRIE UV-VISIBLE</b></p> <p>I.1 Introduction                      I.2 Principe                      I.3 Origine des absorptions, en relation avec les OM                      I.4 Spectre d'absorption UV-Vis                      I.5 Principaux types de transitions électroniques                      I.6 Groupements chromophores isolés et conjugués                      I.7 Effet de la structure (conjugaison, substitution,...)                      I.8 Appareillage</p> <p><b>CHAPITRE 2 : SPECTROMETRIE INFRAROUGE</b></p> <p>II.1 Introduction                      II.2 Origine de l'absorption dans l'IR                      II.3 Spectre d'absorption dans l'IR                      II.4 Modes de vibration                      II.5 Application de l'IR à la détermination des diverses fonctions d'un composé organique                      II.6 Appareillage                      II.7 Exemples de spectres IR de composés organiques</p>		

**CHAPITRE 3 : SPECTROSCOPIE DE RESONANCE  
MAGNETIQUE NUCLEAIRE (RMN)**

- III.1** Introduction
- III.2** Principe
- III.3** Noyaux actifs en RMN
- III.4** Transitions entre niveaux d'énergie
- III.5** Appareillage
- III.6** Echantillons et solvants
- III.7** Déplacement chimique
- III.8** Protons équivalents
- III.9** Blindage et déblindage des noyaux
- III.10** Intégration des signaux
- III.11** Facteurs affectant les déplacements chimiques
- III.12** Couplage spin-spin
- III.13** Méthodes de simplification des spectres
  - Irradiation
  - Echange H-D
- III.14** Exemple de spectres
- III.15** RMN du carbone  $^{13}\text{C}$ 
  - 1-** Théorie
  - 2-** Interprétation d'un spectre  $^{13}\text{C}$  simple

**UEF 450 , Intitulé : : *Activités pratiques***

**Volume horaire : 28 heures TD**

**Crédits : 4**

**Coefficient : 2**

**Semestre: S4**

**Objectif(s) Général (aux)**

Ce cours vise à accompagner l'élévation du niveau général de connaissances et de compétences numériques des apprenants.

**Éléments de contenu :**

<b>Domaine 4 : Protection et sécurité</b>	
<b>Sécuriser l'environnement numérique</b>	<p><b><u>APTITUDES</u></b> Sécuriser les équipements, les communications et les données pour se prémunir contre les attaques, pièges, désagréments et incidents susceptibles de nuire au bon fonctionnement des matériels, logiciels, sites internet, et de compromettre les transactions et les données (avec des logiciels de protection, des techniques de chiffrement, la maîtrise de bonnes pratiques, etc.).</p>
	<p><b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b> Attaques et menaces ; Chiffrement ; Logiciels de prévention et de protection ; Authentification ; Sécurité du système d'information ; Vie privée et confidentialité</p>
<b>Protéger les données personnelles et la vie privée</b>	<p><b><u>APTITUDES</u></b> Maîtriser ses traces et gérer les données personnelles pour protéger sa vie privée et celle des autres, et adopter une pratique éclairée (avec le paramétrage des paramètres de confidentialité, la surveillance régulière de ses traces par des alertes ou autres outils, etc.).</p>
	<p><b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b> Données personnelles et loi ; Traces ; Vie privée et confidentialité ; Collecte et exploitation de données massives</p>
<b>Protéger la santé, le bien-être et l'environnement</b>	<p><b><u>APTITUDES</u></b> Prévenir et limiter les risques générés par le numérique sur la santé, le bien-être et l'environnement mais aussi tirer parti de ses potentialités pour favoriser le développement personnel, le soin, l'inclusion dans la société et la qualité des conditions de vie, pour soi et pour les autres (avec la connaissance des effets du numérique sur la santé physique et psychique et sur l'environnement, et des pratiques, services et outils numériques dédiés au bien-être, à la santé, à l'accessibilité).</p>
	<p><b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b> Ergonomie du poste de travail ; Communication sans fil et ondes ; Impact environnemental ; Accessibilité ; Vie connectée ; Capteurs ; Intelligence artificielle et robots ; Santé ; Vie privée et confidentialité</p>

**Programmes des unités  
d'enseignement  
Semestre 5**

<b>Chapitre 1</b>	<b>Titre : Espace de Hilbert et fonctions de carrés sommables.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Définition</li><li>• Propriétés</li><li>• Produit et scalaire et norme</li><li>• Bases dénombrables</li></ul>
<b>Chapitre 2</b>	<b>Titre: Les polynômes orthogonaux et fonctions spéciales</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Polynôme de Legendre, de Laguerre, d’Hermite, de Chebychev, ...</li><li>• Fonctions associées, harmoniques sphériques</li><li>• Fonctions spéciales Gamma, Zeta de Riemann, fonction d’Airy, fonction de Bessel</li><li>• Applications en Physique</li></ul>
<b>Chapitre 3</b>	<b>Titre: Transformées mathématiques</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Séries de Fourier et Transformée de Fourier.</li><li>• Produit de convolution.</li><li>• Transformée de Laplace.</li><li>• Fonctions d’auto-corrélation et d’inter-corrélation</li><li>• Applications en Physique</li></ul>
<b>Chapitre 4</b>	<b>Titre: Théorie élémentaire des distributions.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Définition</li><li>• Propriétés</li><li>• Distribution de Dirac</li><li>• Applications en Physique</li></ul>

<b>Chapitre 1</b>	<p><b>Bases mathématiques de la Mécanique Quantique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espace Hilbertien des fonctions d'onde d'une particule</li> <li>• Notion de représentation</li> <li>• Représentation de Dirac : notation bra-ket</li> <li>• Opérateurs linéaires, adjoints, hermitiques, unitaires</li> <li>• Valeurs propres et vecteurs propres</li> <li>• Observables</li> <li>• Produit tensoriel d'espace des états</li> </ul>
<b>Chapitre 2</b>	<p><b>Postulats de la mécanique quantique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enoncé des postulats             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Description de l'état du système</li> <li>- Description des grandeurs physiques</li> <li>- Postulats de mesure</li> <li>- Réduction du paquet d'onde</li> <li>- Evolution au cours du temps : Equation de Schrödinger</li> <li>- Quantification des grandeurs physiques</li> </ul> </li> <li>• Interprétation physique des postulats             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cas des systèmes conservatifs</li> <li>- Equation de Schrödinger stationnaire</li> </ul> </li> </ul>
<b>Chapitre 3</b>	<p><b>Application des postulats à des systèmes Simples</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction du Spin, Expérience de Stern et Gerlach,</li> <li>• Définition de l'espace des états de spin <math>\frac{1}{2}</math> (avec renvoi au chapitre 3 du deuxième semestre)</li> <li>• Application à la résonance magnétique, précession de Larmor</li> <li>• Système à deux niveaux:</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sphère de Bloch,</li> <li>- Oscillations de Rabi</li> </ul>
<b>Chapitre 4</b>	<p><b>L'oscillateur harmonique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Importance de l'oscillateur harmonique en physique</li> <li>• Rappels sur l'oscillateur harmonique en mécanique classique</li> <li>• Hamiltonien de l'oscillateur harmonique à une dimension</li> <li>• Opérateurs <math>\hat{X}</math> et <math>\hat{P}</math>, opérateurs <math>a</math>, <math>a^+</math> et <math>N</math></li> <li>Energies propres et états propres, dégénérescence des niveaux</li> <li>• Discussion physique</li> </ul>

<b>Chapitre 1</b>	<p><b>Potentiels thermodynamiques et systèmes ouverts</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notion de transformation de Legendre</li> <li>• Potentiels thermodynamiques</li> <li>• Systèmes ouverts</li> </ul>
<b>Chapitre 2</b>	<p><b>Introduction aux méthodes statistiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Loi de composition</li> <li>• notion de variables aléatoires, valeur moyenne et écart type</li> <li>• Distribution binomiale, de Gauss et de Poisson</li> </ul>
<b>Chapitre 3</b>	<p><b>Description d'un système de taille macroscopique et densité d'états</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notion d'état macroscopique et microscopique</li> <li>• Micro-état classique et espace des phases</li> <li>• Densité d'états ( exemple d'un calcul à 1, 2 et 3 dimensions)</li> <li>• Correspondance entre les approches classiques et quantiques</li> <li>• Ensemble statistique et principe ergodique</li> </ul>
<b>Chapitre 4</b>	<p><b>Entropie statistique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Information manquante</li> <li>• Entropie statistique</li> <li>• propriétés de l'entropie statistique</li> </ul>
<b>Chapitre 5</b>	<p><b>Système isolé à l'équilibre, Distribution microcanonique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensemble micro-canonique, postulat fondamental de la physique statistique</li> <li>• Entropie micro-canonique, température et pression</li> <li>• Propriétés et comportement d'un système isolé</li> <li>• Evolution et sens des échanges au cours de l'évolution du système après relâchement d'une contrainte, équilibres thermique, mécanique et chimique entre deux sous-systèmes d'un système isolé.</li> </ul>



**Chapitre 6****Système en équilibre avec un thermostat , distribution canonique**

- Ensemble canonique, notion de thermostat
- Fonction de partition et énergie libre, énergie moyenne...
- Formalisme canonique à la limite thermodynamique,
- Description canonique des systèmes de particules identiques indépendantes discernables et indiscernables, correction de Maxwell-Boltzmann pour tenir compte de l'indiscernabilité des particules dans un gaz parfait
- Théorème de l'équipartition de l'énergie

<p><b>Chapitre 1</b></p>	<p><b>Titre : Propagation dans une ligne de transmission</b>  <b>Lignes à pertes</b>                  . Définition d'une ligne de transmission                  . Equations des télégraphistes                  . Cas du régime harmonique                  . Détermination des paramètres secondaires                  . Impédance complexe                  . Coefficient de réflexion  <b>Lignes sans pertes</b>                  . Paramètres secondaires                  . Taux d'ondes stationnaires                  . Impédance  <b>Abaque de Smith</b>                  . Construction de l'abaque                  . Adaptation d'une ligne de transmission (par simple et double stub)</p>
<p><b>Chapitre 2</b></p>	<p><b>Titre : Couplage d'oscillateurs mécaniques et électriques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• . Analogie Electrique-Mécanique : on se limite à l'analogie force-tension.</li> <li>• . Cas d'un système à deux degrés de liberté</li> <li>• . Modes propres et coordonnées normales</li> <li>• . Généralisation à un système à N degrés de liberté</li> <li>• . Application : Vibrations d'une chaîne linéaire atomique : cas du cristal NaCl</li> <li>• . Approximation des milieux continus</li> </ul>
<p><b>Chapitre 3</b></p>	<p><b>Titre : Corde vibrante</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• . Description et mise en équation</li> <li>• . Résolution de l'équation de propagation</li> <li>• . Réflexion et transmission le long d'une corde</li> <li>• . Aspect énergétique</li> <li>• . Application : Guitare</li> <li>• . Etude énergétique</li> </ul>
	<p><b>Titre : Ondes acoustiques dans les fluides</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• . Définition des ondes sonores</li> </ul>

<b>Chapitre 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• . Mise en équations (Equation hydrodynamique, Equations de continuité, équations thermodynamiques dans le cas d'un gaz parfait avec des transformations adiabatiques réversibles)</li> <li>• . Les approximations acoustiques</li> <li>• . Equations de propagation en p (surpression) et en u (vitesse vibratoire)</li> <li>• . Impédance d'onde</li> <li>• . Résonateur d'Helmoltz</li> <li>• . Etude énergétique</li> </ul>
<b>Chapitre 5</b>	<p><b>Titre :Propagation guidée</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• . Notion de guide d'ondes</li> <li>• . Rappels des équations de Maxwell (cas d'un conducteur parfait et un diélectrique parfait)</li> <li>• . Equations de propagation : Etude générale</li> <li>• . Définitions des modes (Mode transverse magnétique TM ou E, Mode transverse Electrique ou H, Mode transverse électromagnétique TEM)</li> <li>• . Fréquence de coupure et longueur d'onde de coupure</li> <li>• . Applications (guide rectangulaire, guide circulaire, guide coaxial).</li> <li>• . Impédance d'onde et impédance caractéristique d'un guide.</li> <li>• . Analogie de Schelkunoff</li> <li>• . Cavité rectangulaire (Mise en équation, conditions aux limites, Facteur de qualité ou coefficient de surtension propre, pertes dans le diélectrique).</li> </ul>

PROGRAMME

Contenu des chapitres	horaire approximatif	Observations / Recommandations
<p><b>CHAPITRE I : LES COMPOSES DE COORDINATION</b></p> <p>Introduction et développement historique</p> <p>I- Les éléments de transition</p> <p>II- Théorie du champ cristallin</p> <p>1-Champ octaédrique (<math>O_h</math>)...</p> <p>2-L'énergie de stabilisation du champ cristallin</p> <p>3-Champ tétraédrique <math>T_d</math></p> <p>4-Complexes plan carré <math>D_{4h}</math></p> <p>5-Les facteurs qui influent sur la grandeur <math>\Delta</math></p> <p>III- Applications de la théorie du champ cristallin</p> <p>1- Stabilité relative des structures</p> <p>2-Etats de spin</p> <p>3-Effet Jahn-Teller</p> <p>4-Rayon ionique</p> <p>IV- Critique de la théorie du champ cristallin</p> <p>V- Théorie du champ des ligands</p> <p>1-Influence des liaisons <math>\sigma</math></p> <p>2-Influence des liaisons <math>\sigma</math> et <math>\pi</math></p>		
<p><b>CHAPITRE II : LES SPECTRES ELECTRONIQUES DES COMPOSES DE COORDINATION</b></p> <p>I-Le spectre électronique des atomes</p> <p>I-1-Terms spectroscopiques</p> <p>I-2-Energies des termes spectroscopiques</p> <p>II- Spectres électroniques des complexes</p>		

<p>II-1- Les transitions d-d  II-2- Les déformations tétraogonales de la symétrie <math>O_h</math>  II-3- Les bandes de transfert de charge</p> <p>III- Electronégativité optique</p> <p>IV- Etude de quelques aquo complexes  IV-1-Le complexe <math>[V(OH_2)_6]^{3+}</math>  IV-2-Le complexe <math>[Ni(OH_2)_6]^{2+}</math></p>		
<p><b>CHAPITRE III : COMPOSES DE COORDINATION :  STEREOCHIMIE, PREPARATION</b></p> <p>I-Géométrie des composés de coordination</p> <p>II- Isomérie dans les composés de coordination</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Isomérie géométrique</li> <li>-Isomérie optique</li> </ul> <p>III- Préparation des composés de coordination</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Réaction de substitution en phase aqueuse</li> <li>-Réaction de substitution dans un solvant non aqueux</li> <li>-Réaction de substitution en absence de solvant</li> <li>-Dissociation thermique de solides complexes</li> <li>-Réactions d'oxydo-réduction.</li> </ul>		



<ul style="list-style-type: none"> <li>* Hydratation acido catalysée par Hg<sup>2+</sup></li> <li>* Réactions spécifiques d'alcynes vrais(acidité)</li>   <li>* Réaction d'oxydation (O<sub>3</sub>, KMnO<sub>4</sub> cc et dilué)</li> <li>* Réaction de Diels-Alder</li> </ul>	<b>1 H</b>	Préparation et réactivité des alcynures (en tant que nucléophiles sur des dérivés halogénés, carbonyles ou époxydes ou en tant que bases pour des éliminations)
<p><b>CHAPITRE 2:Les hydrocarbures aromatiques :benzène et dérivés.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rappel de nomenclature</li>   <li style="padding-left: 40px;"><b>- Réactivité des hydrocarbures aromatiques</b></li> <li>* Mono et polysubstitution du benzène</li> <li>* Réaction de diazotation (Sandmyer)</li>   <li>* Substitution nucléophile aromatique (S<sub>N</sub>Ar)</li> </ul>	<b>2 H</b>	On présentera le mécanisme (NaNO <sub>2</sub> /HCl)
<p><b>CHAPITRE 3 : Les dérivés halogénés et les organomagnésiens.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rappel de nomenclature</li>   <li style="padding-left: 40px;"><b>- Réactivité des dérivés halogénés</b></li> <li>* Substitutions nucléophiles (S<sub>N</sub>1 et S<sub>N</sub>2)</li> <li>* Éliminations (E1, E2)</li> <li>* Compétitions S<sub>N</sub>/E</li>   <li style="padding-left: 40px;"><b>- Préparation et réactions des organomagnésiens</b></li>   <li>* Action des magnésiens sur les dérivés carbonylés (cétones etaldéhydes), le gaz carbonique, les nitriles, les amides, les dérivés halogénés, les époxydes (symétriques et non symétriques), les esters, les chlorures d'acyleet lesanhydrides d'acides</li> </ul>	<b>2,5 H</b>	<p>(S<sub>N</sub>/E:effets de la structuredu substrat et de la base, de latempérature, de la concentration de labase)</p> <p>Le mécanisme de la préparation des organomagnésiens n'est pas demandé mais il faut préciser les conditions opératoires (éviter lessolvants protiques)</p>





<p><b>CHAPITRE 5 : Les aldéhydes et cétones</b></p> <p>- Rappel de nomenclature</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Principales méthodes de synthèse</b></li> <li>* À partir des alcènes: Ozonolyse en milieu réducteur</li> <li>* À partir des alcynes: hydratation en présence de Hg<sup>2+</sup></li> <li>* À partir des alcools: oxydation</li> <li>* À partir des dérivés aromatiques: acylation de Friedel – Crafts</li> <li>* Transposition pinacolique des 1,2-diols</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Réactivité due au caractère électrophile</b></li> <li>* Addition des ions cyanure et des acétylures</li> <li>* Addition d'un organomagnésien</li> <li>* Réduction partielle par LiAlH<sub>4</sub> ou NaBH<sub>4</sub></li> <li>* Addition d'une amine primaire</li> <li>* Réduction totale (Clemmensen et WolffKishner)</li> <li>* Protection et déprotection avec l'éthylène glycol</li> <li>* Réaction de Wittig (on se limite aux ylures non stabilisés)</li> <li>* Oxydation des aldéhydes</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Réactivité de l'hydrogène en α par rapport au groupe carbonyle</b></li> <li>* Aldolisation/cétolisation et crotonisation</li> <li>* monohalogénéation et monoalkylation des cétones</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Réaction de Cannizzaro</b></li> <li>• <b>Addition d'un organomagnésien sur les cétones α,β insaturées (Additions 1,2 et 1,4)</b></li> <li>• <b>Tests caractéristiques des dérivés carbonyles</b></li> <li>* Test des composés carbonyles à la 2,4 D.N.P.H. (réactif de Schiff)</li> <li>* Test des aldéhydes à la liqueur de Fehling</li> <li>* Test des aldéhydes au réactif de Tollens</li> <li>* Test haloforme (caractéristique des carbonyles α méthylés)</li> </ul>	<p><b>4,5 H</b></p>	<p>Détailler le mécanisme pour le test haloforme</p>
--	---------------------	--

<p><b>CHAPITRE 6:Les acides carboxyliques et leurs dérivés.</b></p> <p>- Rappel de nomenclature</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Réactivité des acides carboxyliques due à l'hydrogène acide avec :</b></li> </ul> <p>* les organomagnésiens (test de Zerivitinov avec <math>\text{CH}_3\text{MgX}</math>)</p> <p>* le diazométhane (préparation d'esters méthyliques)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Réactivité des acides carboxyliques due au groupement OH</b></li> </ul> <p>* Préparation d'halogénures d'acyles</p> <p>* Préparation d'anhydrides (déshydratation inter et intra moléculaire (<math>\text{P}_2\text{O}_5/\Delta</math>)et avec les chlorures d'acyles )</p> <p>* Préparation des esters</p> <p>* Préparation d'amides</p> <p>* Réaction de PIRIA : action de <math>\text{Ca}(\text{OH})_2/ \Delta</math> sur un diacide</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Réactivité des dérivés d'acides carboxyliques</b></li> </ul> <p>* Saponification des esters</p> <p>*Condensation de Claisen et de Dieckman</p> <p>*Synthèse malonique</p> <p>*Réaction des halogénures d'acyles avec les alcools et les amines (obtention d'esters et d'amides)</p> <p>*Réduction des anhydrides, des chlorures d'acyles,des esters, des nitriles et amides par <math>\text{LiAlH}_4</math> et <math>\text{NaBH}_4</math></p> <p>*Réaction de Rosenmund</p>	<p><b>4,5 H</b></p>	<p>Dégagement du gaz méthane</p>
<p><b>CHAPITRE 7:Les amines</b></p> <p>- Rappel de nomenclature</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Principales méthodes de préparation</b></li> </ul> <p>* Réduction des nitriles (par <math>\text{LiAlH}_4</math>)</p> <p>* Réduction des imines (par <math>\text{NaBH}_3\text{CN}</math>)</p> <p>* Réduction des dérivés nitrés (par <math>\text{HCl/Zn}</math>)</p> <p>* Dégradation d'Hoffman (<math>\text{NaOH/Br}_2</math>)</p> <p>* Synthèse de Gabriel</p>	<p><b>2 H</b></p>	<p>On détaillera le mécanisme de réactions suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réduction des nitriles et des imines</li> <li>- Synthèse de Gabriel</li> <li>- dégradation d'Hoffman</li> </ul>

* Alkylation d'Hoffman • <i>Réactivité des amines</i> * Perméthylation * Elimination d'Hoffman		
---	--	--

**Enseignement expérimental, proposition de thèmes :**

- Réaction de Cannizzaro
- Tests caractéristiques des fonctions chimiques
- O-acétylation : Préparation et extraction de l'aspirine
- Préparation de l'oxime de la cyclohexanone
- Synthèse magnésienne : préparation du triphénylméthanol.
- Estérification : préparation d'acétate d'isoamyle
- N- acétylation : Préparation et identification (RMN<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C) de l'acétanilide
- Préparation du parabromoacétanilide

**Objectifs :**

Cette unité d'enseignement permet d'initier l'étudiant aux processus d'une démarche qualité:

- définir un produit ses composantes, sa nature, sa classification, son cycle de vie etc...
- contrôler et suivre les indicateurs permettant de vérifier la conformité d'un produit.
- préparer des cahiers des charges des produits en fonction des besoins et aussi en fonction des exigences des clients.
- rechercher et caractériser les fonctions offertes par un produit pour satisfaire les besoins de son utilisateur : application des outils d'analyses fonctionnelles
- aperçu sur les normes qualités : Iso 17025 et Iso 9000
- démarche d'une validation analytique

**Éléments de contenu :**

**Chapitre I : LE PRODUIT**

1. Généralités
2. Communication du produit
3. Autres composantes du produit
4. Politique de produit
5. Fiche technique d'un produit

**Chapitre II : CAHIER DES CHARGES ET SPÉCIFICATION**

1. Définition
2. Préparation du cahier des charges
3. Certification du Cahier des charges
4. Rédaction d'un cahier des charges (cdc)
5. Structure du cahier des charges
6. Cahier des charges fonctionnel (CDCF)

**Chapitre III :L'ANALYSE FONCTIONNELLE DU BESOIN ET OUTILS D'ANALYSE**

1. Généralités
2. Analyse Fonctionnelle du Besoin
3. Outils d'analyse fonctionnelle

## **Chapitre IV : NORMES DE QUALITÉ**

1. La qualité
2. Principes d'une démarche qualité
3. Les référentiels ou les normes qualités
  - 3.1 La norme ISO 17025
  - 3.2 Les normes ISO 9000
4. La certification

## **Chapitre V : VALIDATION D'UNE MÉTHODE D'ANALYSE**

1. Introduction
2. Validation des méthodes d'essais
3. Critères de validation
4. Caractérisation des méthodes

## **Chapitre VI : RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT**

UEF 560 , ECUEF : 562, Intitulé : Culture et Compétences Numériques-2CN (D5)

Volume horaire : 21 heures (TP)

Crédits : 2

Coefficient : 1

Semestre: S5

**Objectif(s) Général (aux)**

Ce cours vise à accompagner l'élévation du niveau général de connaissances et de compétences numériques des apprenants.

**Pré requis :** Néant

**Éléments de contenu :**

<b>Domaine 5 : Environnement numérique</b>	
<b>Résoudre des problèmes techniques</b>	<b><u>APTITUDES</u></b> Résoudre des problèmes techniques pour garantir et rétablir le bon fonctionnement d'un environnement informatique (avec les outils de configuration et de maintenance des logiciels ou des systèmes d'exploitation, et en mobilisant les ressources techniques ou humaines nécessaires, etc.).
	<b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b> Panne et support informatique ; Administration et configuration ; Maintenance et mise à jour ; Sauvegarde et restauration ; Interopérabilité ; Complexité
<b>Construire un environnement numérique</b>	<b><u>APTITUDES</u></b> Installer, configurer et enrichir un environnement numérique (matériels, outils, services) pour disposer d'un cadre adapté aux activités menées, à leur contexte d'exercice ou à des valeurs (avec les outils de configuration des logiciels et des systèmes d'exploitation, l'installation de nouveaux logiciels ou la souscription à des services, etc.).
	<b><u>THÉMATIQUES ASSOCIÉES</u></b> Histoire de l'informatique ; Informatique et matériel ; Logiciels, applications et services ; Système d'exploitation ; Réseau informatique ; Offre (matériel, logiciel, service) ; Modèles et stratégies économiques

**Programmes des unités  
d'enseignement  
Semestre 6**

<p><b>Chapitre 1</b></p>	<p><b>Titre: Moment cinétique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le moment cinétique classique</li> <li>• L'opérateur moment cinétique défini par ses règles de commutation</li> <li>• Valeurs propres de <math>J^2</math> et <math>J_z</math>, représentation <math>\{ j, m\rangle\}</math></li> <li>• Moment cinétique orbital, harmoniques sphériques.</li> <li>• Moment cinétique de Spin, matrices de Pauli</li> </ul>
<p><b>Chapitre 2</b></p>	<p><b>Titre: Particule dans un potentiel central</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Description d'une particule dans un potentiel central</li> <li>• Séparation du mouvement du centre de masse</li> <li>• Réduction à un problème à une particule fictive, masse réduite</li> <li>• Résolution de l'équation de Schrödinger</li> <li>• Applications :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Atome d'hydrogène (sans spin),</li> <li>- Oscillateur harmonique isotrope</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Chapitre 3</b></p>	<p><b>Composition de deux moments cinétiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition du spin comme moment cinétique intrinsèque</li> <li>• Composition de deux spins 1/2 ,             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Produit tensoriel, base découplée</li> <li>- Spin total et base couplée</li> <li>- Etat singulet, états triplets</li> </ul> </li> <li>• Addition de deux moments cinétiques quelconques             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Règles d'addition</li> <li>- Coefficients de Clebsch-Gordan</li> </ul> </li> <li>• Composition d'un moment cinétique orbital et d'un spin 1/2             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Applications : Interaction spin-orbite, Effet Zeeman, ...</li> </ul> </li> </ul>



<b>Chapitre 4</b>	<p><b>Titre : Méthodes d'approximation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Théorie des perturbations stationnaires</li> </ul> <p>-Exposé de la méthode</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perturbation d'un niveau non dégénéré,</li> <li>- Correction aux valeurs propres (ordres 1 et 2)</li> <li>-Correction états propres (ordre 1)</li> <li>- Perturbation d'un niveau dégénéré (ordre 1)</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthode variationnelle <ul style="list-style-type: none"> <li>- Principe variationnel</li> <li>- Minimisation de l'énergie</li> <li>- Calcul variationnel : fonction d'essai à un paramètre</li> </ul> </li> </ul>
-------------------	--

<p><b>Chapitre 1</b></p>	<p><b>Titre : Rappel sur les phénomènes de propagation de la lumière: cas d'une source ponctuelle et monochromatique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vibration lumineuse et notion d'interférences</li> <li>• Interférence par division du front d'onde (Fentes d'Young, Miroirs de Fresnel, .....)</li> <li>• Notion de pouvoir de réflexion et de transmission</li> <li>• Interférence par division d'amplitude (lame à faces parallèles, coin d'air)</li> </ul>
<p><b>Chapitre 2</b></p>	<p><b>Titre : Cohérence spatiale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Influence de la géométrie du dispositif interférentiel</li> <li>• Cas d'une source étendue : facteur de contraste. Longueur de cohérence spatiale</li> <li>• Franges d'égalles épaisseurs à deux ondes : coin d'air, interféromètre de Michelson, anneaux de Newton</li> </ul>
<p><b>Chapitre 3</b></p>	<p><b>Titre : Cohérence temporelle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en évidence : cas d'une source bi chromatique</li> <li>• Profil d'une raie (interférogramme)</li> <li>• Relation entre longueur de cohérence et la finesse de la raie</li> <li>• Relation entre l'intensité et le contraste des franges</li> <li>• Phénomène d'interférence en lumière blanche : spectre cannelé, teinte de Newton</li> </ul>
<p><b>Chapitre 4</b></p>	<p><b>Titre : Phénomène d'interférences à ondes multiples</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cas d'une lame à faces parallèles : calcul des amplitudes des rayons lumineux successifs, composition des différents rayons transmis, étude de la fonction d'Airy. Influence du poly-chromatisme (étude de la répartition de l'intensité en fonction du nombre d'onde)</li> <li>• Fabry-Pérot : analyseur de radiations, limite de résolution spectrale du Fabry-Pérot</li> <li>• Filtre interférentiel: utilisation comme cavité optique</li> </ul>
<p><b>Chapitre 5</b></p>	<p><b>Titre : Diffraction de la lumière</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diffraction à l'infini(Fraunhofer): Pupille circulaire, pupille rectangulaire (transparences partielle et totale)</li> <li>• Réseau et notion de pouvoir de résolution (Critère de Rayleigh), pouvoir dispersif</li> </ul>

### Objectifs

La chimie quantique permet :

- d'expliquer la stabilité des atomes et leurs propriétés (Tableau périodique),
- d'expliquer la formation des molécules et d'interpréter leurs propriétés
- d'interpréter les spectres atomiques et moléculaires,
- d'expliquer les propriétés physicochimiques des matériaux

Ce module introduit : les notions sur la mécanique quantique, les systèmes hydrogénoïdes, l'atome d'hydrogène, les atomes polyélectroniques, les orbitales atomiques, les orbitales moléculaires, l'approche LCAO, les configurations électroniques, les termes spectraux, la théorie de Hückel

### PROGRAMME

Contenu des chapitres	horaire approximatif	Observations / Recommandations
<p><b>Chapitre 1: Les bases de la mécanique quantique appliquées à la chimie</b></p> <p>Rappels de mise en évidence expérimentale : spectre d'émission de l'atome, loi de Ritz, condition de fréquence de Bohr ;spectre d'émission de l'atome de sodium ; diffraction et interférences.</p> <p>Les axiomes de la mécanique quantique et leurs conséquences:</p> <p>Description d'un système de particules ponctuelles</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Mesure d'une grandeur physique</li><li>– Les opérateurs associés aux grandeurs physiques : principe d'incertitude d'Heisenberg</li><li>– L'espace des fonctions d'onde, l'équation de Schrodinger</li><li>– Equation de Schrödinger en coordonnées cartésiennes et en coordonnées sphériques.</li></ul>		

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Notion d'amplitude de probabilité et d'orbitale atomique <math>\Psi</math> et significations.</li> <li>- Quantification de l'Énergie et des Moments.</li> </ul>		
<p><b>Chapitre 2 : Description quantique d'un hydrogénoïde</b></p> <p>Bases mécaniques de l'étude d'un système de deux particules (Opérateur énergie potentielle, Equation de Schrodinger, Recherche de fonctions normables, Solutions de l'équation de Schrodinger)</p> <p>Nomenclature et étude des solutions obtenues (Nomenclature, Représentation graphique des fonctions d'onde)</p> <p>Moment magnétique orbital et spin électrique (Moment magnétique orbital, effet Zeeman Le spin électronique et le couplage spin-orbite)</p> <p>Termes et états spectraux ; Règles de sélection</p>		
<p><b>Chapitre 3 : Les atomes polyélectroniques</b></p> <p>Approximation orbitale,</p> <p>Principe de Pauli et configuration électronique</p> <p>Orbitales de Slater et effets d'écran,</p> <p>Couplage spin-orbite</p> <p>Termes spectraux et multiplicité de spin</p>		
<p><b>Chapitre 4 : Structure électronique des molécules diatomiques</b></p> <p>Molécules diatomiques mononucléaires,</p> <p>Molécules diatomiques hétéronucléaires,</p>		

<p><b>Chapitre 5 : Structure électronique des molécules polyélectroniques</b></p> <p>Détermination de la structure électronique des molécules polyatomiques et des molécules diatomiques conjuguées par la méthode de Hückel; Applications à la réactivité.</p>		
<p><b>Chapitre 6: Symétrie moléculaire</b></p> <p>Eléments et opérations de symétrie : représentations réductibles et irréductibles. Théorie des groupes appliquée à la description des molécules polyatomiques. Symétrie des OM et des modes de vibration.</p>		

PROGRAMME

Contenu des chapitres	horaire approximatif	Observations / Recommandations
<p><b>CHAPITRE I-LIAISON IONIQUE EN CHIMIE INORGANIQUE</b></p> <p>I- Les propriétés des substances ioniques</p> <p>II-Formation de la liaison ionique</p> <p>III- Quelques structures cristallines</p> <p>III-1- Structure des composés AB et dérivés</p> <p>III-1-1-Structures correspondant à l'occupation des sites cubiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Structure du chlorure de césium CsCl.</li> </ul> <p>III-1-2- Structures correspondant à l'occupation des sites octaédriques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Structures cubiques faces centrées : NaCl et structures dérivées ABO<sub>2</sub></li> <li>-Structures hexagonales : NiAs</li> </ul> <p>III-1-3- Structures correspondant à l'occupation des sites tétraédriques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Structures cubiques faces centrées :ZnS blende</li> <li>-Structures hexagonales : ZnSWürtzite</li> </ul> <p>III-2- Structure des composés AB<sub>2</sub> et dérivés</p> <p>III-2-1- Structures correspondant à l'occupation des sites cubiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Structure de la fluorine CaF<sub>2</sub></li> </ul> <p>III-2-2- Structures correspondant à l'occupation des sites octaédriques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Structure du rutile TiO<sub>2</sub></li> <li>-Structure de CdI<sub>2</sub></li> <li>- Structure de CdCl<sub>2</sub></li> </ul> <p>III-2-3- Structures correspondant à l'occupation des sites tétraédriques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Structure de la β-cristobalite SiO<sub>2</sub></li> </ul> <p>III-3-Structures plus complexes</p> <p>III-3-1-Structure type rhénite AB<sub>3</sub></p> <p>III-3-2- Structure type pérovskite ABO<sub>3</sub></p> <p>III-3-3- Structure type spinelle AB<sub>2</sub>O<sub>4</sub></p> <p>IV- Rationalisation des structures ioniques</p>		

<p>-Formule chimique et coordinence</p> <p>-Prédiction de la structure cristalline : Règle du rapport des rayons ioniques (1<sup>ère</sup> règle de Pauling).</p> <p>-Principe de la valence électrostatique (2<sup>ème</sup> règle de Pauling).</p> <p>-Connexion des polyèdres de coordination (3<sup>ème</sup> règle de Pauling).</p> <p>V- Cohésion dans les solides ioniques : Energie réticulaire</p> <p>V-1- Calcul de l'énergie réticulaire à partir du modèle de Born-Landé : Constate de Madelung.</p> <p>V-2- Calcul de l'énergie réticulaire à partir du modèle de Born-Haber</p> <p>V-3-Energie réticulaire des composés d'éléments de transition.</p> <p>V-4- Relation de Kaputinskii, rayons des ions complexes.</p> <p><b>VI- Caractère covalent des liaisons dans les solides</b></p> <p style="padding-left: 40px;">-Dureté et polarisabilité (mollesse)</p> <p style="padding-left: 40px;">-Taille des ions et polarisabilité</p> <p>VII- Implication des énergie de réseau. Stabilité des solides ioniques</p> <p>VII-1-Température de fusion des oxydes alcalino-terreux</p> <p>VII-2-Décomposition des carbonates</p> <p>VII-3-Double décomposition des solides ioniques</p> <p>VII-4-Solubilité des solides ioniques dans l'eau.</p>		
<p><b>CHAPITRE II- CHIMIE DU CRISTAL IMPARFAIT</b></p> <p>I-Les défauts ponctuels dans les solides stœchiométriques</p> <p>I-1- Nécessité thermodynamique des défauts.</p> <p>I-2- Les désordres natifs dans les composés stœchiométriques.</p> <p>I-3-Notion d'élément de structure et de charge effective : Formalisme de Kröger-Vink</p> <p>I-4-Réactions quasi chimiques entre les éléments de structure et conditions d'équilibre</p> <p>II- Les défauts ponctuels dans les solides non-stœchiométriques</p> <p>II-1-Préparation d'un solide non-stœchiométrique : Centre-F</p> <p>II-2-Défauts prédominants dans les solides non-stœchiométriques : Classification de Wagner</p> <p style="padding-left: 40px;">-Lacunes anioniques prédominantes</p> <p style="padding-left: 40px;">-Lacunes cationiques prédominantes</p> <p style="padding-left: 40px;">-Anions interstitiels prédominants</p>		

<p>-Cations interstitiels prédominants</p> <p>II-3-Equilibre d'un solide de Wagner avec l'un de ses constituants gazeux</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Composés à lacunes anioniques</li> <li>-Composés à lacunes cationiques</li> <li>-Composés à anions interstitiels</li> <li>-Composés à cations interstitiels.</li> </ul> <p>III- Influence des éléments étrangers sur les défauts des solides. Dopage</p> <p>III-1-Atome étranger de même valence</p> <p>III-2- Atomes étrangers de valence différente en substitution dans un solide</p> <p>III-3- Dopage d'un solide de Schottky par un cation de valence inférieure :Aspect quantitatif</p> <p>II-4- Dopage d'un solide de Frenckel par un cation de valence inférieure :Aspect quantitatif</p> <p>III-5- Imperfection électronique contrôlée</p> <p>III-6-Méthodes expérimentales d'étude des solutions solides</p> <p>IV-Les électrolytes solides et la conductivité électrique</p> <p>IV-1-Les solides ioniques typiques</p> <p>IV-2-Les électrolytes solides</p> <p>IV-3-Les applications des électrolytes solides</p>		
<p><b>CHAPITREIII- DEFAUTS DANS UN DIAGRAMME DE BANDE</b></p> <p>I- Introduction : Les métaux, les isolants et les semi conducteurs</p> <p>II-Les structures électroniques des solides :Théorie des bandes</p> <p>III- Défauts électroniques intrinsèques. Mesure du gap</p> <p>IV- Défauts donneurs : Cas des lacunes d'oxygène dans les oxydes</p> <p>V-Défauts accepteurs :Cas des lacunes cationiques</p> <p>V- Couleurs des solides inorganiques</p>		



**UEF 640 , Intitulé : *Activités pratique***  
**Volume horaire : 56 heures (TD)**

**Crédits : 6**

**Coefficient : 3**

**Semestre: S6**