

Licence mention Mathématiques

Parcours Physique-Mathématiques

Objectifs

Ce parcours bi-disciplinaire "Physique-Mathématiques" est un nouveau parcours qui est proposé depuis la rentrée 2017.

Il s'adresse à des étudiants motivés par l'acquisition d'une solide **formation théorique** de base dans l'ensemble des grands domaines de la **Physique** et des **Mathématiques**. Ce parcours s'appuie en totalité sur les enseignements du parcours "Physique" de la licence mention "Physique, Chimie" et du parcours "Mathématiques fondamentales" de la licence mention "Mathématiques".

Il présente un volume horaire supérieur aux parcours précédemment cités (60H de plus par semestre du S2 au S4, soit l'équivalent de 36ECTS par semestre). C'est donc un parcours exigeant pour lequel **une sélection sera opérée à l'entrée**.

En L3 les étudiants pourront intégrer un dispositif leur permettant d'obtenir une licence avec **double mention** "Physique, Chimie" et "Mathématiques", en 1 ou 2 ans. Il leur faudra pour cela valider une liste d'UEs déterminée en relation avec l'équipe pédagogique.

Les étudiants en difficulté dans ce parcours pourront rebasculer soit vers le parcours "Physique", soit vers le parcours "Mathématiques fondamentales".

La formation disciplinaire est complétée par l'acquisition de compétences transversales (maîtrise d'une langue étrangère, des outils de communication et informatiques...).

Ce parcours généraliste a pour vocation principale la poursuite d'études en Masters de Physique et/ou de Mathématiques ou en Écoles d'Ingénieurs.



Compétences acquises

Compétences **disciplinaires** en Physique et en Mathématiques : mobiliser les concepts mathématiques, informatiques, de la physique pour résoudre des problématiques à fort niveau d'abstraction, construire et rédiger une démonstration mathématique rigoureuse, exploiter des logiciels de calcul (scientifique ou symbolique : statistiques, probabilités, critères de validité de tests, évaluation des risques),...

Compétences **transversales** : capacité à échanger à l'écrit et à l'oral dans une langue étrangère (anglais), aptitude à l'analyse et à la synthèse, à l'expression écrite et orale, aptitude au travail individuel et collectif, à la conduite de projets, au repérage et à l'exploitation des ressources documentaires, maîtrise des outils numériques.

Compétences **préprofessionnelles** fondées sur la connaissance des champs de métiers associés à la formation, sur l'élaboration du projet personnel et professionnel de l'étudiant ainsi que sur la capacité de ce dernier à réinvestir ses acquis dans un contexte professionnel.

Conditions d'accès

Ce parcours est **sélectif** et sa capacité d'accueil est limitée à 20 étudiants. Le parcours commence au S2 du portail MPI. L'admission se fait sur dossier en fonction des résultats du S1, des résultats du bac et du lycée, et de la motivation de l'étudiant.

Accès en **L1**, via le **portail MPI**, à tout titulaire d'un baccalauréat (ou d'un titre équivalent) . Vous devez passer par le site "Parcoursup".

<https://www.parcoursup.fr/>

Une sélection sera opérée à la fin du S1 pour l'intégration dans le parcours Physique-Mathématiques.

En **L2**, le recrutement se fait sur dossier pour les étudiants n'ayant pas suivi le L1 à l'UBO. Les dates de campagne pour les candidatures sont accessibles en suivant ce lien <https://ecandidat.univ-brest.fr/ecandidat/>

Poursuites d'études

Ce parcours a pour vocation principale la poursuite d'études en **Masters**, listés ci-après (liste non exhaustive) :

Master mention Physique
Master mention Physique fondamentale et applications
Master mention Physique du vivant
Master mention Sciences de la matière
Master mention Mathématiques et applications

Ce parcours permet également une admission sur titre en **Écoles d'Ingénieurs** (ex : Polytechnique, Écoles Centrales, Télécom ParisTech et Bretagne, ENSTA ParisTech et Bretagne,...) à l'issue du L2 ou du L3.

Insertion professionnelle

Après une poursuite d'études en Master, il pourra exercer les emplois suivants :

- > Chargé d'études, recherche et développement dans l'industrie
- > Enseignant-Chercheur dans un organisme d'enseignement supérieur et de recherche (après une thèse et un concours)
- > Chercheur dans un organisme de Recherche (après une thèse et un concours)
- > Enseignant du secondaire ou professeur des écoles (après un concours)

Infos pratiques

Faculté des Sciences et Techniques à Brest

Contacts

Responsable pédagogique

DUBREUIL Matthieu

Matthieu.Dubreuil@univ-brest.fr

Tel. 02 98 01 66 67

Responsable Secrétariat pédagogique

Département de Physique

karine.peron@univ-brest.fr

Tel. 02.98.01.69.48

Programme

Licence 2^{ème} année

Semestre 3

Electromagnétisme 1	55h
Mécanique 3	54h
Analyse dans \mathbb{R}^N	54h
Suites et séries	54h
Réduction des endomorphismes	54h
Bloc transversal S3	
- Anglais	16h
- Culture scientifique	16h
- Compétences numériques	

Semestre 4

Ondes et électromagnétisme 2	55h
Mécanique quantique 1 et relativité	
- Mécanique quantique 1	43h
- Relativité	12h
Espaces euclidiens et coniques	54h
Analyse complexe et Calcul vectoriel	54h
Thermodynamique physique	55h
Bloc transversal S4	
- Anglais	16h
- Option transversale S4	11h
- Culture scientifique	16h
- Sea-EU / Sport, culture, engagement étudiant	
- Expérience professionnelle	6h

Licence 3^{ème} année

Semestre 5

Optique Ondulatoire	55h
Mécanique quantique 2	54h
Option (1 sur 3)	
- Nouvelles technologies de l'énergie	55h
- Mécanique des milieux continus	55h
- Astrophysique et cosmologie	55h
Probabilités	54h
Option (1 sur 2)	
- Séries de Fourier, calcul différentiel et équations différentielles	54h
- Intégration	54h
Algèbre commutative	54h
Bloc transversal S5 P	
- Anglais S5	16h
- Communication S5	12h
- Initiation recherche 1 : Projet bibliographique	18h

Semestre 6

Physique numérique	55h
Ondes et matière	55h
Physique statistique	55h
Groupes et géométrie	54h
Analyse numérique	54h
Topologie et calcul différentiel	54h
Bloc transversal S6 MP	
- Analyse fonctionnelle	22h
- Anglais S6	16h
- Communication S6	12h

Dernière mise à jour le 03 juin 2022

Electromagnétisme 1

Présentation

Responsable : Souren POGOSSIAN

Causes de nombreux phénomènes de la vie quotidienne, l'électrostatique et la magnéto-statique ont donné naissance à d'importantes applications technologiques. Le but de ce cours est l'acquisition et l'approfondissement de connaissances en électrostatique et magnéto-statique pour pouvoir comprendre des phénomènes physiques importants. L'enseignement est réalisé à l'aide d'une méthode progressive. Les travaux dirigés permettront aux étudiants de manipuler les outils mathématiques du cours et de reformuler les équations introduites en cours pour les appliquer à des cas concrets. Les travaux pratiques permettront de visualiser certains concepts et de vérifier par l'expérience des formules démontrées en cours.

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 8h

Travaux Dirigés : 24h

Cours Magistral : 23h

Pré-requis nécessaires

- > dérivées partielles,
- > fonction exponentielle (propriétés, limite, intégration, produit et quotient)
- > vecteurs : produit scalaire et vectorielle de 2 vecteurs, norme d'un vecteur, somme de 2 vecteurs
- > calcul intégral (intégrale d'une exponentielle, intégration par partie, valeur moyenne)
- > trigonométrie (fonctions sinus, cosinus et tangente, identités trigonométriques, intégration des fonctions sinus et cosinus, développement limité)
- > différentielle : estimer la variation d'une grandeur en fonction de la variation d'une autre grandeur, les 2 grandeurs étant reliées par une relation linéaire simple (somme, produit, quotient)
- > développement limité de la fonction racine carré, cosinus, sinus
- > suite : somme des termes d'une suite géométrique.

Compétences visées

Électrostatique :

- > Savoir comment produire et détecter des charges.
- > Pouvoir fabriquer et utiliser un électroscope.
- > Connaître les méthodes de charge d'un corps neutre avec et sans contact.
- > Le chargement de répartition des charges sur des boules et la mesure de leurs charges par un coulomb-mètre (TP).
- > Pouvoir expliquer la série triboélectrique.
- > Pouvoir écrire la loi de conservation de charge électrique totale d'un système.
- > Pouvoir écrire la loi de Coulomb sous forme vectorielle.
- > Comprendre la notion du champ électrostatique créé par des charges ponctuelles.
- > Pouvoir énoncer le principe de superposition des champs et de l'appliquer pour un dipôle, et d'autres configurations élémentaires des charges ponctuelles.
- > Acquérir des notions des lignes de champ et compétences de calcul du flux électrostatique.
- > Pouvoir énoncer le théorème de Gauss et calculer le champ électrique sur des surfaces Gaussienne de symétrie élevée.
- > Pouvoir énoncer le principe de Curie et exploiter la symétrie pour la détermination des champs électrostatiques des distributions des charges des corps symétriques.
- > Vérification du principe de Curie par la mesure de la valeur du champ en des points conjugués par symétrie (TP).
- > Pouvoir appliquer le théorème de Gauss aux conducteurs en équilibre électrostatique.
- > Écrire et utiliser le gradient dans des coordonnées cartésiennes.
- > S'approprier de la notion du potentiel et de l'énergie potentielle électrostatique d'un ensemble de charges ponctuelles comme le dipôle.
- > Acquisition de connaissance et l'étude des champs et des potentiels électrostatiques avec des applets Java (TP).
- > Pouvoir énoncer les relations de continuité.
- > Etre capable de démontrer le lien direct entre le potentiel et le champ électrostatique.
- > L'application des notions acquises pour l'étude des condensateurs.
- > Etre capable de calculer des capacités électriques des associations des condensateurs parallèles et en série.

Magnétostatique :

- > Pouvoir résumer l'interaction de répulsion et de l'attraction des pôles des aimants.
- > Acquérir des notions du courant électrique continu.
- > Connaître les méthodes de production du champ magnétique.
- > Etre en capacité d'écrire la force magnétique de Laplace sur un fil parcouru par un courant.

- > Comprendre la notion de l'induction magnétique et le représenter par des lignes du champ magnétique.
- > Énoncer le principe de superposition pour les champs magnétiques.
- > Pouvoir écrire vectoriellement l'induction magnétique créée par un courant électrique.
- > Pouvoir décrire et expliciter l'interaction magnétique des lignes de courant rectilignes, parallèles.
- > Comprendre, décrire et calculer le moment de force agissant sur une boucle de courant dans un champ magnétique.
- > Connaître la notion du flux du champ magnétique.
- > Énonciation du théorème d'Ampère et de la loi de Biot et Savart.
- > Pouvoir exploiter la symétrie pour le calcul du champ magnétique dans un solénoïde à l'aide du théorème d'Ampère.
- > Pouvoir appliquer la loi d'Ampère et de Biot et Savart pour calculer le champ magnétique d'une bobine torique, des bobines de Helmholtz et d'autres configurations simples.
- > Compétences expérimentales de mesure de l'induction magnétique dans des bobines de Helmholtz par une sonde de Hall (TP).
- > Énoncer et calculer la force magnétique de Lorentz subit par une charge en mouvement dans un champ magnétique.
- > Utilisation des notions acquises pour le calcul du mouvement cyclotronique d'une charge électrique dans un champ magnétique constant.
- > La compréhension de l'accélérateur cyclotronique, d'un spectrographe de masse, et des aurores boréales.

Outils mathématiques nouveaux:

- > notion de gradient,
- > notion de la divergence,
- > notion de l'intégrale de surface

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Autre nature		4/15	Devoir maison ou devoir surveillé
UE	CC	Travaux Pratiques		1/5	
UE	CT	Écrit - devoir surveillé	180	8/15	note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC) x 4/5 + TP x 1/5

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Écrit - devoir surveillé	180		note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC) x 4/5 + TP x 1/5
	Report de notes	Autre nature		4/15	note CC reportée
	Report de notes	Travaux Pratiques		1/5	note TP reportée

Mécanique 3

Présentation

Responsable UE: Claude Guennou

Cinématique, inertie, cinétique du solide rigide, Modélisation des actions mécaniques extérieures et intérieures à un système de solides (liaisons entre solides, frottement), Lois de la dynamique d'un système de solides, Théorèmes de l'énergie, Études de mouvements particuliers (en 3D)

6 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 24h

Travaux Dirigés : 30h

Pré-requis nécessaires

vecteurs et toutes opérations sur les vecteurs, calcul intégrales double et triple, connaissance des méthodes de résolution d'équations différentielles simples, du 2nd ordre.

Compétences visées

savoir analyser les mouvements (3D) de systèmes de solides, à partir des équations différentielles qui les régissent.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Autre nature		1/3	Devoir maison ou devoir surveillé
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC)

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC)
	Report de notes	Autre nature		1/3	note CC reportée

Analyse dans \mathbb{R}^n

Présentation

- Normes dans \mathbb{R}^n , notion de boule, ouvert, fermé. Limites de suites et de fonctions, continuité. Ensembles compacts : propriété de Bolzano-Weierstrass.

- Applications différentiables sur \mathbb{R}^n à valeurs dans \mathbb{R}^p , différentielle, dérivées partielles, matrice jacobienne, jacobien. Dérivées partielles d'ordre 2, formule de Taylor d'ordre 2. Application au calcul des extrema.

- Formule de changement de variables dans les intégrales doubles et triples.

6 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 24h

Travaux Dirigés : 30h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note de l'UE= $\text{Max}((2/3)*CT + (1/3)*CC, CT)$
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

Suites et séries

Présentation

- Séries numériques, suites et séries de fonctions, séries entières.
- Séries de Fourier, théorèmes de convergence (théorème de Dirichlet).

6 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 24h

Travaux Dirigés : 30h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note de l'UE = $\text{Max}(2\text{CT}+\text{CC})/3$, CT)
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	Note de l'UE = $\text{Max}(2\text{CT}+\text{CC})/3$, CT)

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

Réduction des endomorphismes

Présentation

• Déterminant. Valeurs propres, vecteurs propres, polynômes caractéristiques, minimaux, diagonalisation, trigonalisation, sous-espaces caractéristiques. Exponentielle de matrice et système d'équations différentielles linéaires dans le cas des matrices diagonalisables.

• Forme de Jordan, système d'équations différentielles linéaires (cas général).

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 30h

Cours Magistral : 24h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note de l'UE = $\text{Max}(2\text{CT}+\text{CC})/3$, CT)
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	Note de l'UE = $\text{Max}(2\text{CT}+\text{CC})/3$, CT)

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

Bloc transversal S3

6 crédits ECTS

Anglais

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 16h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Ecrit et/ou Oral		100/100	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	100/100	

Culture scientifique

2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 6h

Travaux Dirigés : 10h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Ecrit et/ou Oral		50/100	
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	50/100	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	100/100	

Compétences numériques

2 crédits ECTS

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	Autre modalité	Pratique - examen en ligne		1	Validation conditionnée par passage de la certification PIX.

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	Autre modalité	Pratique - examen en ligne			Idem 1ère session.

Ondes et électromagnétisme 2

Présentation

Responsable UE: Bruno ROUVELLOU

- > Eléments d'analyse vectorielle
- > Equations de Maxwell (Rappel électrostatique et magnétostatique du S3, variations temporelles -> induction (fem, champs électromoteur, potentiel vecteur), équations de Maxwell, équation de propagation dans le vide et les milieux LHI (3D))
- > Ondes mécaniques : perturbation d'une corde et d'une tranche d'air au repos, équation de propagation (1D), solution de l'équation : ondes progressive et régressive, description de l'onde plane sinusoïdale progressive et de l'onde stationnaire à l'aide de l'exemple de la corde vibrante.
- > Ondes électromagnétiques : équation propagation 3D, ondes EM : structure, relation de dispersion, polarisation, transport d'énergie, conditions aux limites.

4 TP de 1h45

- > TP1 induction
- > TP2 conservativité du flux magnétique
- > TP3 ondes centimétriques (polarisation + ondes stationnaires)
- > TP4 ondes mécaniques (effet Doppler)

Pré-requis nécessaires

Analyse vectorielle, électrostatique et magnéto-statique, mécanique du point

Compétences visées

Notions abordées :

- > Eléments d'analyse vectorielle
- > Equations de Maxwell
- > Rappel électrostatique et magnétostatique du S3
- > Variations temporelles -> induction (fem, champs électromoteur, potentiel vecteur)
- > Ondes: (1) cordes vibrantes, (2) équation de propagation (1D); solution de l'équation : ondes progressive et régressive; description de l'onde plane sinusoïdale progressive et de l'onde stationnaire, (3) ondes acoustiques, (4) ondes électromagnétiques
- > Equation propagation 3D; structure relation de dispersion, polarisation, transport d'énergie, conditions aux limites

Compétences attendues en fin d'UE :

- > Comprendre la notion d'onde
- > Savoir établir les équations d'ondes à partir de (1) la rfd d'une corde vibrante et d'une tranche d'air, (2) la rfd de la perturbation d'une tranche d'air au repos, (3) les équations de Maxwell
- > Savoir décrire les solutions
- > Savoir caractériser les propriétés d'une onde.
- > Comprendre les phénomènes d'induction, être capable de prédire l'apparition d'un courant induit et son sens
- > Identifier expérimentalement les caractéristiques d'une onde acoustique ou optique: longueur d'onde, fréquence, polarisation, paquet d'onde.

Outils mathématiques nouveaux

- > Eléments d'analyse vectorielle (opérateurs différentiels grad, div, rot, laplacien)
- > Théorème de calcul intégral (Stokes-Ampère, Green-Ostrogradsky)

Modalités de contrôle des connaissances

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 7h

Travaux Dirigés : 24h

Cours Magistral : 24h

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Autre nature		4/15	Devoir maison ou devoir surveillé
UE	CC	Travaux Pratiques		1/5	
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	8/15	note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC) x 4/5 + TP x 1/5

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	8/15	note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC) x 4/5 + TP x 1/5
	Report de notes	Autre nature		4/15	note CC reportée
	Report de notes	Travaux Pratiques		1/5	note TP reportée

Mécanique quantique 1 et relativité

Présentation

Responsables UE:

- > **Gilles Nguyen Vien** (Mécanique Quantique 1): 16h CM, 16h TD, 11h TP
- > **Rob Scott** (Relativité): 6h CM, 6h TD

6 crédits ECTS

Mécanique quantique 1

Présentation

Responsable UE / Mécanique Quantique 1: Gilles Nguyen Vien

Permettre à l'étudiant :

- > de comprendre les insuffisances de l'approche classique dans la compréhension de certaines expériences du début du XX^{ème} siècle
- > d'appréhender les concepts inédits (quantification, dualité onde-corpuscule, principe d'indétermination de Heisenberg, superposition d'états quantiques) et postulats (mesure, évolution temporelle) de la physique quantique
- > de se familiariser avec l'espace des états et le formalisme des notations de Dirac.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 16h

Travaux Dirigés : 16h

Travaux Pratiques : 11h

Pré-requis nécessaires

Nombres complexes, algèbre linéaire, optique géométrique, physique classique (base en mécanique newtonienne)

Compétences visées

Générales :

- > Appropriation : (1) comprendre les concepts qui fondent la physique quantique, (2) situer le domaine de validité de la physique quantique, (3) établir un lien entre le formalisme et son contenu physique
- > Raisonner : formuler et appliquer un formalisme
- > Expérimenter : appliquer un protocole expérimental de mesure

Disciplinaires nouvelles :

- > Espace des états (espace vectoriel hilbertien),
- > Espace dual, ket, bra,
- > Opérateur hermitien, représentation matricielle

Disciplinaires exercées :

- > Nombre complexe,
- > Algèbre linéaire

Outils mathématiques nouveaux

- > Produit scalaire hermitien,
- > Conjugaison hermitique

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	CC	Autre nature		4/15	Devoir maison ou devoir surveillé
Travaux Pratiques	CC	Travaux Pratiques		1/5	
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	8/15	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120		note=4/5 CT+1/5 TP
Travaux Pratiques	Report de notes	Travaux Pratiques		1/5	note TP reportée

Relativité

Présentation

Responsable UE / Relativité: Rob Scott

2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 6h

Travaux Dirigés : 6h

Pré-requis nécessaires

- > Disciplinaires : mécanique classique newtonienne – cinématiques, référentiel inertiel, relativité de Galilée; électromagnétisme – connaissance très basique.
- > Mathématiques : algèbre linéaire – espace vectoriel, produit scalaire, espace euclidien.

Compétences visées

- > Interféromètre de Michelson et l'expérience de Michelson-Morley.
- > Les postulats d'Einstein de la relativité restreinte.
- > La transformation de Lorentz pour un boost (configuration standard, mouvement rectiligne le long de l'axe des x).
- > Autre transformation de Lorentz (notion de groupe mentionnés brièvement).
- > Phénomènes de la relativité restreinte : contraction des longueurs, dilatation de temps, loi d'Einstein de l'addition de vitesse, totale énergie relativiste d'une particule massive (si le temps le permet)
- > Espace-temps de Minkowski : diagramme de Minkowski, causalité, quadri-vecteurs (si le temps le permet)
- > Outils mathématiques nouveaux: invariance sous une transformation de Galilée et une transformation de Lorentz, espace de Minkowski, quadri-vecteurs, notion de groupe de Lorentz

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CC	Ecrit - devoir surveillé	60	1/4	Devoir maison ou devoir surveillé
Travaux Dirigés	CC	Ecrit - devoir maison		1/4	
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	1/2	note=1/2 CT+ 1/4 CC_maison+ 1/4 CC_écrit

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	1	pas de report de note

Espaces euclidiens et coniques

Présentation

- Formes linéaires et dualité ; espace dual ; orthogonalité par rapport à la dualité ; transposée d'une application linéaire.

- Formes bilinéaires et formes quadratiques ; orthogonalité ; bases orthogonales ; réduction de Gauss ; classification des formes quadratiques sur \mathbb{R} et \mathbb{C} .

- Espaces euclidiens ; produit scalaire, norme associée ; orthogonalisation de Gram-Schmidt ; projection orthogonale ; adjoint d'un endomorphisme ; endomorphismes symétriques et diagonalisation dans une base orthonormée de vecteurs propres ; endomorphismes orthogonaux ; orientation, produit mixte et produit vectoriel.

- Introduction à la notion de formes hermitiennes.

- Coniques dans l'espace affine euclidien \mathbb{R}^2 et \mathbb{R}^3 ; classification et équation réduite.

6 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 24h

Travaux Dirigés : 30h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2CT + CC)/3, CT)$
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2CT + CC)/3, CT)$

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

Analyse complexe et Calcul vectoriel

Présentation

Analyse complexe

- Rappels sur \mathbb{C} et les séries entières, fonctions holomorphes, critère de Cauchy-Riemann, fonctions analytiques.
- Intégrale d'une fonction complexe le long d'une courbe.
- Théorème de Cauchy, formules de Cauchy. Conséquences (théorèmes de Liouville, d'Alembert, principe des zéros isolés).
- Théorème des résidus.
- Introduction au logarithme complexe.

Calcul vectoriel

- Courbes paramétrées dans \mathbb{R}^2 et \mathbb{R}^3 . Coordonnées polaires, cylindriques, sphériques.
- Champs scalaires, champs de vecteurs. Gradient, rotationnel, divergence.
- Intégration le long d'une courbe d'un champ scalaire, d'un champ de vecteurs et d'une 1-forme.
- Surfaces paramétrées. Intégration sur une surface d'un champ scalaire, d'un champ de vecteurs.
- Révision de la formule de changement de variables dans une intégrale double ou triple.
- Théorèmes de l'analyse vectorielle (sans démonstration) : théorèmes de Green-Riemann, Stokes, Ostrogradsky (ou Flux- Divergence).

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 30h

Cours Magistral : 24h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2CT + CC)/3, CT)$
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2CT + CC)/3, CT)$

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

Thermodynamique physique

Présentation

Responsable UE: Bruno ROUVELLOU

Pression au sein d'un fluide: aspect macroscopique. Théorie cinétique des gaz. Échange d'énergie : travail et chaleur. Premier et second principe. Machines thermiques. Potentiels thermodynamiques et transformations chimiques. Evolution des systèmes chimiques, Équilibres réactionnels. Déplacement des équilibres. Changements de phase des corps purs. Équilibres de phases. Diagrammes de phases.

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 7h

Travaux Dirigés : 24h

Cours Magistral : 24h

4 TP de 1h45

- > Chaleur latente d'évaporation d'eau
- > Mesures du rapport des chaleurs massique d'air
- > Capacité thermique des métaux
- > Pompe à chaleur

Pré-requis nécessaires

- > Calcul différentiel
- > Mécanique du point élémentaire.

Compétences visées

Notions abordées :

- > Pression au sein d'un fluide: aspect macroscopique
- > Théorie cinétique des gaz,
- > Échange d'énergie : travail et chaleur,
- > Premier et second Principe,
- > Machines thermiques,
- > Potentiels thermodynamiques, évolution des systèmes chimiques, déplacement des équilibres réactionnels,
- > Changements de phase des corps purs, équilibres de phases, diagrammes de phases.

Compétences attendues en fin d'UE :

- > Assimiler les concepts de base : énergie, travail, chaleur et entropie.
- > Apprendre à les utiliser pour étudier les transformations d'un système et le fonctionnement des machines thermiques

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Autre nature		4/15	Devoir maison ou devoir surveillé
UE	CC	Travaux Pratiques		1/5	
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	8/15	note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC) x 4/5 + TP x 1/5

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180		note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC) x 4/5 + TP x 1/5
	Report de notes	Autre nature		4/15	note CC reportée
	Report de notes	Travaux Pratiques		1/5	note TP reportée

Bloc transversal S4

6 crédits ECTS

Anglais

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 16h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	80/100	
UE	CC	Ecrit et/ou Oral		20/100	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	100/100	

Option transversale S4

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 11h

Culture scientifique

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 16h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Oral	15	100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Oral	15	100%	

Sea-EU / Sport, culture, engagement étudiant

2 crédits ECTS

Expérience professionnelle

Présentation

Expérience professionnelle de 2 semaines minimum, validée par un rapport et une soutenance.
 Cette expérience professionnelle est précédée ou suivie d'un enseignement en travaux dirigés sur la recherche et candidature de stages, et la réflexion sur l'orientation professionnelle.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 6h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	CT	Ecrit - rapport		1/2	Si possible carnet de stage renseigné dans e-portfolio.
Travaux Dirigés	CT	Oral - soutenance	15	1/2	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	Report de notes	Rapport écrit et soutenance orale			

Optique Ondulatoire

Présentation

Responsable UE: Matthieu DUBREUIL

Chapitre 1 : Sources et ondes lumineuses (chemin optique, théorème de Malus, différents types de sources lumineuses, largeur spectrale et longueur de cohérence)

Chapitre 2 : Interférences à 2 ondes (conditions d'obtention, défauts de cohérence spatiale et temporelle, interféromètres à division du front d'onde et d'amplitude, interférences à 2 ondes en lumière polychromatique).

Chapitre 3 : Interférences à N ondes (Fabry-Perot et réseau de diffraction).

Chapitre 4 : Diffraction des ondes lumineuses (principe de Huygens, diffraction de Fresnel et Fraunhofer, figures de diffraction de motifs simples).

Chapitre 5 : Polarisation des ondes lumineuses (définitions, formalisme de Jones, transformateurs de polarisation : polariseurs et lames de phase, production et analyse d'une lumière polarisée.

TP (5x3H)

- > TP1 : Polarisation
- > TP2 : Fentes d'Young et diffraction
- > TP3 : Interféromètre de Michelson
- > TP4 : Spectromètre à réseau
- > TP5 : Interféromètre de Fabry-Pérot

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 15h

Travaux Dirigés : 23h

Cours Magistral : 17h

Objectifs

Il s'agira d'acquérir et de manipuler les concepts associés à la nature cohérente et vectorielle de la lumière, de façon à étudier les phénomènes d'interférence, de diffraction et de polarisation, et aborder l'utilisation d'appareils de spectrométrie, de polarimétrie et de mesures interférométriques. Les compétences et connaissances acquises dans cette UE permettront d'aborder l'étude des phénomènes d'interaction lumière-matière et la physique des lasers au niveau Master.

Pré-requis nécessaires

Disciplinaire :

- > Ondes et électromagnétisme (S4) : notion d'onde (période, fréquence, pulsation, longueur d'onde, amplitude, vitesse de propagation), champ électrique et magnétique, notion d'onde électromagnétique.
- > Optique géométrique (S2) : objet/image (réel, virtuel, à l'infini), lentille mince convergente, miroir plan, tracé de rayons dans un montage utilisant une ou plusieurs lentilles convergentes et/ou des miroirs plans.

Mathématiques :

- > fonction exponentielle (propriétés, limite, intégration, produit et quotient)
- > nombres complexes (forme exponentielle, module et argument, produit et quotient de 2 nombres complexes, complexe conjugué)
- > vecteurs : produit scalaire et vectorielle de 2 vecteurs, norme d'un vecteur, somme de 2 vecteurs
- > calcul intégral (intégrale d'une exponentielle, intégration par partie, valeur moyenne)
- > trigonométrie (fonctions sinus, cosinus et tangente, identités trigonométriques, intégration des fonctions sinus et cosinus, développement limité)
- > matrices (matrices 2x2, produit de matrices, produit scalaire de 2 vecteurs, valeur et vecteurs propres)
- > différentielle : estimer la variation d'une grandeur en fonction de la variation d'une autre grandeur, les 2 grandeurs étant reliées par une relation linéaire simple (somme, produit, quotient)
- > développement limité de la fonction racine carré, cosinus, sinus
- > suite : somme des termes d'une suite géométrique

Compétences visées

Associées à la licence (référentiel national)

- > Aborder et résoudre par approximations successives un problème complexe.
- > Proposer des analogies, faire des estimations d'ordres de grandeur et en saisir la signification.

- > Identifier les techniques courantes dans les domaines du génie civil, de la mécanique des fluides et des solides et du génie mécanique, de la thermodynamique et de la thermique, de la physique des matériaux, des sciences chimiques, des géosciences, de l'informatique.
- > Mobiliser les concepts mathématiques, informatiques, de la physique et de la chimie pour aborder et résoudre des problématiques à fort niveau d'abstraction.
- > Mobiliser les concepts fondamentaux pour modéliser, analyser et résoudre des problèmes simples de physique.
- > Exploiter des logiciels d'acquisition et d'analyse de données avec un esprit critique.

Plus spécifiques à l'optique ondulatoire

- > Connaître les différents types de sources lumineuses (thermique, spectrale, laser) et leurs caractéristiques (cohérence spatiale et temporelle). Savoir estimer les ordres de grandeurs associés aux différents types de sources (longueur de cohérence temporelle, durée des trains d'onde, largeur spectrale).
- > Manipuler les concepts d'amplitude et d'intensité lumineuse grâce aux nombres complexes (superposition de 2 ou N ondes).
- > Relier l'aspect ondulatoire à l'aspect géométrique de la lumière (théorème de Malus) dans l'analyse théorique d'un interféromètre afin d'estimer une différence de marche et un déphasage.
- > Calculer et décrire une figure d'interférence et de diffraction pour des dispositifs simples (fente simple, fentes d'Young, Fabry-Perot, lame d'épaisseur fixe, lame d'épaisseur variable, réseau plan).
- > Exploiter l'expression d'une intensité lumineuse afin d'en extraire des paramètres quantitatifs (distance, diamètre angulaire, largeur spectrale, biréfringence...)
- > Connaître le principe et les applications des principaux interféromètres (fentes d'Young, Michelson, Fabry-Perot, réseau plan).
- > Identifier l'état de polarisation d'une onde totalement polarisée.
- > Connaître les moyens de production et de transformation de la polarisation de la lumière.
- > Réaliser un montage expérimental permettant de mettre en évidence des phénomènes d'interférence (fentes d'Young, Michelson, Fabry-Perot, réseaux plan), de diffraction (fente simple, ouverture circulaire) et de polarisation (loi de Malus, pouvoir rotatoire, biréfringence).

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Autre nature		2/9	Devoir maison ou devoir surveillé
UE	CC	Travaux Pratiques		1/3	
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	4/9	note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC) x 2/3 + TP x 1/3

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180		note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC) x 2/3 + TP x 1/3
	Report de notes	Autre nature		2/9	note CC reportée
	Report de notes	Travaux Pratiques		1/3	note TP reportée

Mécanique quantique 2

Présentation

Responsable UE: Mondher Arfa

I Les outils mathématiques-1 de la mécanique quantique

Dans cette première partie, le cours se limite aux représentations discrètes dans l'espace des états.

II Le magnétisme atomique

III-a Les postulats de la mécanique quantique.

III-b Application des postulats de la mécanique quantique : système à deux niveaux

IV Les outils mathématiques-2 de la mécanique quantique

Dans cette seconde partie, on introduit les représentations continues.

V Potentiels à une dimension constants par morceaux : équation de Sturm-Liouville.

VI-a Résolution de l'équation de Schrödinger : particule dans un potentiel carré (de profondeur finie et : ou infinie), dans une marche et/ou dans une barrière de potentiel.

VI-b Résolution de l'équation de Schrödinger : particule dans une barrière de potentiel de forme quelconque : application au processus de désintégration α .

VI L'oscillateur Harmonique à une dimension

VII Théorie des perturbations stationnaires.

VII -a Application : Oscillateur harmonique à une dimension soumis à un potentiel perturbateur en x , x^2 et x^3 .

VII-a Propriété générale des moments cinétiques en MQ.

VII-a Addition des moments cinétiques

VII-b Etats intriqués

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 27h

Cours Magistral : 27h

Objectifs

L'objectif est de donner aux étudiants les connaissances de base de la mécanique quantique. Le cours est proposé dans une approche théorique ayant pour buts d'initier les étudiants (i) aux concepts mathématiques rencontrés en mécanique quantique et (ii) au traitement théorique de quelques modèles simples communs à plusieurs domaines de la physique. Les connaissances acquises doivent servir de base aux étudiants désireux de poursuivre des études en Master de physique et plus particulièrement dans les domaines faisant appel à la théorie quantique.

Pré-requis nécessaires

calcul matriciel, analytique et différentiel (premier et second degré). Il est recommandé, sans pour autant être obligé, d'avoir suivi au préalable l'UE Mécanique quantique 1 et relativité du S4

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Autre nature		1/3	Devoir maison ou devoir surveillé
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC)

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC)
	Report de notes	Autre nature		1/3	note CC reportée

Option (1 sur 3)

Présentation

2 UE ouvertes maximum.

6 crédits ECTS

Nouvelles technologies de l'énergie

Présentation

Responsable UE: Alain Fessant

1. Situation de l'énergie dans le monde
2. Enjeux climatiques et environnementaux
3. Potentiel des énergies renouvelables
4. Génération et gestion de la production électrique
5. Production électrique éolienne
6. Production hydroélectrique
7. Ressource solaire
8. Réception solaire
9. Semi-conducteurs pour le photovoltaïque
10. Cellules photovoltaïques
11. Solaire thermique

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 27h

Cours Magistral : 28h

Pré-requis nécessaires

- > Outils mathématiques usuels
- > Bases d'électricité,
- > Bases d'électromagnétisme,
- > Impédances complexes,
- > Mécanique quantique

Compétences visées

- > Analyse critique de la situation mondiale de l'énergie
- > Compréhension des impacts climatiques de l'utilisation de l'énergie
- > Analyse des choix techniques de production, distribution et utilisation de l'énergie électrique
- > Analyse et estimation de la distribution du gisement solaire sur terre
- > Analyse des choix de positionnement et des types capteurs
- > Compréhension des mécanismes de conversion rayonnement solaire-électricité
- > Proposer un type de cellule PV en fonction des besoins spécifiques

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Autre nature		1/3	Devoir maison ou devoir surveillé
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC)

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC)
	Report de notes	Autre nature		1/3	note CC reportée

Mécanique des milieux continus

Présentation

Responsables UE:

- > **Olivier Arzel** (Milieux fluides) : 14,5h CM, 13h TD
- > **Claude Guennou** (Milieux solides déformables) : 14,5h CM, 13h TD

6 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 29h

Travaux Dirigés : 26h

L'objectif de ce cours est de découvrir la mécanique des milieux continus, fluides et solides déformables, en montrant l'unité de la physique sous-jacente. Le cours s'articule autour de la résolution dans des cas simples des grandes équations aux dérivées partielles de la physique au travers de diverses applications. Les applications sont excessivement nombreuses (aérodynamique, hydrodynamique, génie civil, sismologie, météorologie, océanographie). Elles relèvent de la Physique de l'Environnement et de la Physique de l'Ingénieur.

Objectifs

Milieux fluides

- > Forces de surface (contacts mécaniques) et forces de volume (gravité)
- > Equilibre statique : hydrostatique
- > Cinématique : description en termes de déplacement de particules, en termes de vitesse et d'accélération : formulation eulérienne et lagrangienne
- > Equation de conservation de la masse
- > Approximation du fluide incompressible
- > Lois de Newton pour un fluide en mouvement : équations d'Euler
- > Théorèmes de Bernoulli
- > Théorème de la quantité de mouvement, calcul de force exercée par un écoulement sur une paroi
- > Viscosité et force de frottement- Nombre de Reynolds
- > Analyse dimensionnelle et similitude dynamique/géométrique

Milieux solides déformables

- > Efforts internes dans le milieu solide : Tenseur des contraintes de Cauchy (traction, pression, cisaillement)
- > Forme locale du principe fondamentale de la statique
- > Tenseur gradient du déplacement
- > Tenseur des petites déformations (allongement, glissement angulaire) et tenseur de la petite rotation solide locale
- > Équations de compatibilité
- > Loi de comportement de l'élasticité linéaire dans les milieux solides homogènes et isotropes : loi de Hooke (coefficient de Poisson et module de Young)
- > Conditions aux limites d'un solide déformé : en déplacement, en contraintes, hypothèse de De Saint Venan
- > Les méthodes classiques de résolution d'un problème de petites déformations : la méthode des déplacements (équation de Navier), la méthodes des contraintes (équation de Beltrami, fonction d'Airy)

Pré-requis nécessaires

- > Analyse vectorielle et matricielle (gradient, divergence, rotationnel, valeurs propres, vecteurs propres),
- > Dérivées,
- > Intégrales simples,
- > ODE à coefficients constants

Compétences visées

- > Capacité de traiter des problèmes simples liés aux écoulements stationnaires incompressibles homogènes et non-visqueux dans des référentiels inertiels et non-inertiels.
- > Capacité de traiter des problèmes simples de déformation élastique de corps solides (matériau isotrope, homogène)

> Consolidation des connaissances mathématiques concernant les prérequis par leur utilisation dans des situations concrètes appliquées à la mécanique du milieu continu (fluide et solide déformable)

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Autre nature		1/2	Devoir maison ou devoir surveillé
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/2	Note = 1/2 CT + 1/2 CC

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1	Pas de report de note

Astrophysique et cosmologie

Présentation

Responsables UE:

- > **Yann Le Grand** (Astrophysique): 14,5h CM, 13h TD
- > **Rob Scott** (Cosmologie): 14,5h CM, 13h TD

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 26h

Cours Magistral : 29h

Partie Astrophysique (Yann Le Grand)

1. Mécanique céleste : problème à N corps et lois de conservation, théorème du viriel, problème à 2 corps sans et avec perturbations, effet de marée, évolution des systèmes
2. Physique des étoiles : stabilité, relations masse-température et masse-luminosité, diagramme HR, sources d'énergie, nucléosynthèse, stades finaux (géante rouge, naine blanche et étoile à neutrons)
3. Mesures de distances en astrophysique

Partie Cosmologie (Rob Scott)

1. Relativité restreinte
2. Relativité générale: variétés pseudo-riemanniennes, calcul tensoriels, dérivée covariante, tenseur de Einstein, tenseur d'énergie-impulsions, équations de champs de Einstein
3. Objet compacts en astrophysique: trous noirs de Schwarzschild, de Kerr, étoiles à neutrons
4. Cosmologie: Métrique de Friedmann-Roberston-Walker, loi de Hubble, équation de Friedmann, 3 types d'univers, Big Bang, rayonnement fossile

Pré-requis nécessaires

- > algèbre linéaire et vectorielle
- > calcul différentiel et intégral

Partie Astronomie: mécanique newtonienne

Partie Cosmologie: relativité restreinte

Compétences visées

Partie Astrophysique

- > Acquérir les bases et les concepts de l'astrophysique (mécanique céleste et physique stellaire)

Partie Cosmologie

- > Comprendre la théorie relativiste de la gravitation d'Einstein
- > Mise en application de la relativité à l'astrophysique et cosmologie (trou noirs et l'univers homogène en expansion de Friedmann Robertson Walker)
- > Approfondir les notions de base de la relativité restreinte
- > Outils mathématiques nouveaux: (1) analyse vectorielle et tensorielle sur les variétés riemanniennes et pseudo-riemanniennes, (2) calcul différentiel et intégral sur les variétés riemanniennes et pseudo-riemanniennes, (3) géométrie différentielle

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Ecrit - devoir maison		1/6	Astrophysique
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	1/3	Note Astrophysique = max (CT_astro, 2/3 CT_astro + 1/3 CC_astro).
	CC	Ecrit - devoir maison		1/6	Cosmologie.
	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	1/3	Note Cosmologie = max (CT_cosmo, 2/3 CT_cosmo + 1/3 CC_cosmo).

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	1/2	Note Astrophysique = max (CT_astro, 2/3 CT_astro + 1/3 CC_astro).
	Report de notes	Ecrit - devoir maison		1/6	note CC_astro reportée
	Report de notes	Ecrit - devoir maison		1/6	note CC_cosmo reportée
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	1/2	Note Cosmologie = max (CT_cosmo, 2/3 CT_cosmo + 1/3 CC_cosmo).

Probabilités

Présentation

Axiomatique de Kolmogorov, tribu engendrée, premier lemme de Borel-Cantelli, variables aléatoires réelles et lois usuelles, vecteurs aléatoires, loi conjointe et lois marginales (densités marginales), loi conditionnelle, différentes caractérisations de la loi de vecteurs aléatoires (densité s'il y en a une, fonction de répartition, fonction caractéristique), lien entre intégrabilité de la variable aléatoire et dérivabilité de la fonction caractéristique, formule de transfert, indépendance de sous-tribus et de variables aléatoires, densité de la somme de variables indépendantes, vecteurs gaussiens, types de convergence de suites de vecteurs aléatoires, convergence en probabilité (définition), inégalités de Markov et de Bienaymé-Chebychev, convergence presque sûre, loi forte des grands nombres, convergence en loi, théorème de Lévy, théorème central limite.

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 30h

Cours Magistral : 24h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note de UE= $\max((2/3)*CT$
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	$+(1/3)*CC,CT)$

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

Option (1 sur 2)**6 crédits ECTS**

Séries de Fourier, calcul différentiel et équations différentielles

Présentation

- Équations différentielles linéaires. Wronskien. Cas des équations différentielles à coefficients constants. Méthode de variation de la constante.
- Utilisation des séries de Fourier et séries entières pour la résolution des équations différentielles et les équations aux dérivées partielles (équation de chaleur).
- Équations différentielles et stabilité des équilibres (Liapounov).

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 30h

Cours Magistral : 24h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2\text{CT} + \text{CC})/3, \text{CT})$
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2\text{CT} + \text{CC})/3, \text{CT})$

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

Intégration

Présentation

- Théorie de la mesure : tribu, tribu boréliennes, mesures positives, mesure de Lebesgue dans \mathbb{R} et \mathbb{R}^n .
- Intégrale de Lebesgue : fonctions mesurables, construction de l'intégrale de Lebesgue. Théorèmes de passage à la limite. Intégrales dépendant d'un paramètre.
- Intégration sur les espaces produit (Fubini), changement de variables.

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 30h

Cours Magistral : 24h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2CT + CC)/3, CT)$
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2CT + CC)/3, CT)$

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

Algèbre commutative

Présentation

• Anneaux, idéaux, anneaux quotients, polynômes à une variable, anneau intègre, principaux euclidiens, anneaux euclidiens, anneaux factoriels.

• Algorithme d'Euclide étendu, calcul modulaire, corps des fractions, fractions rationnelles.

• Extension quadratique de \mathbb{Q} , application à l'arithmétique.

6 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 24h

Travaux Dirigés : 30h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2\text{CT} + \text{CC})/3, \text{CT})$
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2\text{CT} + \text{CC})/3, \text{CT})$

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

Bloc transversal S5 P

6 crédits ECTS

Anglais S5

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 16h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	CC	Ecrit et/ou Oral		30/100	
Travaux Dirigés	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	70/100	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	100/100	

Communication S5

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 12h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Ecrit et/ou Oral		100/100	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	100/100	

Initiation recherche 1 : Projet bibliographique

Présentation

Responsable UE: Matthieu Dubreuil

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 18h

Compétences visées

Associées au référentiel RNCP

- > Utiliser les outils numériques de référence et les règles de sécurité informatique pour acquérir, traiter, produire et diffuser de l'information ainsi que pour collaborer en interne et en externe.
- > Se servir aisément des différents registres d'expression écrite et orale de la langue française.
- > Identifier, sélectionner et analyser avec esprit critique diverses ressources dans son domaine de spécialité pour documenter un sujet et synthétiser ces données en vue de leur exploitation.
- > Identifier le processus de production, de diffusion et de valorisation des savoirs.
- > Travailler en équipe et en réseau ainsi qu'en autonomie et responsabilité au service d'un projet

Propres à l'UE projet bibliographique

- > Effectuer une recherche bibliographique en utilisant diverses ressources.
- > Comprendre le principe d'un sujet de Physique en lien avec la recherche de pointe.
- > Synthétiser des informations.
- > Appréhender un article scientifique en anglais.
- > Rédiger un rapport écrit.
- > Présenter à l'oral.
- > Travailler en groupe.
- > Gérer la répartition et le temps de travail.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - mémoire		1/2	
UE	CT	Oral - soutenance	20	1/2	

Physique numérique

Présentation

Responsable UE: Jean Philippe Jay

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 55h

- > Électrostatique : lignes de champs, équipotentielles.
- > Thermodynamique.
- > Mécanique: calcul de trajectoires, balistique sans et avec frottement.
- > Mécanique, électricité: oscillations libres, amorties, forcées.
- > Oscillations linéaires et non linéaire
- > Ondes optiques, acoustiques ...
- > Mécanique - mouvement d'un satellite, loi des aires.
- > Mécanique quantique: puits de potentiel.

Objectifs

Le but de cet UE est d'apprendre à modéliser numériquement (avec Python) différents aspects des sciences physique déjà abordés durant le cursus de licence. Chacune des 10 séances de 5h30 sera un « mini projet ».

Pré-requis nécessaires

- > Tout le programme de physique de la licence
- > Outils fondamentaux L3 physique : connaissance de Python.
- > Intégration et dérivation
- > Equations différentielles
- > Equation aux dérivées partielles
- > Matrices, valeurs propres, vecteurs propres
- > Résolution de systèmes d'équations linéaires
- > Analyse spectrale
- > Fonctions spéciales
- > Séries et transformées de Fourier

Compétences visées

- > Utiliser un langage de programmation (Python)
- > Aborder un problème de physique et le modéliser.
- > Savoir analyser les résultats obtenus après simulation (physiquement acceptables? dépendances de paramètres arbitraires, ...)
- > Savoir présenter graphiquement les résultats obtenus
- > Avoir un esprit critique sur les résultats de simulation
- > Savoir importer un fichier de données expérimentales, les traiter, les présenter graphiquement
- > Savoir ajuster des résultats expérimentaux à un modèle ("fitter")
- > Savoir valider un modèle par comparaison de ses prévisions aux résultats expérimentaux et apprécier ses limites de validité
- > Savoir synthétiser un ensemble de résultats par écrit (rapport)
- > Développer une argumentation avec esprit critique.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Autre nature		70%	Devoir maison ou devoir surveillé
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	30%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	30%	
	Report de notes	Autre nature		70%	note CC reportée

Ondes et matière

Présentation

Responsables UE: Stéphane Rioual et Bruno Rouvellou

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 27h

Cours Magistral : 28h

- > Equations de propagation; Onde Plane Progressive Monochromatique, structure de l'onde; relation de dispersion, polarisation; transport d'énergie : vecteur de Poynting, impédance caractéristique, milieux dispersifs : vitesse phase/groupe, paquet d'ondes.
- > Ondes électromagnétique dans le vide (Rappel)
- > Ondes électromagnétique dans les milieu: (1) modèle de Drude Lorentz; (2) milieu diélectrique parfait (dispersion et absorption, type de polarisation; susceptibilité. permittivité), (3) milieu conducteur (épaisseur de peau , modèle de la conductivité statique), (4) milieu plasma
- > Application de l'équation d'Helmutz pour l'étude de la propagation dans des milieux à pertes
- > Reflexion d'une onde sur une interface
- > Ligne de transmission, en théorie des champs
- > Théorie des lignes de transmission

Pré-requis nécessaires

Électromagnétisme 2 du L2 (S4)

Compétences visées

- > Comprendre la notion d'onde
- > Savoir établir les équations d'ondes à partir des équations de Maxwell pour tous les milieux linéaires homogènes isotropes en distinguant les charges libres des charges liées.
- > Savoir décrire les solutions
- > Savoir caractériser les propriétés d'une onde et les relier à celles du milieu.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		1/6	CC Partie 1 Devoir maison ou devoir surveillé
	CC	Autre nature		1/6	CC Partie 2 Devoir maison ou devoir surveillé
	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	1/3	Partie 1. Note Partie 1 : max (CT1, 2/3 CT1+ 1/3 CC1)
	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	1/3	Partie 2. Note Partie 2 : max (CT2, 2/3 CT2+ 1/3 CC2). Note finale = (partie 1 + partie 2) / 2

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	2/3	Note finale = max (CT, 2/3 CT+ 1/6 CC1+1/6 CC2)
	Report de notes	Autre nature		1/6	note CC1 reportée
	Report de notes	Autre nature		1/6	note CC2 reportée

Physique statistique

Présentation

Responsable UE: Jean Philippe Jay

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 27.5h

Cours Magistral : 27.5h

- > Rappels et compléments sur les probabilités et les statistiques.
- > Description des états d'un système (quantique, classique). Particules discernables et indiscernables (fermions, bosons). Dénombrement des états. Densité d'états.
- > Postulat fondamental de la physique statistique. Situation microcanonique (système isolé). Entropie et température microcanonique. Distribution statistique d'une variable interne. Équilibre entre les sous-systèmes d'un système isolé. Système à 2 niveaux.
- > Situation canonique (système en contact avec un thermostat). Fonction de partition, énergie libre, énergie moyenne Description canonique des systèmes de particules indépendantes. Distribution canonique en mécanique classique. Théorème d'équipartition de l'énergie.
- > Applications de la description canonique : Gaz parfait monoatomique, théorie cinétique des gaz, oscillateur harmonique, spin 1/2 dans un champ magnétique,...

Pré-requis nécessaires

Physique

- > thermodynamique de L2
- > physique quantique de L2 et de L3 (S5)

Maths

- > dénombrement, probabilités et statistiques,
- > fonctions trigonométriques hyperboliques,
- > dérivées de fonctions composées,
- > intégrales des fonctions usuelles,
- > développements limités,
- > séries géométriques

Compétences visées

- > Savoir dénombrer les états d'un système de particules
- > Savoir définir la densité d'états
- > Savoir reconnaître les cas discernables et indiscernables
- > Prédire le comportement d'un système macroscopique à partir de ses éléments microscopiques
- > Comprendre la notion d'entropie statistique
- > Savoir utiliser le théorème d'équipartition de l'énergie
- > Savoir définir une température (ou une énergie) caractéristique associée à un degré de liberté
- > Appliquer les formalismes microcanonique et canonique pour calculer les propriétés thermodynamiques de systèmes physiques simples (système à 2 états, gaz parfait classique, oscillateur harmonique, ...)
- > Comprendre les comportements asymptotiques aux très hautes ou très basses températures
- > Faire le lien avec la thermodynamique de L2

Outils mathématiques nouveaux

- > méthode des multiplicateurs de Lagrange
- > fonction gamma

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Autre nature		1/3	Devoir maison ou devoir surveillé
UE	CT	Écrit - devoir surveillé	180	2/3	Note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC)

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note = max (CT, 2/3 CT + 1/3 CC)
	Report de notes	Autre nature		1/3	note CC reportée

Groupes et géométrie

Présentation

- Rappel sur les groupes.
- Engendrement du groupe orthogonal par les réflexions, groupe orthogonal en dimension 2 et 3.
- Opérations de groupes sur un ensemble, orbites, stabilisateurs, équation aux classes.
- Groupes abéliens finis.
- Groupes symétriques et alternés.
- Espaces affines, variétés affines, transformations affine et groupe affine. Barycentre, convexité.

6 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 24h

Travaux Dirigés : 30h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2\text{CT} + \text{CC})/3, \text{CT})$
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2\text{CT} + \text{CC})/3, \text{CT})$

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

Analyse numérique

Présentation

- Compléments sur les matrices : normes et suites de matrices, décomposition de Schur, décomposition en valeurs singulières.
- Les méthodes de Gauss et de Choleski.
- La méthode de Newton.
- Interpolation polynomiale, intégration numérique, schéma à un pas.

6 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 24h

Travaux Dirigés : 30h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2\text{CT} + \text{CC})/3, \text{CT})$
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

Topologie et calcul différentiel

Présentation

- Généralisation de la topologie dans \mathbb{R}^n aux espaces métriques et normés.
- Espaces complets, compacts, connexes.
- Applications linéaires continues entre espaces vectoriels normés.
- Approximation des fonctions continues : théorème de Bernstein-Weierstrass.
- Différentiabilité, différentielle.
 - Différentielles d'ordre supérieur. Formule de Taylor, théorème d'inversion locale et théorème des fonctions implicites.
- Théorème de Cauchy-Lipschitz.

6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 30h

Cours Magistral : 24h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2CT + CC)/3, CT)$
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	Note de l'UE = $\text{Max}((2CT + CC)/3, CT)$

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

Bloc transversal S6 MP**6 crédits ECTS**

Analyse fonctionnelle

Présentation

- Espaces préhilbertiens.
- Espaces de Hilbert.
- Théorème de projection orthogonale Bases hilbertiennes.
- Rappels sur l'espace L^2 .
- Séries de Fourier.
- Transformée de Fourier.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 11h

Travaux Dirigés : 11h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	2/3	Note de l'UE= $\text{Max}((2\text{CT}+ \text{CC})/3 , \text{CT})$
	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	1	

Anglais S6

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 16h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	CC	Ecrit et/ou Oral		100/100	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	CT	Oral	15	100/100	

Communication S6

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 12h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Ecrit et/ou Oral		50/100	
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	50/100	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	100/100	