



CentraleSupélec

# CATALOGUE DE COURS

## Diplôme d'Ingénieur Spécialité Physique

Première année

Campus de Metz de CentraleSupélec

dernière mise à jour : 12 août 2025

### Semestre 5

ISP-PHY-S05-14		<b>Physique S05</b>	<b>7 ECTS</b>
SPM-PHY-001	2	Physique Quantique 1	30.0 h
SPM-PHY-002	2	Physique Statistique	21.0 h
SPM-PHY-003	2	Electromagnetisme Avancé : Propagation et Guidage	18.0 h
SPM-PHY-004	0	Travaux Expérimentaux de Physique	12.0 h

ISP-PHY-S05-17		<b>Mathematiques S05</b>	<b>5 ECTS</b>
SPM-MAT-001	3	Mathématiques pour l'Ingénieur	36.0 h
SPM-MAT-002	2	Probabilités	24.0 h

ISP-PHY-S05-22		<b>Ingénierie et Systèmes S05</b>	<b>3 ECTS</b>
SPM-SIC-001	1.0	Signaux et Systèmes	36.0 h

ISP-PHY-S05-25		<b>Informatique et Données S05</b>	<b>5 ECTS</b>
SPM-INF-001	1	Logiciels Libres pour l'Ingénieur	13.5 h
SPM-INF-002	2	Python pour les Scientifiques	21.0 h
SPM-INF-003	2	Introduction à la Programmation C/C++	25.5 h

ISP-PHY-S05-27		<b>Projet et Recherche S05</b>	<b>3 ECTS</b>
SPM-NCL-001	1	Initiation à la Recherche 1	12.0 h
SPM-HEP-002	1	Projet Dissémination Scientifique	12.0 h
SPM-PRJ-007	1	Projet Scientifique Collaboratif 1	15.5 h

ISP-PHY-S05-08		<b>Humanités Entreprises Professionnalisation S05</b>	<b>3 ECTS</b>
SPM-HEP-001	1	Communication Orale et Ecrite	15.0 h
SPM-HEP-003	1	Ingénieur, Environnement et Société	12.0 h
SPM-HEP-008	1	Gestion de projet	15.0 h
1SL9000	P/F	Éducation Physique et Sportive S05	21.0 h

ISP-PHY-S05-02		<b>Langues S05</b>	<b>4 ECTS</b>
LV1S05	1	Langues Vivantes et Culture 1	21.0 h
LV2S05	1	Langues Vivantes et Culture 2	21.0 h

## Semestre 6

ISP-PHY-S06-15	<b>Physique S06</b>		<b>5 ECTS</b>
SPM-PHY-009	2	Introduction à la Physique de la Matière Condensée et aux Nanosciences	30.0 h
SPM-PHY-010	1	Domaines Emergents de la Physique	12.0 h
SPM-PHY-011	2	Physique Quantique 2	24.0 h

ISP-PHY-S06-18	<b>Mathematiques S06</b>		<b>4 ECTS</b>
SPM-MAT-003	1	Statistiques	25.5 h
SPM-MAT-005	1	Méthodes Numériques pour la Discrétisation des Equations Physiques	24.0 h

ISP-PHY-S06-20	<b>Génie Physique S06</b>		<b>4 ECTS</b>
SPM-PHY-005	1	<i>Biophysique - Modélisation et Mesure pour les biotechnologies</i>	27.0 h
SPM-PHY-008	1	<i>Physique des Systèmes Complexes</i>	24.0 h
SPM-PHY-006	1	<i>Physique Non-linéaire</i>	24.0 h
SPM-PHY-007	1	<i>Biophysique - Ingénierie des Bio-procédés</i>	21.5 h

ISP-PHY-S06-23	<b>Ingénierie et Systèmes S06</b>		<b>6 ECTS</b>
SPM-AUT-001	1	Systèmes et Modélisation	36.0 h
SPM-ELE-001	1	Electronique	33.0 h

ISP-PHY-S06-28	<b>Projet et Recherche S06</b>		<b>3 ECTS</b>
SPM-NCL-002	1	Initiation à la Recherche 2	13.5 h
SPM-HEP-009	1	Projet Dissémination Scientifique	14.0 h
SPM-PRJ-008	1	Projet Scientifique Collaboratif 2	15.5 h

ISP-PHY-S06-09	<b>Humanités Entreprises Professionnalisation S06</b>		<b>4 ECTS</b>
SPM-HEP-005	1	Systèmes économiques, industriels et financiers	18.0 h
SPM-HEP-006	1	Communs	12.0 h
SPM-HEP-023	1	Préparation au recrutement	15.0 h
1SL9000	P/F	Éducation Physique et Sportive S06	21.0 h
SPM-STA-001	P/F	Stage d'Exécution	0.0 h

ISP-PHY-S06-03	<b>Langues S06</b>		<b>4 ECTS</b>
LV1S06	1	Langues Vivantes et Culture 1	21.0 h
LV2S06	1	Langues Vivantes et Culture 2	21.0 h

---

## PHYSIQUE QUANTIQUE 1

**Responsable de cours :** Damien Rontani

**Total :** 30.0 h

**CM :** 16.5 h, **TD :** 12.0 h

SPM-PHY-001

[retour](#)

**Description :** Le cours de Physique Quantique 1, proposé dans le tronc commun de première année, vise à introduire les concepts fondamentaux de la physique ondulatoire ainsi que le formalisme mathématique moderne de la physique quantique, notamment l'équation de Schrödinger. Les étudiants acquerront une compréhension solide des phénomènes quantiques essentiels et apprendront à utiliser les outils mathématiques propres à la mécanique quantique, notamment l'algèbre des opérateurs et leurs propriétés. Le cours s'appuiera sur les expériences clés ayant fondé la théorie quantique (expérience des doubles fentes, effet photoélectrique, expérience de Stern-Gerlach) pour présenter les postulats fondamentaux de la mécanique quantique et justifier le passage du formalisme classique au formalisme quantique. Les notions de quantification du moment cinétique orbital et du spin seront abordées, avec leur utilisation pour l'étude des systèmes à deux niveaux et une première description de l'atome d'hydrogène. Enfin, plusieurs applications concrètes seront étudiées pour illustrer la portée de ces concepts, notamment le MASER, l'horloge atomique, ainsi que la Résonance Magnétique Nucléaire (RMN). Ce cours constitue un socle indispensable pour la compréhension des systèmes quantiques et prépare aux enseignements avancés en physique, photonique, nanotechnologies, ou ingénierie quantique.

### **Bibliographie :**

- Ref. [1] : C. Cohen-Tannoudji, F. Lalœ, B.Diu, Mécanique Quantique – Tome 1, EDP Science CNRS Edition (2018)
- Ref. [2] : J.-L. Basdevant, J. Dalibard, Mécanique Quantique, Ellipse Edition (2006)

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours, les étudiants seront capable de : AA1 : Comprendre et mettre en oeuvre les postulats fondamentaux de la mécanique quantique – AA2 : Comprendre et Appliquer la théorie du moment cinétique – AA3 : Résoudre un problème de physique ondulatoire en appliquant l'Equation de Schrödinger – AA4 : Appliquer le formalisme quantiques à des systèmes quantiques simples – AA5 : Expliquer les expériences fondatrices de la mécanique quantique

**Modalités d'évaluation :** Examen écrit de 1h30, rattrapable.

### **Compétences évaluées :**

- Modélisation Physique

---

### **CM :**

1. Introduction à la Mécanique Quantique et rappels de physique ondulatoire (3.0 h)
2. Postulats de la Mécanique Quantique (1.5 h)
3. Algèbre d'Opérateurs - Commutation des Observables (1.5 h)
4. Quantification du moment cinétique (3.0 h)
5. Moment cinétique de Spin - Systèmes à deux niveaux (3.0 h)
6. Potentiel central et atome d'hydrogène (1.5 h)
7. Introduction à l'ingénierie quantique (3.0 h)

**TD :**

1. Introduction à la Mécanique Quantique et rappels de physique ondulatoire (1.5 h)
2. Postulats de la Mécanique Quantique (1.5 h)
3. Algèbre d'Opérateurs - Commutation des Observables (1.5 h)
4. Quantification du moment cinétique (1.5 h)
5. Moment cinétique de Spin - Systèmes à deux niveaux (1.5 h)
6. Potentiel central et atome d'hydrogène (1.5 h)
7. Introduction à l'ingénierie quantique (3.0 h)

---

## PHYSIQUE STATISTIQUE

**Responsable de cours :** Nicolas Marsal

**Total :** 21.0 h

**CM :** 15.0 h, **TD :** 4.5 h

SPM-PHY-002

[retour](#)

**Description :** La physique statistique est un des piliers de la physique moderne avec la mécanique quantique et la relativité. L'intérêt de cette physique est d'étudier le comportement collectif de systèmes constitués d'un grand nombre de particules, avec pour objectif d'établir une corrélation entre les comportements physiques macroscopiques et les lois microscopiques qui gouvernent l'évolution de leurs constituants. C'est donc en on conjuguant des principes extraits de la thermodynamique (macroscopique) que nous descendrons à l'échelle micro pour étudier comme se distribuent la matière et son énergie.

### **Bibliographie :**

- Ref. [1] : C. Ngô and H. Ngô, Physique Statistique, Dunod, 3eme Ed. (2008)
- Ref. [2] : B. Diu, C. Guthmann, D. Lederer, B ; Roulet, Physique Statistique, Hermann, (1997)

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours, les étudiants pourront : AA1 : Comprendre les concepts fondamentaux de la physique et de la thermodynamique statistique – AA2 : Utiliser des distributions statistiques pour décrire les états microscopiques des systèmes – AA3 : Comprendre et d'analyser les différents ensembles : canonique, grand canonique et microcanonique et leurs utilisations pour décrire des systèmes physiques dans différentes conditions – AA4 : Calculer des fonctions de distribution et des fonctions de partition pour décrire l'équilibre statistique des systèmes – AA5 : Résoudre des problèmes appliquer les concepts appris pour résoudre des problèmes concrets liés à la physique statistique

**Modalités d'évaluation :** Examen écrit de 1h30, rattrapable.

### **Compétences évaluées :**

- Modélisation Physique

---

### **CM :**

1. Introduction (1.5 h)
2. Rappels de thermodynamique (1.5 h)
3. Ensemble microcanonique (partie 1) (1.5 h)
4. Ensemble microcanonique (partie 2) (1.5 h)
5. Ensemble canonique (1.5 h)
6. Thermodynamique des gaz (1.5 h)
7. Vibrations du réseau cristallin des solides, phonons (partie 1) (1.5 h)
8. Vibrations du réseau cristallin des solides, phonons (partie 2) (1.5 h)
9. Ensemble grand canonique (partie 1) (1.5 h)
10. Ensemble grand canonique (partie 2) (1.5 h)

**TD :**

1. Ensemble canonique (1.5 h)
2. Ensemble grand canonique (1.5 h)
3. Préparation avant exam (1.5 h)

---

## ELECTROMAGNETISME AVANCÉ : PROPAGATION ET GUIDAGE

**Responsable de cours :** Delphine Wolfersberger, Nacera Bouldja

**Total :** 18.0 h

**CM :** 12.0 h, **TD :** 6.0 h

SPM-PHY-003

*retour*

**Description :** L'électromagnétisme est une discipline de base de la physique présente dans de nombreux secteurs industriels à forte valeur technologique. Ce cours abordera de nombreuses applications dans des domaines variés comme le secteur des télécommunications ou la photonique et montrera ainsi la diversité des postes où intervient l'électromagnétisme. Ce cours donnera un socle de connaissance de base en électromagnétisme à travers différents exemples choisis (ex. : propagation, guidage, modulation)

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours, les étudiants pourront : AA1 : aborder et résoudre, à partir des équations de Maxwell, des problèmes d'électromagnétisme en propagation libre et guidée – AA2 : Acquisition des notions de base du formalisme de l'Optique Non-linéaire leur permettant de comprendre le fonctionnement de composants utilisant des matériaux optiques non linéaires, par exemple du type modulateurs.

**Compétences évaluées :**

- Conception Génie Physique
- Modélisation Physique

---

**CM :**

1. Equations de Maxwell – Potentiels et invariance de Jauge (1.5 h)
2. Solutions des équations de Maxwell dans le vide (1.5 h)
3. Equations de Maxwell dans les milieux - Solutions de l'équation de propagation (1.5 h)
4. Energie électromagnétique – Vecteur de Poynting (1.5 h)
5. Introduction à l'optique non linéaire – Propriétés optiques des matériaux (3.0 h)
6. Modulation optique (3.0 h)

**TD :**

1. Propagation libre - Duplexeur optique - Faisceaux Gaussiens (3.0 h)
2. Propagation Guidée - Fibres optiques (1.5 h)
3. Modulateur électro-optique (1.5 h)

---

## TRAVAUX EXPÉRIMENTAUX DE PHYSIQUE

**Responsable de cours :** Damien Rontani, Nicolas Marsal

**Total :** 12.0 h

**TP :** 12.0 h

SPM-PHY-004

*retour*

**Description :** Les Travaux expérimentaux (TrEx) de physique visant à illustrer les concepts de physique quantique, de physique statistique et d'électromagnétisme avancé. Les étudiants auront l'opportunité, entre autres, d'être initiés au microscope à effet tunnel (STM), un instrument emblématique de la microscopie à l'échelle atomique. Ils découvriront le principe de fonctionnement du STM, sa mise en œuvre expérimentale, et analyseront des images obtenues sur des surfaces cristallines. Ils exploreront également l'effet Zeeman, un phénomène fondamental de la physique atomique correspondant au dédoublement des raies spectrales sous l'effet d'un champ magnétique. Par l'observation et l'analyse de spectres, les étudiants étudieront l'influence d'un champ externe sur les niveaux d'énergie atomiques et approfondiront leur compréhension de la structure de l'atome. En physique statistique, ils auront l'occasion d'explorer numériquement le modèle d'Ising, un modèle emblématique permettant de décrire le comportement collectif des spins dans un système magnétique. Ils chercheront notamment à déterminer la transition de phase entre les états paramagnétique et ferromagnétique. Enfin, en électromagnétisme, les étudiants réaliseront une expérience de transmission d'information sur fibre optique, mettant en application leurs connaissances en modulation et en propagation guidée.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce module, les étudiants pourront : AA1 : mettre en perspective leurs connaissances théoriques dans le cadre d'applications technologiques (ex. : l'effet tunnel quantique appliqué à la microscopie) – AA2 : relier des concepts fondamentaux de mécanique quantique à une application expérimentale concrète – AA3 : développer une première approche critique de l'analyse de données scientifiques – AA4 : simuler numériquement des systèmes en interaction et comparer des prédictions analytiques et numériques.

---

### TP :

1. TREX Physique Quantique (1) (3.0 h)
2. TREX Physique Quantique (2) (3.0 h)
3. TREX Physique Statistique (3.0 h)
4. TREX Electromagnétisme (3.0 h)

---

## MATHÉMATIQUES POUR L'INGÉNIEUR

**Responsable de cours :** Michel Barret

**Total :** 36.0 h

**CM :** 18.0 h, **TD :** 15.0 h

SPM-MAT-001

*retour*

**Description :** Dans ce cours, les étudiants devront acquérir et maîtriser les formalismes, concepts et résultats mathématiques utilisés dans la modélisation de systèmes ou de phénomènes physiques et en sciences pour l'ingénieur. Cela inclut en particulier un niveau avancé en algèbre linéaire et la connaissance approfondie de la théorie de la mesure, de l'intégration de Lebesgue, de la transformation de Fourier et du calcul différentiel.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves maîtriseront les formalismes, concepts et résultats mathématiques utilisés dans la modélisation de systèmes ou de phénomènes physiques et en sciences pour l'ingénieur. Ils auront un niveau avancé en algèbre linéaire et une connaissance approfondie de la théorie de la mesure, de l'intégration de Lebesgue, de la transformée de Fourier et du calcul différentiel

**Modalités d'évaluation :** Examen écrit de 3h, rattrapable.

---

### CM :

1. Théorie de la mesure, intégrale de Lebesgue 1/2 (1.5 h)
2. Théorie de la mesure, intégrale de Lebesgue 2/2 (1.5 h)
3. Mesures sur des espaces produits (1/2) (1.5 h)
4. Mesures sur des espaces produits (2/2) (1.5 h)
5. Rappels et compléments d'algèbre linéaire 1/2 (1.5 h)
6. Rappels et compléments d'algèbre linéaire 2/2 (1.5 h)
7. Espaces vectoriels normés 1/2 (1.5 h)
8. Espaces vectoriels normés 2/2 (1.5 h)
9. Transformation de Fourier 1/2 (1.5 h)
10. Transformation de Fourier 2/2 (1.5 h)
11. Calcul différentiel 1/2 (1.5 h)
12. Calcul différentiel 2/2 (1.5 h)

### TD :

1. Théorie de la mesure, intégrale de Lebesgue 1/2 (1.5 h)
2. Théorie de la mesure, intégrale de Lebesgue 2/2 (1.5 h)
3. Mesures sur des espaces produits (1/2) (1.5 h)
4. Mesures sur des espaces produits (2/2) (1.5 h)
5. Rappels et compléments d'algèbre linéaire 1/2 (1.5 h)
6. Rappels et compléments d'algèbre linéaire 2/2 (1.5 h)
7. Espaces vectoriels normés (1.5 h)
8. Transformation de Fourier 1/2 (1.5 h)
9. Transformation de Fourier 2/2 (1.5 h)
10. Calcul différentiel (1.5 h)



---

## PROBABILITÉS

**Responsable de cours :** Michel Barret

**Total :** 24.0 h

**CM :** 12.0 h, **TD :** 10.5 h

SPM-MAT-002

*retour*

**Description :** À l'issue du cours de probabilité du tronc commun, les élèves maîtriseront les concepts d'expérience aléatoire, d'espace probabilisé, de loi de probabilité, de variables aléatoires (VA), de conditionnement et d'indépendance de VA. Ils sauront construire un espace probabilisé adapté à une expérience aléatoire (et inversement), calculer et utiliser les moments de VA réelles ou complexes, reconnaître et utiliser la structure d'espace de Hilbert des VA complexes du second ordre, identifier et utiliser les différentes représentations de lois de probabilité (fonction de répartition, densité de probabilité, fonctions caractéristiques, ...), identifier des modèles de lois de probabilité (Bernoulli, binomiale, Poisson, gaussienne, etc.), reconnaître et utiliser les différents types de convergence de suites de VA. Enfin, ils sauront justifier et appliquer les théorèmes fondamentaux de la théorie des probabilités (théorème central limite, loi des grands nombres, etc.), reconnaître et utiliser le concept d'espérance conditionnelle.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves sauront : utiliser les concepts d'expérience aléatoire, d'espace probabilisé, de loi de probabilité, de variables aléatoires (VA), de conditionnement et d'indépendance de VA ; construire un espace probabilisé adapté à une expérience aléatoire et inversement ; calculer et utiliser les moments de VA réelles ou complexes ; reconnaître et utiliser la structure d'espace de Hilbert des VA complexes du second ordre ; identifier et utiliser les différentes représentations de lois de probabilité (fonction de répartition, densité de probabilité, fonctions caractéristiques, ...) ; identifier des modèles de lois de probabilité (Bernoulli, binomiale, Poisson, gaussienne, etc.) ; reconnaître et utiliser les différents types de convergence de suites de VA ; justifier et appliquer les théorèmes fondamentaux de la théorie des probabilités (théorème central limite, loi des grands nombres, etc.) ; reconnaître et utiliser le concept d'espérance conditionnelle.

**Modalités d'évaluation :** Examen écrit de 1h30, rattrapable.

---

### CM :

1. Introduction aux espaces probabilisés 1/2 (1.5 h)
2. Introduction aux espaces probabilisés 2/2 (1.5 h)
3. Moments des variables aléatoires 1/2 (1.5 h)
4. Moments des variables aléatoires 2/2 (1.5 h)
5. Fonctions caractéristiques et suites de VA indépendantes 1/2 (1.5 h)
6. Fonctions caractéristiques et suites de VA indépendantes 2/2 (1.5 h)
7. Loi et espérance conditionnelle 1/2 (1.5 h)
8. Loi et espérance conditionnelle 2/2 (1.5 h)

### TD :

1. Introduction aux espaces probabilisés (1.5 h)
2. Moments des variables aléatoires 1/2 (1.5 h)
3. Moments des variables aléatoires 2/2 (1.5 h)
4. Fonctions caractéristiques et suites de VA indépendantes 1/2 (1.5 h)
5. Fonctions caractéristiques et suites de VA indépendantes 2/2 (1.5 h)

6. Loi et espérance conditionnelle 1/2 (1.5 h)
7. Loi et espérance conditionnelle 2/2 (1.5 h)

**Responsable de cours :** Stéphane Rossignol

**Total :** 36.0 h

**CM :** 18.0 h, **TD :** 6.0 h, **TP :** 12.0 h

SPM-SIC-001

*retour*

**Description :** Le monde numérique produit des volumes importants de données de toutes sortes (audio, images, vidéo, mesures physiques) associées aux activités humaines dans des domaines aussi variés que la santé, les télécommunications, l'industrie ou l'environnement. L'extraction d'information de ces signaux est de plus en plus nécessaire pour : la prise de décision (ex. diagnostic médical), le codage de l'information (ex. compression de données), l'analyse de phénomènes physiques (ex. détection de défauts mécaniques), la restauration de signaux (ex. suppression de bruits parasites d'un signal audio). Le cours commencera par présenter les notions de base sur les signaux (notamment, concernant les distributions) et les systèmes linéaires et invariants (convolution, etc.). Puis on abordera tout ce qui concerne l'énergie (corrélations, rapport signal sur bruit). Alors, la transformée de Fourier des signaux analogiques pourra être abordée, ainsi que les représentations spectrales utilisées pour les systèmes analogiques (dans le cadre du filtrage, par exemple). Ensuite, il s'agira d'examiner ce qui se passe quand on discrétise les signaux et quand on considère des systèmes numériques (Shannon, Gabor ; transformée de Fourier des signaux discrets ; Fast Fourier Transform). Pour finir, on étudiera la transition inverse, c'est-à-dire passer du numérique vers l'analogique, puis on étudiera les changements de fréquence d'échantillonnage.

**Bibliographie :**

- Ref. [1] : A.V. Oppenheim and R.W. Schaffer, Discrete Time Signal Processing, Prentice Hall, 3rd Ed. (2009)

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours de première année, l'étudiant sera en mesure de comprendre et d'utiliser les méthodes de traitement du signal pour résoudre différents problèmes des sciences de l'information comme la transmission de l'information, le débruitage de signaux, l'estimation de paramètres physiques et l'analyse spectrale. Ces problèmes apparaissent dans des applications aussi variées que la reconnaissance automatique de la parole, la reconnaissance automatique d'enregistrements musicaux, la localisation de sources en radar, l'analyse de données climatiques, la reconstruction d'images médicales en IRM, la détection d'ondes gravitationnelles en astrophysique, le développement des réseaux cellulaires de futures générations (5G, IoT).

**Modalités d'évaluation :** Rapports de TP

---

**CM :**

1. Introduction (1.5 h)
2. Notions sur les signaux (distributions) (1.5 h)
3. Notions sur les systèmes (systèmes linéaires et invariants, convolution) (1.5 h)
4. Énergie/(Auto/Inter)Corrélations/Rapport signal sur bruit (1.5 h)
5. Transformée de Fourier (signal analogique) (1.5 h)
6. Représentation spectrale des signaux/Shannon/Gabor (1.5 h)
7. Représentation spectrale des systèmes/Filtrage (1.5 h)
8. Transformée de Fourier (signal discret) (1.5 h)
9. Interpolation et blocage (1.5 h)
10. Réduction de cadence (cadence=fréquence d'échantillonnage) (1.5 h)
11. Élévation de cadence (1.5 h)
12. Analyse spectrale (1.5 h)

**TD :**

1. Intervention Industrielle (1.5 h)
2. Signaux de base (1.5 h)
3. Aspects temporels (1.5 h)
4. Aspects fréquentiels (1.5 h)

**TP :**

1. Opérations de base sur les signaux (3.0 h)
2. Classification des signaux (domaine temporel) (3.0 h)
3. Aspects fréquentiels (3.0 h)
4. Application : détection de pitch (3.0 h)

---

## LOGICIELS LIBRES POUR L'INGÉNIEUR

**Responsable de cours :** Jérémy Fix

**Total :** 13.5 h

**CM :** 1.5 h, **TP :** 12.0 h

---

SPM-INF-001

*[retour](#)*

**Description :** Ce cours présente les outils principaux du monde des logiciels libres utiles à un ingénieur. On abordera l'utilisation de bash pour interagir avec le système, la philosophie des outils GNU et la manière de les combiner (pipelines, redirection d'IO, ...). On verra à cette occasion comment combiner différents outils git, python, awk, sed, lynx, ffmpeg, make en les mettant en oeuvre pour la réalisation de deux projets. L'évaluation se fera sur la base des comptes rendus des TPs.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves seront à même d'interagir avec un ordinateur sous linux, en invoquant et articulants des outils du logiciel libre via un interpréteur de commande de type bash.

**Modalités d'évaluation :** Compte rendu de TPs

**Ressources externes :**

— [Site du cours](#)

---

**CM :**

1. Introduction à Linux (1.5 h)

**TP :**

1. Linux, Shell, GIT (4.0 h)
2. Eruption solaire (4.0 h)
3. Météo (4.0 h)

---

## PYTHON POUR LES SCIENTIFIQUES

**Responsable de cours :** Jérémy Fix

**Total :** 21.0 h

**CM :** 3.0 h, **TP :** 18.0 h

SPM-INF-002

[retour](#)

**Description :** Cette unité d'enseignement vise à former les étudiants avec un peu de cours mais surtout beaucoup de mise en oeuvre aux outils de l'écosystème python pour les scientifiques. On y abordera donc l'utilisation des bibliothèques spécialisées pour quelques grandes thématiques : le calcul scientifique avec Numpy, le traitement du signal avec Scipy, la gestion et le traitement de grandes masses de données avec pandas, la mise en forme des résultats avec matplotlib ainsi qu'une introduction à l'apprentissage automatique avec scikit-learn.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves seront à même de mobiliser les outils de l'écosystème python pour les parties expérimentales de leurs activités scientifiques.

**Modalités d'évaluation :** Rapports de TP

**Compétences évaluées :**

- Modélisation Physique

**Ressources externes :**

- [Site du cours](#)

---

**CM :**

1. Calcul scientifique (1.5 h)
2. Gestion de données, visualisation (1.5 h)

**TP :**

1. Manipulation des tableaux, Calculs matriciels (3.0 h)
2. Problèmes d'optimisation (3.0 h)
3. Traitement du signal : Fourier, convolution (3.0 h)
4. Pré-traitement d'une grande base de données avec pandas (3.0 h)
5. Tests statistiques (3.0 h)
6. Apprentissage automatique (3.0 h)

---

## INTRODUCTION À LA PROGRAMMATION C/C++

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet

**Total :** 25.5 h

**CM :** 10.5 h, **TD :** 3.0 h, **TP :** 12.0 h

---

SPM-INF-003

*retour*

**Description :** Ce cours aborde la programmation C en se focalisant sur le fil d'exécution (boucles, appels de fonction, fonctions récursives), la manipulation de mémoire (types structurés, pointeurs, pile et tas, représentations binaires). Les premiers jalons d'une conception objet (encapsulation sans la syntaxe d'un langage objet comme C++). Ce cours abordera également les aspects liés à la compilation séparée (headers, variables externes, linkage, bibliothèques dynamiques...).

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves sauront écrire, compiler et debugger des programmes C/C++ impliquant les éléments de base du langage.

**Modalités d'évaluation :** Évaluation à partir des participations aux manipulations (TP) et des résultats rendus.

**Ressources externes :**

— [C++ web pages](#)

---

**CM :**

1. Fil d'exécution, pile 1/2 (1.5 h)
2. Fil d'exécution, pile 2/2 (1.5 h)
3. Organiser la mémoire 1/2 (1.5 h)
4. Organiser la mémoire 2/2 (1.5 h)
5. Compilation séparée (1.5 h)
6. Définition de types et encapsulation (1.5 h)
7. STL et smart pointers (1.5 h)

**TD :**

1. Collections 1/2 (1.5 h)
2. Collections 2/2 (1.5 h)

**TP :**

1. Fil d'exécution, pile (4.0 h)
2. Ranges (4.0 h)
3. Simulateur de réseaux de Petri (4.0 h)



---

## INITIATION À LA RECHERCHE 1

**Responsable de cours :** Nicolas Marsal

**Total :** 12.0 h

**CM :** 6.0 h, **TD :** 4.5 h, **TP :** 1.5 h

SPM-NCL-001

*retour*

**Description :** Ce module d'initiation à la recherche offre aux étudiants une introduction pratique et théorique aux principes fondamentaux de la recherche académique. En explorant les différentes étapes du processus de recherche, de la formulation d'une question de recherche à la communication des résultats, les étudiants acquerront les compétences essentielles pour mener des projets de recherche efficaces. Grâce à des exercices pratiques, des études de cas et des discussions en classe, les participants seront familiarisés avec les méthodes de collecte et d'analyse des données, ainsi qu'avec les normes éthiques et les meilleures pratiques de recherche. Ce module offre une base solide pour ceux qui souhaitent poursuivre des études supérieures ou s'engager dans des projets de recherche indépendants.

**Acquis d'apprentissage :** Les acquis d'apprentissage de ce module incluent la capacité à formuler des questions de recherche pertinentes, à concevoir des méthodologies de recherche appropriées, à collecter et analyser des données de manière rigoureuse, ainsi qu'à interpréter et communiquer les résultats de manière claire et cohérente. Les étudiants apprendront également à évaluer de manière critique la littérature existante, à respecter les normes éthiques de la recherche et à travailler de manière collaborative...

**Modalités d'évaluation :** Modalité d'évaluation spécifique imposée par les différents intervenants

**Compétences évaluées :**

- Recherche / Innovation
- Business Intelligence

---

**CM :**

1. Le métier de Chercheur-1/2 (1.5 h)
2. Le métier de Chercheur-2/2 (1.5 h)
3. Rédaction scientifique 1/2 (1.5 h)
4. Rédaction scientifique 2/2 (1.5 h)

**TD :**

1. Reviewing d'Article 1/2 (1.5 h)
2. Reviewing d'Article 2/2 (1.5 h)
3. Poster de présentation de l'article en Anglais (1.5 h)

**TP :**

1. Speed meeting (1.5 h)

---

## PROJET DISSÉMINATION SCIENTIFIQUE

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet, Virginie Galtier

**Total :** 12.0 h

**Projet :** 12.0 h

---

SPM-HEP-002

*retour*

**Description :** Formation à la communication orale, à la pédagogie, par une préparation et une mise en situation. Les élèves conçoivent une intervention pédagogique auprès d'élèves d'école élémentaire, sur un thème scientifique/technologique (codage, physique, math. . .). Il s'agira de réaliser les supports et d'intervenir dans les classes (CM1, CM2), sous la supervision de l'enseignant de la classe. Ce projet pourra impliquer le FabLab. En semestre 5, les élèves définissent le contenu de leur intervention, les outils pédagogiques, et sont évalués par la rédaction d'une fiche de cours précise (contenu, matériel nécessaire, attendus). Cette activité s'inscrit dans le cadre des projets EntreElèves (collaboration avec la cité Éducative Metz-Borny).

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves auront eu l'expérience de devoir construire une communication adaptée à un public très différent d'eux, en ayant effectué des choix pédagogiques pour réussir à faire passer le message. Ils auront eu également une expérience exigeante d'une situation de communication réelle, qui implique une certaine forme de charisme.

**Modalités d'évaluation :** Rapport décrivant l'intervention en classe prévue

**Compétences évaluées :**

- Management
- Business Intelligence

---

## PROJET SCIENTIFIQUE COLLABORATIF 1

**Responsable de cours :** Damien Rontani

**Total :** 15.5 h

**Projet :** 15.5 h

SPM-PRJ-007

[retour](#)

**Description :** Le sujet de projet s'inscrit dans la spécialité en génie physique proposée. Il s'étale sur deux semestres, S05 et S06, sous la forme d'un travail en deux phases complémentaires. Il peut être proposé par l'équipe enseignante, un partenaire industriel ou académique, ou encore défini par les étudiants eux-mêmes autour d'un sujet personnalisé. Le Projet Scientifique Collaboratif (PSC) mobilise les compétences développées dans le cours d'Initiation à la Recherche, suivi également sur les semestres S05 et S06. Il se structure ainsi : En S05, les étudiants se concentrent sur une recherche bibliographique approfondie, permettant de poser les bases scientifiques et techniques du projet, d'identifier les enjeux actuels du domaine concerné, et de formuler une problématique claire et argumentée. En S06, le travail se poursuit par la mise en œuvre expérimentale, numérique ou théorique des solutions envisagées, l'analyse critique des résultats obtenus, et la valorisation des travaux sous deux formes : (i) une communication scientifique orale, destinée à un public académique ; (ii) une production de vulgarisation numérique (ex. : vidéo, animation scientifique, article de blog), accessible au grand public, présentant de façon concise l'objet du projet et les résultats obtenus..

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue du projet, les étudiants seront capables de : AA1 : Rechercher, analyser et synthétiser des informations scientifiques issues de l'état de l'art – AA2 : Définir une problématique et concevoir une démarche de résolution adaptée – AA3 : Mettre en œuvre une investigation scientifique (expérimentale, numérique ou théorique) – AA4 : Interpréter les résultats obtenus de manière critique – AA5 : Communiquer efficacement les résultats du projet à l'écrit et à l'oral, aussi bien à un public scientifique qu'à un public non spécialiste – AA6 : Collaborer efficacement au sein d'une équipe projet en faisant preuve d'autonomie, d'organisation et de responsabilité..

**Modalités d'évaluation :** Rapport de projet, Livrables (ex. : code informatique, prototype expérimental, archives multimédia) et Soutenance Orale

**Compétences évaluées :**

- Conception Génie Physique
- Modélisation Physique
- Traitement Données
- Management
- Business Intelligence

---

## COMMUNICATION ORALE ET ÉCRITE

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet, Damien Rontani

**Total :** 15.0 h

**CM :** 4.0 h, **TP :** 11.0 h

SPM-HEP-001

*retour*

**Description :** Ce cours fournit des clés pour la communication orale et écrite en contexte académique et professionnel. Côté oral, les étudiants apprendront à prendre la parole en public, animer des réunions et mener des entretiens, gérer leur temps d'intervention et s'adapter aux situations de visioconférence. Côté écrit, ils s'exerceront à la rédaction de documents variés (rapports techniques ou scientifiques, comptes rendus, cahiers des charges, réponses à des appels à projets...), en soignant la structuration et la clarté sur le fond, et en s'appuyant sur les outils adéquats pour la mise en forme.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves sauront communiquer de manière claire, efficace et professionnelle dans des situations variées, tant à l'écrit qu'à l'oral.

**Modalités d'évaluation :** Évaluation à partir des participations (TD/TP) et des résultats rendus (dont une vidéo de pitch captée sans reprise)

**Compétences évaluées :**

- Management

---

**CM :**

1. Principes de communication orale (4.0 h)

**TP :**

1. Communication écrite, Latex (3.0 h)
2. mise en pratique 1 (4.0 h)
3. mise en pratique 2 (4.0 h)

**Description :** Ce cours vise à doter les étudiants de fondamentaux scientifiques concernant les cycles de vie des ressources (énergétiques et non énergétiques : production/extraction, consommation, fin de vie), leurs impacts en matière de climat et biodiversité, en lien avec les enjeux démographiques et géopolitiques du 21ème siècle.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves connaîtront les défis planétaires pour l'humanité et son environnement au 21ème siècle et auront eu un aperçu de leurs leviers d'actions en tant que citoyens et ingénieurs.

**Modalités d'évaluation :** évaluation de la participation (présence obligatoire et contrôlée) et d'une note de prise de recul.

---

**CM :**

1. Humanité et défis planétaires du 21ème siècle (2.0 h)
2. énergie climat (2.0 h)
3. Exploitation des ressources minérales ou Cycles de l'eau (2 CM en parallèle, au choix des élèves) (2.0 h)

**TD :**

1. Transition vers une ville durable (2.0 h)

**TP :**

1. visite à l'extérieur (2 sites en parallèle, selon le choix au cours précédent) (4.0 h)

---

## GESTION DE PROJET

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet, Damien Rontani

**Total :** 15.0 h

**CM :** 12.0 h

SPM-HEP-008

[retour](#)

**Description :** Ce cours vise à rendre les élèves plus efficaces dans la conduite de leurs projets en leur fournissant des cadres méthodologiques et des outils pratiques. Ils apprendront à planifier, organiser, suivre et piloter un projet et une équipe dans différents contextes. Ce cours sera complété par celui de ■ management ■ qui se concentrera davantage sur la gestion humaine des individus et des groupes.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours les élèves maîtriseront les fondamentaux des outils et méthodes de gestion de projet, leur permettant de piloter efficacement toutes les phases d'un travail collectif.

**Modalités d'évaluation :** Étude de cas

**Compétences évaluées :**

— Management

---

**CM :**

1. Définitions d'un projet (3.0 h)
2. Recueil et analyse des besoins (3.0 h)
3. Conception et réalisation de la solution (3.0 h)
4. Mise en œuvre et déploiement (3.0 h)

---

## ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE S05

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet

**Total :** 21.0 h

**TD :** 21.0 h

---

1SL9000

*retour*

**Description :** Au-delà du développement des compétences motrices (physiques, techniques et tactiques) les enseignements d'éducation physique et sportive ont pour objectifs de permettre aux étudiants de développer leurs compétences personnelles de connaissance et de contrôle de soi mais aussi leurs compétences relationnelles (collaboration au sein de l'équipe, écoute, communication, animation, ...).

---

**TD :**

1. Cours de sport (21.0 h)

---

## LANGUES VIVANTES ET CULTURE 1

**Responsable de cours :** Elisabeth Leuba

**Total :** 21.0 h

**TD :** 21.0 h

LV1S05

[retour](#)

**Description :** La Langue Vivante 1 sera généralement l'anglais. Répartis par niveau, les étudiants travailleront non seulement les 4 compétences langagières mais aborderont aussi des sujets variés qu'ils approfondiront suivant leur niveau. Les sujets traités peuvent être d'ordre civilisationnel, sociétal, professionnel, etc. Les effectifs des groupes constitueront un environnement propice à une participation active et une progression conséquente dans la langue. Différentes méthodes pédagogiques seront utilisées : travail en groupe, exposés, exercices spécifiques, recherche, débats, etc.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, l'élève aura progressé pour communiquer dans un environnement universitaire, professionnel ou personnel internationalisé

**Compétences évaluées :**

- Management

---

**TD :**

1. Cours (21.0 h)

---

## LANGUES VIVANTES ET CULTURE 2

**Responsable de cours :** Beate Mansanti

**Total :** 21.0 h

**TD :** 21.0 h

LV2S05

*retour*

**Description :** En Langue Vivante 2, une offre de plusieurs langues sera proposée aux étudiants, en poursuite d'étude ou en débutant. Répartis par niveau, les étudiants travailleront non seulement les 4 compétences langagières mais aborderont aussi des sujets variés qu'ils approfondiront suivant leur niveau. Les sujets traités peuvent être d'ordre civilisationnel, sociétal, professionnel, etc. Les effectifs des groupes constitueront un environnement propice à une participation active et une progression conséquente dans la langue. Différentes méthodes pédagogiques seront utilisées : travail en groupe, exposés, exercices spécifiques, recherche, débats, etc.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, l'élève aura progressé pour communiquer dans un environnement universitaire, professionnel ou personnel internationalisé

**Compétences évaluées :**

- Management

---

**TD :**

1. Cours (21.0 h)

---

## INTRODUCTION À LA PHYSIQUE DE LA MATIÈRE CONDENSÉE ET AUX NANOSCIENCES

**Responsable de cours :** Nicolas Marsal

**Total :** 30.0 h

**CM :** 19.5 h, **TD :** 6.0 h, **TP :** 3.0 h

SPM-PHY-009

*retour*

**Description :** La physique de la matière condensée explore les caractéristiques de la matière dense, comprenant les matériaux à état solides ou liquides, ainsi que des matériaux qui se trouvent entre ces deux états, comme les cristaux liquides. Cette branche de la physique est extrêmement diversifiée en termes de phénomènes étudiés et constitue l'un des domaines de recherche les plus dynamiques à l'heure actuelle. Ce cours a pour but de former les étudiants à la compréhension et la caractérisation des propriétés physiques la matière condensée aux différentes échelles (macro, micro). Les enseignements dispensés engloberont un large éventail de domaines, allant de la cristallographie à la physique des solides en passant par les composants à semi-conducteurs.

### **Bibliographie :**

— Ref. [1] : C. Kittel, Introduction to Solid State Physics. Wiley & Sons, 8th Ed. (2004)

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours, les étudiants pourront : AA1 : Comprendre et faire des calculs dans des structures cristallines et amorphes – AA2 : analyser des états de la matière (solide, liquide, gaz) et leurs propriétés thermodynamiques – AA3 : Comprendre des propriétés électroniques telles que les structures de bande électronique, la conductivité électrique – AA4 : Identifier des matériaux semi-conducteurs, isolants, métaux de par leurs propriétés – AA5 : Résoudre des problèmes concrets liés à la matière condensée

**Modalités d'évaluation :** Examen écrit 1h30, rattrapable.

### **Compétences évaluées :**

— Modélisation Physique

---

### **CM :**

1. Propriétés fondamentales des nanomatériaux (6.0 h)
2. Les structures périodiques (3.0 h)
3. Théorie des bandes (3.0 h)
4. Les Semiconducteurs et leurs applications (6.0 h)
5. Seminaire Industriel en Nanosciences (1.5 h)

### **TD :**

1. Propriétés fondamentales des nanomatériaux (1.5 h)
2. Les structures périodiques (1.5 h)
3. Théorie des bandes (1.5 h)
4. Les Semiconducteurs et leurs applications (1.5 h)

**TP :**

1. Les Semiconducteurs et leurs applications (3.0 h)

---

## DOMAINES EMERGENTS DE LA PHYSIQUE

**Responsable de cours :** Damien Rontani

**Total :** 12.0 h

**TD :** 12.0 h

SPM-PHY-010

*[retour](#)*

**Description :** Le cours de “Domaines Emergents de la Physique” consistera principalement en des séminaires donnés par des intervenants du monde académique issus des meilleurs Universités et Centres de Recherche en France et en Europe. Ces séminaires sont un des éléments de la formation à la recherche dans le cadre du cursus en Génie Physique.

**Modalités d'évaluation :** Évaluation de la participation (présence obligatoire et contrôlée). Rédaction d'une note de synthèse.

**Compétences évaluées :**

— Recherche / Innovation

---

**TD :**

1. Séminaires (12.0 h)

---

## PHYSIQUE QUANTIQUE 2

**Responsable de cours :** Nicolas Javahiry

**Total :** 24.0 h

**CM :** 15.0 h, **TD :** 7.5 h

SPM-PHY-011

*retour*

**Description :** Le cours de Physique Quantique 2, proposé dans le tronc commun de première année, prolonge le cours Physique Quantique 1 en introduisant des concepts avancés de la mécanique quantique, tout en consolidant le formalisme précédemment acquis. Le cours débute par l'étude des symétries en mécanique quantique et leur lien avec les lois de conservation, fournissant un cadre structurant pour l'analyse des systèmes quantiques. Il introduit ensuite les méthodes de perturbation, stationnaire et dépendante du temps, permettant d'aborder des systèmes non exactement solvables, avec des applications à la correction des niveaux d'énergie ou aux transitions induites par un champ. La composition des moments cinétiques est ensuite abordée, notamment l'addition de spins, avec une introduction aux coefficients de Clebsch-Gordan, essentielle pour comprendre la structure fine des atomes et les couplages spin-orbite. Enfin, le cours traite des particules indiscernables, en particulier des fermions, en introduisant les fonctions d'onde antisymétriques, le principe de Pauli et les atomes à plusieurs électrons, ouvrant sur les bases de la structure électronique. Ce cours fournit les outils nécessaires à l'analyse de systèmes quantiques complexes et prépare aux enseignements avancés en physique atomique, matière condensée et ingénierie quantique.

### **Bibliographie :**

- Ref. [1] : C. Cohen-Tannoudji, F. Lalœ, B.Diu, Mécanique Quantique – Tome 1, EDP Science CNRS Edition (2018)
- Ref. [2] : J.-L. Basdevant, J. Dalibard, Mécanique Quantique, Ellipse Edition (2006)
- Ref. [3] : M. Joffre, Physique Quantique Avancée. Cours de l'Ecole Polytechnique (2023)

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de : AA1 : Identifier les situations où la théorie des perturbations stationnaires et dépendantes du temps s'appliquent afin de construire des solutions approchées – AA2 : Appliquer la théorie de la composition du moment cinétique et comprendre la structure fine des atomes – AA3 : Maîtriser le formalisme associé aux symétries en mécanique quantique – AA4 : Exploiter le formalisme des particules indiscernables pour analyser la structure des atomes possédant plusieurs couches électroniques

**Modalités d'évaluation :** Examen écrit 1h30, rattrapable

### **Compétences évaluées :**

- Modélisation Physique

---

### **CM :**

1. Symétries en physique quantique-1/2 (1.5 h)
2. Symétries en physique quantique-2/2 (1.5 h)
3. Théorie des perturbations-1/2 (3.0 h)
4. Théorie des perturbations-2/2 (3.0 h)
5. Composition des moments cinétique (3.0 h)
6. Particules indiscernables (3.0 h)

**TD :**

1. Symétries en physique quantique-1/2 (1.5 h)
2. Théorie des perturbations-1/2 (1.5 h)
3. Théorie des perturbations-2/2 (1.5 h)
4. Composition des moments cinétique (1.5 h)
5. Particules indiscernables (1.5 h)

---

## STATISTIQUES

**Responsable de cours :** Michel Barret, Joël Legrand

**Total :** 25.5 h

**CM :** 12.0 h, **TD :** 12.0 h

SPM-MAT-003

[retour](#)

**Description :** Dans ce cours, les étudiants devront acquérir les bases mathématiques, méthodologiques et numériques permettant de réaliser à partir d’observations d’un phénomène aléatoire (les données) une inférence sur la distribution de probabilité sous-jacente. Ainsi, ils seront en mesure d’analyser un phénomène passé ou de réaliser des prévisions pour un phénomène futur de nature similaire. Pour cela, les étudiants devront acquérir les formalismes, concepts et résultats élémentaires de la statistique mathématique. Cela inclut en particulier la définition de modèles statistiques, les principes de la théorie de l’estimation (estimateur du maximum de vraisemblance, estimateur bayésien, ...) et de la théorie des tests d’hypothèses (test de Neyman-Pearson, test du khi-deux, test de Kolmogorov-Smirnov, ...).

**Acquis d’apprentissage :** À l’issue de ce cours, les étudiants auront acquis un ensemble complet de connaissances mathématiques, méthodologiques et numériques essentielles pour effectuer des analyses statistiques approfondies à partir d’observations de phénomènes aléatoires (données). Ils seront en mesure de tirer des inférences sur la distribution de probabilité sous-jacente, ce qui leur permettra d’analyser des phénomènes passés et de formuler des prévisions pour des événements futurs de nature similaire. Les participants auront développé une compréhension approfondie des fondements de la statistique mathématique, y compris la création et la définition de modèles statistiques. Ils seront familiers avec les principes fondamentaux de la théorie de l’estimation, en utilisant des techniques telles que l’estimateur du maximum de vraisemblance et l’estimateur bayésien. De plus, ils seront compétents dans l’application des principes de la théorie des tests d’hypothèses, incluant des méthodes telles que le test de Neyman-Pearson, le test du khi-deux et le test de Kolmogorov-Smirnov. En résumé, ce cours dotera les étudiants des compétences nécessaires pour interpréter et analyser statistiquement des données, formuler des estimations fiables et mener des tests d’hypothèses rigoureux. Ces compétences seront cruciales pour prendre des décisions éclairées basées sur des observations empiriques et pour contribuer de manière significative à la résolution de problèmes dans divers domaines.

**Modalités d’évaluation :** Examen écrit de 1h30, rattrapable.

**Compétences évaluées :**

— Traitement Données

---

**CM :**

1. Introduction et méthodes d’estimation ponctuelle (1.5 h)
2. Comparaison d’estimateurs et propriétés asymptotiques (1.5 h)
3. Intervale de confiance (1.5 h)
4. Estimation bayésienne (1.5 h)
5. Tests d’hypothèses (1.5 h)
6. Tests ANOVA (1.5 h)
7. Régression linéaire (1.5 h)
8. Régression logistique, GLM (1.5 h)

**TD :**

1. Introduction et méthodes d'estimation ponctuelle (1.5 h)
2. Comparaison d'estimateurs et propriétés asymptotiques (1.5 h)
3. Intervale de confiance (1.5 h)
4. Estimation bayésienne (1.5 h)
5. Tests d'hypothèses (1.5 h)
6. Tests ANOVA (1.5 h)
7. Régression linéaire (1.5 h)
8. Régression logistique, GLM (1.5 h)

**Responsable de cours :** Mehdi Adrien Ayouz

**Total :** 24.0 h

**CM :** 10.5 h, **TD :** 4.5 h, **TP :** 9.0 h

SPM-MAT-005

[retour](#)

**Description :** Ce cours introduira les concepts mathématiques et algorithmiques pour la discrétisation des équations différentielles ordinaires (EDO) et des équations aux dérivées partielles (EDP) modélisant des problèmes linéaire et non-linéaire. Pour la discrétisation des EDO, l'accent sera mis sur les méthodes de Runge-Kutta à pas fixe et variables ainsi que sur les méthodes multi-pas. Pour la discrétisation des EDP, l'accent sera mis sur la méthode des différences finies pour approximer les équations aux dérivées partielles rencontrées en physique, notamment celles de type parabolique et hyperbolique. Pour cette dernière catégorie d'EDP, les concepts de schémas explicite et implicite seront abordés ainsi que les notions de consistance, stabilité et convergence de schéma numérique. Ce cours comportera une partie pratique significative afin que les différents schémas numériques étudiés en cours magistraux soient mis en œuvre et implémentés sur ordinateur pour l'analyse de phénomènes ou systèmes physiques.

### **Bibliographie :**

- Ref. [1] : R. H. Landau, M. J. Páez, C. C. Bordeianu, Computational Physics : Problem Solving with Python, Wiley-VCH, 3rd Ed, 2015
- Ref. [2] : K. W. Morton, D. F. Mayers, Numerical Solution of Partial Differential Equations. An Introduction, Cambridge University Press, 2012

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours, les étudiants pourront : AA1 : Simuler numériquement (sous Matlab/Python) une équation différentielle ordinaire (EDO) en utilisant les algorithmes de Runge-Kutta ou les méthodes de Liénard à la précision numérique limitée – AA2 : Analyser les propriétés de stabilité des schémas numériques pour la simulation des EDO et des EDP – AA3 : Choisir le bon schéma numérique de simulation en fonction du problème physique à résoudre.

**Modalités d'évaluation :** Compte rendu de travaux pratiques

### **Compétences évaluées :**

- Modélisation Physique

---

### **CM :**

1. Simulation des équations différentielles ordinaires (EDO) (3.0 h)
2. Simulation des équations aux dérivées partielles (EDP) hyperboliques (4.5 h)
3. Simulation des équations aux dérivées partielles (EDP) paraboliques (3.0 h)

### **TD :**

1. Simulation des équations différentielles ordinaires (EDO) (1.5 h)
2. Simulation des équations aux dérivées partielles (EDP) hyperboliques (1.5 h)
3. Simulation des équations aux dérivées partielles (EDP) paraboliques (1.5 h)

**TP :**

1. Simulation des équations différentielles ordinaires (EDO) (3.0 h)
2. Simulation des équations aux dérivées partielles (EDP) hyperboliques (3.0 h)
3. Simulation des équations aux dérivées partielles (EDP) paraboliques (3.0 h)

---

## BIOPHYSIQUE - MODÉLISATION ET MESURE POUR LES BIOTECHNOLOGIES

**Responsable de cours :** Ninel Kokanyan, Cédric Guerin

**Total :** 27.0 h (électif)

**CM :** 15.0 h, **TD :** 7.5 h, **TP :** 3.0 h

---

SPM-PHY-005

*retour*

**Description :** Les biotechnologies occupent une place stratégique dans de nombreux secteurs industriels : agro-alimentaire, pharmaceutique, environnemental. . . L'optimisation des bioprocédés dans ces domaines nécessite un suivi précis des paramètres critiques. Les approches conventionnelles, reposant sur des analyses hors-ligne, sont souvent longues, coûteuses et peuvent introduire un risque de contamination. Les techniques de mesure in situ, en particulier optiques, permettent un suivi temps réel, non-invasif, et génèrent un grand volume de données nécessitant des outils de traitement avancés. Ce cours introduit les fondements des biotechnologies industrielles, les principes de la mesure physique et les approches de modélisation appliquées aux systèmes biologiques. Une attention particulière est portée aux techniques optiques in situ telles que la spectroscopie Raman. L'exploitation des données à l'aide d'outils d'analyse multivariée et d'approches neuro-inspirées complète la formation

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue du cours, les étudiants seront capables de : AA1 : Comprendre les bases des biotechnologies industrielles et des bioprocédés. – AA2 : Expliquer les principes des mesures physiques et des technologies in situ – AA3 : Analyser des données issues de bioprocédés à l'aide de modèles et d'outils de traitement avancés. – AA4 : Appliquer des méthodes optiques (ex. spectroscopie Raman)

**Modalités d'évaluation :** Examen écrit 1h30, rattrapable

**Compétences évaluées :**

- Modélisation Physique
- Traitement Données

---

**CM :**

1. titre0 (15.0 h)

**TD :**

1. titre0 (7.5 h)

**TP :**

1. titre0 (3.0 h)

---

## PHYSIQUE DES SYSTÈMES COMPLEXES

**Responsable de cours :** Damien Rontani

**Total :** 24.0 h (électif)

**CM :** 12.0 h, **TD :** 6.0 h, **TP :** 6.0 h

---

SPM-PHY-008

*retour*

**Description :** La physique des systèmes complexes explore les comportements émergents et les propriétés collectives résultant de l'interaction entre un grand nombre de systèmes dynamiques, d'agents, ou de composants. Ce cours offre une introduction approfondie à cette discipline, en mettant l'accent sur les la théorie et la dynamique, les phénomènes émergents, les notions de synchronisation et les phénomènes épidémiques sur les réseaux.

### **Bibliographie :**

- Ref. [1] : A.-L. Barabasi, Network Science, Cambridge University Press (2016)
- Ref. [2] : P. Fieguth, An Introduction to Complex Systems, Springer, 2nd Ed. (2020)

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de cours, les étudiants pourront : AA1 : Définir, expliquer et identifier les cas d'application des principaux concepts de la physique des systèmes complexes – AA2 : Analyser des phénomènes critiques tels que les transitions de phases – AA3 : Modéliser et analyser des systèmes en interaction dans différents domaines en utilisant la physique des réseaux et la simulation numérique – AA4 : Modéliser, analyser et simuler des phénomènes de synchronisation ou des phénomènes épidémiques – AA5 : Exploiter les dynamiques collectives pour le calcul analogique et l'apprentissage machine physique

**Modalités d'évaluation :** Mini projet

### **Compétences évaluées :**

- Modélisation Physique
- Traitement Données

---

### **CM :**

1. Introduction à la théorie des réseaux (3.0 h)
2. Dynamiques sur les réseaux (1.5 h)
3. Phénomènes émergents (3.0 h)
4. Synchronisation (3.0 h)
5. Information et entropie (1.5 h)

### **TD :**

1. Introduction à la théorie des réseaux (1.5 h)
2. Dynamiques sur les réseaux (1.5 h)
3. Phénomènes émergents (1.5 h)
4. Synchronisation (1.5 h)

**TP :**

1. Travaux Expérimentaux (TrEx)1/2 (3.0 h)
2. Travaux Expérimentaux (TrEx)2/2 (3.0 h)

**Description :** Les systèmes physiques en général sont dits dynamiques car les variables d'état qui caractérisent l'état de ces systèmes évoluent dans le temps et dans l'espace lorsque les paramètres influençant ces systèmes varient. Lorsque les relations dynamiques qui lient les variables d'état sont des fonctions non-linéaires des variables d'état, le système physique dynamique est dit système non-linéaire. La non-linéarité de ces systèmes est à l'origine d'une grande richesse de leurs comportements dynamiques et permet l'observation de phénomènes nouveaux qui intéressent le scientifique et l'ingénieur. Parmi les exemples de systèmes dynamiques non-linéaires on peut citer les réseaux de neurones, les oscillateurs électroniques et optiques, la dynamique des propagations de données dans un réseau de télécommunications ou encore la propagation d'un virus. Les dynamiques non-linéaires les plus spectaculaires sont le chaos - ou la dynamique d'un système qui au cours du temps ou en se propageant présente une évolution imprévisible de ses variables d'état - mais aussi la synchronisation qui permet à deux ou plusieurs systèmes dynamiques non-linéaires couplés de reproduire la même dynamique même chaotique. Comment une dynamique d'un système non-linéaire devient complexe et chaotique, et comment cette dynamique se propage entre oscillateurs couplés en réseaux, sont autant de questions fondamentales mais qui éclairent aussi des domaines importants des sciences et de l'ingénieur comme les neurosciences, l'intelligence artificielle, les télécommunications, l'épidémiologie, les systèmes quantiques, etc. Ce cours donnera donc à l'étudiant les éléments de base de ce que l'on appelle plus généralement la physique non-linéaire. Il sera illustré par de nombreux cas concrets tirés des travaux de recherches à visée applicative, ce qui permettra à l'étudiant de comprendre et mettre en oeuvre les techniques analytiques et numériques nécessaires à la résolution de problèmes simples.

**Bibliographie :**

- Ref. [1] : S. Strogatz, Nonlinear dynamics and Chaos : With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering, CRC Press (2014)

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours, les étudiant pourront : AA1 : Connaître les enjeux scientifiques et pluridisciplinaires des sciences du non-linéaire et la théorie des réseaux – AA2 : Reconnaître des situations où le formalisme de la physique non-linéaire peut-être appliqué – AA3 : Connaître et savoir mettre en oeuvre des techniques d'analyse de systèmes dynamiques non-linéaires et des réseaux d'oscillateurs – AA4 : Simuler numériquement des systèmes dynamiques non-linéaires et des réseaux dynamiques

**Modalités d'évaluation :** Mini projet

**Compétences évaluées :**

- Modélisation Physique

---

**CM :**

1. Fractales (1.5 h)
2. Dynamique des systèmes à temps discrets et temps continu-1/2 (1.5 h)
3. Dynamique des systèmes à temps discrets et temps continu-2/2 (1.5 h)
4. Théorie des bifurcations (3.0 h)
5. Complexité du chaos (3.0 h)
6. Analyse de série temporelle non-linéaire (3.0 h)
7. Application de la théorie du Chaos (1.5 h)

**TD :**

1. Fractales (1.5 h)
2. Dynamique des systèmes à temps discrets et temps continu-1/2 (1.5 h)
3. Dynamique des systèmes à temps discrets et temps continu-2/2 (1.5 h)
4. Théorie des bifurcations (1.5 h)
5. Complexité du chaos (1.5 h)
6. Analyse de série temporelle non-linéaire (1.5 h)

---

## BIOPHYSIQUE - INGÉNIERIE DES BIO-PROCÉDÉS

**Responsable de cours :** Ninel Kokanyan, Cédric Guerin

**Total :** 21.5 h (électif)

**TP :** 21.0 h

---

SPM-PHY-007

*retour*

**Description :** Ce cours se déroule à la Chaire de Biotechnologies de CentraleSupélec, le campus de recherche de CentraleSupélec à Pomacle. Elle vise à mettre en application les connaissances acquises dans le cours électif associé de biophysique et biotechnologies dans un environnement réel. Les étudiants travailleront sur le suivi in situ d'un bioréacteur en conditions expérimentales. À l'aide de techniques optiques avancées et d'outils de traitement de données, ils devront construire un modèle prédictif du bioprocédé observé. Les étudiants seront organisés en groupes et encadrés pour mener une démarche complète d'ingénieur : observation, mesure, traitement des données, modélisation et présentation des résultats.

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours électif, les étudiants seront capables de : AA1 : Expérimenter sur un bio-procédé réel et collecter des données in situ – AA2 : Traiter et analyser les données par méthodes multi-variées. – AA3 : Modéliser et valider un modèle prédictif du système biotechnologique. – AA4 : Interpréter les écarts entre modèle et expérience.

**Modalités d'évaluation :** Soutenance mini-projet 30min

**Compétences évaluées :**

- Modélisation Physique
- Traitement Données

---

**TP :**

1. A decire (21.0 h)

**Description :** Le cours de Systèmes et Modélisation du tronc commun de première année vise à doter les étudiants des compétences nécessaires pour représenter de manière précise et utile divers types de systèmes à l'aide de modèles mathématiques, facilitant ainsi la compréhension, l'analyse et l'optimisation des systèmes dans des contextes variés. La représentation d'état - non linéaire en général - constitue un moyen très générique de modélisation d'un système, offrant notamment la possibilité de simuler numériquement son fonctionnement. Cependant, l'étape de linéarisation s'avère souvent nécessaire par la suite, afin de pouvoir exploiter l'arsenal très complet de propriétés relatives aux systèmes linéaires. En effet, ces propriétés donnent accès aussi bien à des méthodes de résolution d'équation différentielles qu'à des critères de stabilité et à l'analyse des systèmes bouclés. Dans ce contexte, le lien entre réponse fréquentielle et temporelle est par ailleurs bien établi, facilitant ainsi la synthèse de correcteurs par approche fréquentielle selon un cahier des charges sur les réponses temporelles d'un système asservi.

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours de première année, l'étudiant sera en mesure d'élaborer le modèle mathématique d'un système dans le but d'en prédire le comportement. Il disposera aussi des méthodes permettant de mettre en oeuvre des simulations numériques associées à ce modèle. Il maîtrisera enfin la mise au point de correcteurs qui interviendront dans des problèmes d'asservissement.

**Modalités d'évaluation :** Evaluation des travaux pratiques.

**Compétences évaluées :**

- Modélisation Physique
- Traitement Données
- Analyse Systèmes

---

**CM :**

1. Représentation d'état (1.5 h)
2. Choix des variables d'état et simulation (1.5 h)
3. Linéarisation des équations d'état (1.5 h)
4. Résolution des équations d'état (1.5 h)
5. Transformée de Laplace (1.5 h)
6. Transformée en  $z$  (1.5 h)
7. Systèmes discrets (1.5 h)
8. Structure générale d'un système asservi (1.5 h)
9. Approche avec fonctions de transfert (1.5 h)
10. Liens entre réponse temporelle et fréquentielle (1.5 h)
11. Cahier des charges et approche fréquentielle (1.5 h)
12. Correction numérique (1.5 h)

**TD :**

1. TD équation d'état et linéarisation (1.5 h)
2. TD Résolution des équations d'état et transformées (1.5 h)
3. TD diagramme de Nyquist et marges de stabilité (1.5 h)
4. TD correction cascade (1.5 h)

**TP :**

1. TP commande d'un système électromécanique (3.0 h)
2. TP calcul symbolique et systèmes discrets (3.0 h)
3. TP identification avec réponses fréquentielles et temporelles (3.0 h)
4. TP modélisation et réglage de correcteurs (3.0 h)

---

## ELECTRONIQUE

**Responsable de cours :** Yves Houzelle, Nacera Bouldja

**Total :** 33.0 h

**CM :** 12.0 h, **TD :** 7.5 h, **TP :** 10.5 h

SPM-ELE-001

*retour*

**Description :** Le cours d'Electronique du tronc commun de première année vise à donner les bases permettant de concevoir des interfaces avec le monde physique. Les composants électroniques intégrés fournissent des fonctions qu'il est possible d'utiliser pour réaliser des systèmes plus complexes en mesure de répondre au besoin. En outre, il existe des composants intégrés plus complexes, utilisant les composants de base; ces composants complexes peuvent être configurés ou programmés, autorisant par là une réalisation plus simple et plus rapide du système final.

### **Bibliographie :**

- Ref. [1] : A. Agarwal, J.H. Lang, Foundations of analog and digital electronic circuits, Morgan Kaufmann Publishers, 1st Ed. (2005)
- Ref. [2] : D. M. Harris, S. L. Harris, Digital Design and Computer Architecture, Morgan Kaufmann Publishers, 2nd Ed. (2012)
- Ref. [3] : J. Oksman, J.-P. Zsyłowicz, P. Benabes, G. Seignier, Y. Houzelle, Systèmes logiques et électronique associée, Volumes 1 et 2, CentraleSupélec, (2020)

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue du cours, les étudiants pourront : AA1 : Spécifier une chaîne de traitement analogique – AA2 : Simuler et tester un circuit simple – AA3 : Mettre en œuvre une application simple avec un microcontrôleur ou un circuit logique programmable

**Modalités d'évaluation :** Examen écrit 3h, rattrapable

### **Compétences évaluées :**

- Modélisation Physique
- Analyse Systèmes

---

### **CM :**

1. Syllabus (1.5 h)
2. Circuit électrique (1.5 h)
3. Amplificateur opérationnel (1.5 h)
4. Capteur, filtre et consertisseur (1.5 h)
5. Logique combinatoire (1.5 h)
6. Logique séquentielle 1 (1.5 h)
7. Logique séquentielle 2 (1.5 h)
8. Intervention industrielle (1.5 h)

### **TD :**

1. Amplificateur opérationnel 1 (1.5 h)

2. Amplificateur opérationnel 2 (1.5 h)
3. Logique combinatoire (1.5 h)
4. Logique séquentielle 1 (1.5 h)
5. Logique séquentielle 2 (1.5 h)

**TP :**

1. Simulation analogique A.O. 1 (3.0 h)
2. Simulation analogique A.O. 2 (3.0 h)
3. Simulation logique 1 (3.0 h)
4. Simulation logique 2 (1.5 h)

---

## INITIATION À LA RECHERCHE 2

**Responsable de cours :** Nicolas Marsal

**Total :** 13.5 h

**CM :** 6.0 h, **TD :** 6.0 h, **TP :** 1.5 h

SPM-NCL-002

*retour*

**Description :** Ce module d'initiation à la recherche offre aux étudiants une introduction pratique et théorique aux principes fondamentaux de la recherche académique. En explorant les différentes étapes du processus de recherche, de la formulation d'une question de recherche à la communication des résultats, les étudiants acquerront les compétences essentielles pour mener des projets de recherche efficaces. Grâce à des exercices pratiques, des études de cas et des discussions en classe, les participants seront familiarisés avec les méthodes de collecte et d'analyse des données, ainsi qu'avec les normes éthiques et les meilleures pratiques de recherche. Ce module offre une base solide pour ceux qui souhaitent poursuivre des études supérieures ou s'engager dans des projets de recherche indépendants.

**Acquis d'apprentissage :** Les acquis d'apprentissage de ce module incluent la capacité à formuler des questions de recherche pertinentes, à concevoir des méthodologies de recherche appropriées, à collecter et analyser des données de manière rigoureuse, ainsi qu'à interpréter et communiquer les résultats de manière claire et cohérente. Les étudiants apprendront également à évaluer de manière critique la littérature existante, à respecter les normes éthiques de la recherche et à travailler de manière collaborative...

**Modalités d'évaluation :** Modalité d'évaluation spécifique imposée par les différents intervenants

**Compétences évaluées :**

- Recherche / Innovation
- Business Intelligence

---

**CM :**

1. Communication non scientifique (3.0 h)
2. Valorisation de la Recherche-1/2 (3.0 h)

**TD :**

1. Analyse de controverse (1.5 h)
2. Ma thèse en 180 secondes (1.5 h)
3. Valorisation de la Recherche-2/2 (3.0 h)

**TP :**

1. Analyse de controverse (1.5 h)



---

## PROJET DISSÉMINATION SCIENTIFIQUE

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet, Virginie Galtier

**Total :** 14.0 h

**Projet :** 12.0 h

---

SPM-HEP-009

[retour](#)

**Description :** Formation à la communication orale, à la pédagogie, par une préparation et une mise en situation. Les élèves conçoivent une intervention pédagogique auprès d'élèves d'école élémentaire, sur un thème scientifique/technologique (codage, physique, math. . .). Il s'agira de réaliser les supports et d'intervenir dans les classes (CM1, CM2), sous la supervision de l'enseignant de la classe. Ce projet pourra impliquer le FabLab. En semestre 6, Suite et fin du projet de dissémination scientifique EntreElèves commencé en semestre 5. Il s'agit de réaliser les supports, de travailler les présentations. L'évaluation, qui impliquera les enseignant(e)s des classes, se fait suite à une intervention en classe (par binômes ou trinômes) des élèves.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves auront eu l'expérience de devoir construire une communication adaptée à un public très différent d'eux, en ayant effectué des choix pédagogiques pour réussir à faire passer le message. Ils auront eu également une expérience exigeante d'une situation de communication réelle, qui implique une certaine forme de charisme.

**Modalités d'évaluation :** Évaluation de l'intervention en classe et des livrables.

**Compétences évaluées :**

- Management
- Business Intelligence

---

## PROJET SCIENTIFIQUE COLLABORATIF 2

**Responsable de cours :** Damien Rontani

**Total :** 15.5 h

**Projet :** 15.5 h

SPM-PRJ-008

[retour](#)

**Description :** Le sujet de projet s'inscrit dans la spécialité en génie physique proposée. Il s'étale sur deux semestres, S05 et S06, sous la forme d'un travail en deux phases complémentaires. Il peut être proposé par l'équipe enseignante, un partenaire industriel ou académique, ou encore défini par les étudiants eux-mêmes autour d'un sujet personnalisé. Le Projet Scientifique Collaboratif (PSC) mobilise les compétences développées dans le cours d'Initiation à la Recherche, suivi également sur les semestres S05 et S06. Il se structure ainsi : En S05, les étudiants se concentrent sur une recherche bibliographique approfondie, permettant de poser les bases scientifiques et techniques du projet, d'identifier les enjeux actuels du domaine concerné, et de formuler une problématique claire et argumentée. En S06, le travail se poursuit par la mise en œuvre expérimentale, numérique ou théorique des solutions envisagées, l'analyse critique des résultats obtenus, et la valorisation des travaux sous deux formes : (i) une communication scientifique orale, destinée à un public académique ; (ii) une production de vulgarisation numérique (ex. : vidéo, animation scientifique, article de blog), accessible au grand public, présentant de façon concise l'objet du projet et les résultats obtenus..

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue du projet, les étudiants seront capables de : AA1 : Rechercher, analyser et synthétiser des informations scientifiques issues de l'état de l'art – AA2 : Définir une problématique et concevoir une démarche de résolution adaptée – AA3 : Mettre en œuvre une investigation scientifique (expérimentale, numérique ou théorique) – AA4 : Interpréter les résultats obtenus de manière critique – AA5 : Communiquer efficacement les résultats du projet à l'écrit et à l'oral, aussi bien à un public scientifique qu'à un public non spécialiste – AA6 : Collaborer efficacement au sein d'une équipe projet en faisant preuve d'autonomie, d'organisation et de responsabilité..

**Modalités d'évaluation :** Rapport de projet, Livrables (ex. : code informatique, prototype expérimental, archives multimédia) et Soutenance Orale

### **Compétences évaluées :**

- Conception Génie Physique
- Modélisation Physique
- Traitement Données
- Management
- Business Intelligence

---

## SYSTÈMES ÉCONOMIQUES, INDUSTRIELS ET FINANCIERS

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet, Damien Rontani

**Total :** 18.0 h

**CM :** 18.0 h

SPM-HEP-005

[retour](#)

**Description :** Ce cours propose une lecture critique des systèmes économique, industriel et financier contemporains à travers leurs origines, leurs dynamiques et leurs impacts. À partir d'un socle théorique, il explore les tensions entre impératifs économiques et limites environnementales. Des temps d'échange avec des acteurs de terrain (élus, dirigeants) viendront enrichir cette réflexion en confrontant les concepts aux réalités industrielles et territoriales.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves connaîtront les fondements et les mécanismes des systèmes économique, industriel et financier actuels. Ils seront en mesure d'en analyser les interactions et disposeront également de clés pour explorer des alternatives compatibles avec les enjeux sociaux et écologiques contemporains.

**Modalités d'évaluation :** L'évaluation se fera sur la base d'un dossier par trinôme travaillé en complément des heures de classe.

**Compétences évaluées :**

- Business Intelligence

---

**CM :**

1. Objet, faits majeurs et théories économiques (3.0 h)
2. Croissance, développement, durabilité (3.0 h)
3. suite + financement de la croissance (3.0 h)
4. économie sociale et solidaire (3.0 h)
5. Table ronde 1 : Sobriété, réduction de la consommation d'énergie, durabilité, et intérêt général (3.0 h)
6. Table ronde 2 : Enjeux économiques, environnementaux et sociaux de l'industrie du 21ème siècle dans un contexte mondialisé (3.0 h)

---

## COMMUNS

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet, Damien Rontani

**Total :** 12.0 h

**CM :** 12.0 h

SPM-HEP-006

*[retour](#)*

**Description :** Ce cours propose une introduction aux communs, à leurs fondements conceptuels, juridiques et économiques, ainsi qu'à leur rôle dans l'émergence de modèles de production plus ouverts, durables et collaboratifs. Trois grands axes structurent l'enseignement : d'abord, les principes des communs, leur histoire, leurs formes juridiques et les limites de leur mise en œuvre. Ensuite, les modèles économiques permettant aux projets open source et low-tech de se développer tout en restant fidèles à leurs valeurs. Enfin, les enjeux liés aux données ouvertes, illustrés par les données géographiques, avec un focus sur les outils de protection de la vie privée, les cadres réglementaires, et les nouvelles problématiques liées aux intelligences artificielles.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves seront sensibilisés à l'existence des communs et de l'économie libre, ils en connaîtront les possibilités, les défis, les outils de mise en place, exploitation et gouvernance.

**Modalités d'évaluation :** Les élèves devront imaginer un projet impliquant des données ouvertes et présenter la valeur qu'il pourrait créer, identifier les ressources à monopoliser, et anticiper les obstacles potentiels.

---

### CM :

1. Les grands principes des communs (4.0 h)
2. Modèles économiques dans l'open-source et low-tech (4.0 h)
3. Enjeux des données ouvertes (4.0 h)

---

## PRÉPARATION AU RECRUTEMENT

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet, Damien Rontani

**Total :** 15.0 h

**CM :** 11.0 h, **TP :** 4.0 h

SPM-HEP-023

*retour*

**Description :** L'objectif de ce cours est de développer les compétences en gestion de carrière des élèves. Il aidera tout d'abord les élèves à trouver le premier poste qui les intéresse, à se faire recruter et à réussir leur insertion professionnelle. Ensuite ces enseignements leur seront utiles lorsqu'ils voudront changer de poste ou de secteur. Enfin, le cours leur fournira des pistes pour le jour où ils se trouveront en position de recruteur.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves seront préparés aux processus (amont, centraux, et aval) du recrutement.

**Modalités d'évaluation :** L'évaluation se fera sur la base des observations que feront les intervenants sur l'implication des élèves.

---

### CM :

1. opportunités (4.0 h)
2. candidater (4.0 h)
3. international et BigTech (3.0 h)

### TP :

1. ateliers pratiques (4.0 h)

---

## ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE S06

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet

**Total :** 21.0 h

**TD :** 21.0 h

---

1SL9000

*retour*

**Description :** Au-delà du développement des compétences motrices (physiques, techniques et tactiques) les enseignements d'éducation physique et sportive ont pour objectifs de permettre aux étudiants de développer leurs compétences personnelles de connaissance et de contrôle de soi mais aussi leurs compétences relationnelles (collaboration au sein de l'équipe, écoute, communication, animation, ...).

---

**TD :**

1. Cours de sport (21.0 h)

---

## STAGE D'EXÉCUTION

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet, Damien Rontani

---

SPM-STA-001

*retour*

**Description :** Ce premier stage a pour objectif de confronter les étudiants à la réalité du monde de l'entreprise. Au cours de ce stage, ils sont amenés à occuper une position d'exécutant et à participer à diverses tâches en vue de comprendre les enjeux et les difficultés du travail d'un ouvrier.

Ce stage est aussi l'occasion pour les étudiants d'appréhender le fonctionnement d'une entreprise et la manière dont les décisions sont répercutées du haut au bas de la hiérarchie.

Il permet de développer les connaissances nécessaires à une compréhension approfondie du métier d'opérateur et de son rôle clé au socle de tout processus de production de produit ou de service.

Le stage devra durer au minimum 5 semaines et se dérouler entre les semestres S6 et S7. Il doit s'effectuer dans un contexte propice à l'acquisition des connaissances demandées. En particulier, cela impose la présence d'une hiérarchie de proximité et l'intégration dans une équipe constituée d'un nombre suffisant d'opérateurs exécutant le même type de tâche.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce stage, l'étudiant sera capable de décrire la structure de l'entreprise ressentie par les différents collaborateurs et la comparer avec la structure théorique, illustrer les difficultés des tâches d'exécution, observer les relations humaines en milieu professionnel, discuter des relations hiérarchiques dans l'entreprise.

**Modalités d'évaluation :** Évaluation Pass/Fail sur la base de la remise d'un rapport de stage.

---

## LANGUES VIVANTES ET CULTURE 1

**Responsable de cours :** Elisabeth Leuba

**Total :** 21.0 h

**TD :** 21.0 h

LV1S06

[retour](#)

**Description :** La Langue Vivante 1 sera généralement l'anglais. Répartis par niveau, les étudiants travailleront non seulement les 4 compétences langagières mais aborderont aussi des sujets variés qu'ils approfondiront suivant leur niveau. Les sujets traités peuvent être d'ordre civilisationnel, sociétal, professionnel, etc. Les effectifs des groupes constitueront un environnement propice à une participation active et une progression conséquente dans la langue. Différentes méthodes pédagogiques seront utilisées : travail en groupe, exposés, exercices spécifiques, recherche, débats, etc.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, l'élève aura progressé pour communiquer dans un environnement universitaire, professionnel ou personnel internationalisé

**Compétences évaluées :**

— Management

---

**TD :**

1. Cours (21.0 h)

---

## LANGUES VIVANTES ET CULTURE 2

**Responsable de cours :** Beate Mansanti

**Total :** 21.0 h

**TD :** 21.0 h

LV2S06

*retour*

**Description :** En Langue Vivante 2, une offre de plusieurs langues sera proposée aux étudiants, en poursuite d'étude ou en débutant. Répartis par niveau, les étudiants travailleront non seulement les 4 compétences langagières mais aborderont aussi des sujets variés qu'ils approfondiront suivant leur niveau. Les sujets traités peuvent être d'ordre civilisationnel, sociétal, professionnel, etc. Les effectifs des groupes constitueront un environnement propice à une participation active et une progression conséquente dans la langue. Différentes méthodes pédagogiques seront utilisées : travail en groupe, exposés, exercices spécifiques, recherche, débats, etc.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, l'élève aura progressé pour communiquer dans un environnement universitaire, professionnel ou personnel internationalisé

**Compétences évaluées :**

— Management

---

**TD :**

1. Cours (21.0 h)