



CentraleSupélec

# CATALOGUE DE COURS

## Diplôme d'Ingénieur Spécialité Physique

Deuxième année

Campus de Metz de CentraleSupélec

*dernière mise à jour : 12 août 2025*

### Semestre 7

ISP-PHY-S07-16	<b>Physique S07</b>	<b>9 ECTS</b>
----------------	---------------------	---------------

ISP-PHY-S07-37	<b>Génie Physique S07</b>	<b>4 ECTS</b>
----------------	---------------------------	---------------

ISP-PHY-S07-19	<b>Mathématiques S07</b>	<b>4 ECTS</b>
SPM-MAT-004	1 Optimisation	25.0 h
PM-MAT-006	1 Méthodes Numériques Avancées	24.0 h

ISP-PHY-S07-24	<b>Ingénierie et Systèmes S07</b>	<b>9 ECTS</b>
----------------	-----------------------------------	---------------

ISP-PHY-S07-10	<b>Humanités Entreprises Professionnalisation S07</b>	<b>4 ECTS</b>
SPM-HEP-014	2 Les entreprises et leurs transformations	26.5 h
SPM-HEP-013	P/F Séminaires	10.0 h
SPM-HEP-019	1 Gestion des ressources humaines	18.0 h
SportS07	P/F Éducation Physique et Sportive S07	21.0 h

ISP-PHY-S07-04	<b>Langues S07</b>	<b>4 ECTS</b>
LV1S07	1 Langues Vivantes et Culture 1	21.0 h
LV2S07	1 Langues Vivantes et Culture 2	21.0 h

## Semestre 8

ISP-PHY-S08-21	<b>Génie Physique S08</b>		<b>9 ECTS</b>
SPM-INF-004	1	Introduction à la Programmation et l'Algorithmique Quantique	35.5 h

ISP-PHY-S08-26	<b>Informatique et Données S08</b>	<b>4 ECTS</b>
----------------	------------------------------------	---------------

ISP-PHY-S08-29	<b>Projet et Recherche S08</b>	<b>6 ECTS</b>
----------------	--------------------------------	---------------

ISP-PHY-S08-11	<b>Humanités Entreprises Professionnalisation S08</b>		<b>7 ECTS</b>
SPM-HEP-011	1	Ingénieur, environnement et société	14.0 h
SPM-HEP-018	1	Controverse	18.0 h
SPM-HEP-017	2	Ingénierie système	21.5 h
SportS08	P/F	Éducation Physique et Sportive S08	21.0 h
SPM-STA-002	4	Stage Ingénieur	0.0 h

ISP-PHY-S08-05	<b>Langues S08</b>		<b>4 ECTS</b>
LV1S08	1	Langues Vivantes et Culture 1	21.0 h
LV2S08	1	Langues Vivantes et Culture 2	21.0 h

---

## OPTIMISATION

**Responsable de cours :** Michel Barret

**Total :** 25.0 h

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

SPM-MAT-004

[retour](#)

**Description :** Dans ce cours les élèves devront acquérir et maîtriser divers aspects fondamentaux de l'optimisation continue. Les notions suivantes seront abordées et mises en oeuvre pratiquement : formulation des problèmes d'optimisation, conditions d'existence de minimiseurs globaux et locaux, convexité, dualité, multiplicateurs de Lagrange, méthodes du premier ordre, programmation linéaire. L'utilisation de la programmation différentiable sera présentée en travaux pratiques. Les méthodes stochastiques 'gradient-free', comme CMAES et PSO, seront également abordées.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves maîtriseront les concepts fondamentaux de l'optimisation continue (conditions d'existence de minimiseurs globaux et locaux, convexité, dualité, multiplicateurs de Lagrange, méthodes du premier ordre, programmation linéaire, méthodes stochastiques).

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

**Compétences évaluées :**

- Modélisation Physique
- Traitement Données

---

**CM :**

1. Bases de l'optimisation (3.0 h)
2. Convexité, quelques algorithmes itératifs (1.5 h)
3. Dualité (1.5 h)
4. Programmation linéaire (1.5 h)
5. Méthode des multiplicateurs de Lagrange (1.5 h)
6. Méthodes stochastiques gradient-free (1.5 h)

**TD :**

1. Dualité (1.5 h)
2. Méthode des multiplicateurs de Lagrange (1.5 h)
3. Programmation linéaire (1.5 h)

**TP :**

1. Bases de l'optimisation (3.0 h)

2. Convexité, quelques algorithmes itératifs (3.0 h)
3. Méthodes stochastiques gradient-free (3.0 h)

---

## MÉTHODES NUMÉRIQUES AVANCÉES

**Responsable de cours :** Damien Rontani

**Total :** 24.0 h

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

PM-MAT-006

*retour*

**Description :** Ce cours de méthodes numériques présente des méthodes numériques avancées permettant la simulation de systèmes dans le domaine de l'ingénierie et des sciences appliquées. Il se concentrera notamment sur la résolution des problèmes modélisés par des équations différentielles elliptiques et hyperboliques en abordant des concepts fondamentaux tels que les volumes finis et les éléments finis, les méthodes spectrales pour les phénomènes de propagations qui sont largement utilisés pour modéliser et résoudre une gamme diversifiée de problèmes physiques. Ce cours fournira aux étudiants les compétences nécessaires pour résoudre des problèmes complexes rencontrés dans des domaines tels que la mécanique des fluides, la thermodynamique, l'électromagnétisme et la photonique.

### **Bibliographie :**

— Ref1 : référence à indiquer

**Acquis d'apprentissage :** AA1 : Analyser et simuler des systèmes / phénomènes physiques complexes modélisés par des équations aux dérivées partielles (EDP) – AA2 : Mises en oeuvre des méthodes numériques pour la résolution de problèmes elliptiques, notamment les volumes finis et les éléments finis – AA3 : Mises en oeuvre des méthodes numériques pour la résolution de problèmes hyperboliques, notamment les approches spectrales – AA4 : Maîtrise des concepts théoriques sous-jacents aux méthodes numériques étudiées, tels que les formulations variationnelles et les espaces fonctionnels comme les espaces de Sobolev – AA5 : Compréhension des limitations et des domaines d'application des différentes méthodes numériques étudiées, ainsi que des aspects pratiques de leur mise en oeuvre.

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

### **Compétences évaluées :**

— Modélisation Physique

---

### **CM :**

1. à définir (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)
4. Séminaire Industriel (1.5 h)

### **TD :**

1. à définir (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. à définir (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)

---

## LES ENTREPRISES ET LEURS TRANSFORMATIONS

**Responsable de cours :** Francis Dorveaux

**Total :** 26.5 h

**CM :** 5.5 h, **TD :** 12.0 h, **TP :** 8.5 h

SPM-HEP-014

[retour](#)

**Description :** L'objectif de ce cours est d'explorer la diversité des entreprises et leur intégration à un tissu socio-économique et environnemental global, ainsi que les dynamiques qu'elles engendrent. L'approche pédagogique retenue consiste à combiner des apports théoriques en cours magistral et un travail d'enquête de terrain en groupe permettant de former les futurs entrepreneurs en les confrontant à la réalité et au développement d'une entreprise.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves auront acquis une vision globale de l'écosystème entrepreneurial et des forces qui l'animent.

**Modalités d'évaluation :** QCM (30 min), restitutions individuelles.

**Compétences évaluées :**

- Business Intelligence

---

**CM :**

1. Introduction (1.0 h)
2. Panorama des entreprises (2.0 h)
3. Synthèse et débat (2.5 h)

**TD :**

1. TD 1 : Les théories modernes de l'entreprise + explications des attendus des TD 2 à 6 (1.5 h)
2. TD 2 : Les processus "colonne vertébrale" de l'organisation (1.5 h)
3. TD 3 : La dynamique externe (1.5 h)
4. TD 4 : Transformation des entreprises (3.0 h)
5. TD 5 : Business Development 1 (à préciser) (1.5 h)
6. TD 6 : Business Development 2 (à préciser) (3.0 h)

**TP :**

1. 1ère visite en entreprise (4.5 h)
2. 2ème visite en entreprise (4.0 h)

---

## SÉMINAIRES

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

**Total :** 10.0 h

**CM :** 10.0 h

SPM-HEP-013

*retour*

**Description :** Ce cours est en ensemble de séminaires d'ouverture.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ces conférences, les élèves auront élargi leur regard sur les enjeux environnementaux, économiques, sociétaux, éthiques, en fonction de l'expertise des intervenants.

---

**CM :**

1. tdb (10.0 h)

---

## GESTION DES RESSOURCES HUMAINES

**Responsable de cours :** Muriel Keller

**Total :** 18.0 h

**TD :** 18.0 h

SPM-HEP-019

*[retour](#)*

**Description :** Ce cours a un double objectif : d'une part équiper les étudiants de connaissances sur leurs droits et obligations face aux pratiques RH, notamment lors du recrutement, et d'autre part permettre aux ingénieurs devenant managers de collaborer efficacement avec la direction et les services RH.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves auront acquis un socle de connaissances en droit du travail et en fonctions RH qui leur sera utile à la fois en tant qu'employés et également dans leurs missions d'encadrement.

**Compétences évaluées :**

- Business Intelligence

---

**TD :**

1. tbd (18.0 h)

---

## ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE S07

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

**Total :** 21.0 h

**TD :** 21.0 h

---

SportS07

*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

LV1S07

*[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

LV2S07

*[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 PROGRAMMATION ET L'ALGORITHMIQUE QUANTIQUE

**Responsable de cours :** Damien Rontani, Stéphane Vialle

**Total :** 35.5 h

**CM :** 16.5 h, **TD :** 4.5 h, **TP :** 9.0 h, **Projet :** 5.5 h

SPM-INF-004

*retour*

**Description :** Ce cours de Programmation et d'Algorithmique Quantique offre une plongée exhaustive dans les fondamentaux et les applications pratiques des accélérateurs quantiques. Les étudiants exploreront les architectures quantiques contemporaines, comprenant les principes des architectures analogiques et digitales, ainsi que les innovations telles que les architectures hybrides CPU-QPU, NISQ et LSQ. Le cours couvrira le formalisme des qubits et de la programmation quantique digitale, mettant en évidence l'importance de la superposition et de l'intrication pour les calculs quantiques. Les principes et méthodes de mesure des résultats seront également abordés. Une introduction aux circuits quantiques, incluant les portes de base et les premiers circuits, permettra aux étudiants de comprendre les bases pratiques de la programmation quantique. En utilisant des outils tels que QFT, Grover, QPE et QMC, les étudiants exploreront les circuits classiques et leurs applications, tout en examinant les limitations sur les architectures NISQ. Enfin, les étudiants se plongeront dans les circuits et algorithmes variationnels, notamment les circuits QAOA et Vxx, et étudieront les modèles de temps d'exécution et de performance pour les QPU ainsi que pour les boucles CPU-QPU, en se familiarisant avec les ordres de grandeur des temps d'exécution actuels.

### **Bibliographie :**

- Ref. [1] : R. Hundt, Quantum Computing for Programmers, Cambridge University Press (2022)
- Ref. [2] : P. Kaye, R. Laflamme, M. Mosca, An Introduction to Quantum Computing, Oxford University Press (2006)

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours, les élèves sauront concevoir et implanter un algorithme à base de portes quantiques, utiliser des bibliothèques de routines quantiques, concevoir et implanter un code hybride CPU+QPU, analyser ses résultats, mesurer ses performances et sa sensibilité au bruit en fonction de la taille des données et de l'utilisation du QPU.

**Modalités d'évaluation :** Evaluation du mini-projet

### **Compétences évaluées :**

- Conception Génie Physique
- Modélisation Physique
- Traitement Données
- Analyse Systèmes

---

### **CM :**

1. Cours d'architectures quantiques (1.5 h)
2. Cours de formalisme pour l'informatique quantique digitale (3.0 h)
3. Cours d'introduction aux portes et circuits quantiques (3.0 h)
4. Cours de présentation des circuits quantiques classiques (4.5 h)
5. Cours de modèles de temps d'exécution et de performance (1.5 h)
6. Cours de présentation des circuits quantiques variationnels (3.0 h)

**TD :**

1. TD de formalisme et d'analyse de circuits quantiques (1.5 h)
2. TD de conception d'algorithmes quantiques sur QPU (1.5 h)
3. TD de conception d'algorithmes variationnels sur CPU+QPU (1.5 h)

**TP :**

1. TP de mise en oeuvre de circuits quantiques en qiskit sur simulateur et machines quantiques (3.0 h)
2. TP de conception et mise en oeuvre d'algorithmes quantiques à partir de circuits connus (3.0 h)
3. TP de conception d'une méthode d'optimisation par algorithme variationnel sur CPU+QPU (3.0 h)

---

INGÉNIEUR, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

**Responsable de cours** : Julien Colin

**Total** : 14.0 h

**TD** : 14.0 h

---

SPM-HEP-011

*retour*

---

**TD** :

1. tbd (14.0 h)

---

## CONTROVERSE

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

**Total :** 18.0 h

**TD :** 18.0 h

SPM-HEP-018

*retour*

**Description :** L'objectif de ce cours est de contribuer à la formation citoyenne et critique des étudiants, en leur permettant de développer une capacité d'analyse des débats publics et de dialoguer de manière constructive face à des opinions divergentes.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours les élèves sauront reconnaître les dimensions d'une controverse et seront familiers avec quelques techniques permettant d'avancer vers sa résolution.

**Compétences évaluées :**

- Business Intelligence

---

**TD :**

1. tbd (18.0 h)

**Description :** Ce cours propose une introduction à l'ingénierie des systèmes complexes, en mettant l'accent sur les approches modernes de modélisation et de simulation. Il s'appuie sur la démarche MBSE (Model-Based Systems Engineering) pour structurer la conception des systèmes tout au long de leur cycle de vie. Les étudiants découvrent le langage SysML à travers un atelier sur l'outil Cameo System Modeler, afin de formaliser exigences, fonctions et architecture. Le cours explore également des paradigmes complémentaires : la modélisation multi-agents (avec NetLogo) pour représenter des systèmes à comportements émergents, et la modélisation de systèmes cyber-physiques (avec OpenModelica) pour simuler des composants physiques et leur interaction avec des systèmes de contrôle. Une introduction à la norme FMI permet de comprendre les enjeux de co-simulation entre modèles hétérogènes. En complément, une présentation de l'AFIS éclaire le rôle de l'ingénieur système dans l'industrie française, et un témoignage professionnel permet d'illustrer les usages concrets des jumeaux numériques.

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours, les élèves sauront se poser les questions pertinentes pour concevoir un système, incluant des questions de modélisation, et auront des pistes de réponse.

**Modalités d'évaluation :** QCM et étude de cas (1h30)

**Compétences évaluées :**  
— Analyse Systèmes

---

**CM :**

1. Introduction à l'ingénierie système (définitions, historique, motivations, concepts système) (2.0 h)
2. MBSE (définitions, évolution, cycles de vie, interfaces, processus, exigences, V&V (2.0 h)
3. Introduction à SysML (1.0 h)
4. modélisation et simulation à base d'agents (1.0 h)
5. modélisation de systèmes cyber-physiques et co-simulation (1.0 h)
6. AFIS (2.0 h)
7. Jumeaux Numérique (2.0 h)

**TP :**

1. familiarisation avec un logiciel de modélisation SysML, mise en évidence des liens entre diagrammes (3.0 h)
2. modélisation et simulation à base d'agents (3.0 h)
3. modélisation de systèmes cyber-physiques et co-simulation (3.0 h)

---

## ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE S08

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

**Total :** 21.0 h

**TD :** 21.0 h

---

SportS08

*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 INGÉNIEUR

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

---

SPM-STA-002

*retour*

**Description :** Stage en entreprise, entre la deuxième et la troisième année, d'une durée minimum de 12 semaines.

Ce stage a pour objectif de mettre les étudiants dans une situation d'ingénieur-assistant afin qu'ils approfondissent leurs connaissances et compétences professionnelles. L'étudiant doit être intégré à une équipe et placé sous la responsabilité d'un ingénieur. Il doit participer aux activités de l'équipe à un niveau d'initiative et d'autonomie cohérente avec son niveau de formation.

Lors de son immersion, l'étudiant doit à la fois répondre aux enjeux techniques de leur travail et prendre le recul nécessaire sur les dimensions méthodologiques, éthiques et organisationnelles de son travail.

**Modalités d'évaluation :** Evaluation PASS/FAIL sur la base de la remise d'un rapport de stage. L'évaluation prendra en compte ces deux dimensions et les capacités d'intégration, de travail en équipe et de communication de l'étudiant.

**Compétences évaluées :**

- Conception Génie Physique
- Modélisation Physique
- Traitement Données
- Analyse Systèmes
- Business Intelligence

---

## LANGUES VIVANTES ET CULTURE 1

**Responsable de cours :** Elisabeth Leuba

**Total :** 21.0 h

**TD :** 21.0 h

LV1S08

[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

LV2S08

*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)