



CentraleSupélec

université
PARIS-SACLAY

CURSUS INGÉNIEUR CENTRALESUPÉLEC DE SPÉCIALITÉ

Physique

Systèmes quantiques,
photonique, nanotechnologies

CentraleSupélec, l'excellence en sciences de l'ingénierie



UNE FORMATION DIVERSIFIÉE ET DE HAUT NIVEAU

CentraleSupélec est un établissement public, cofondateur de l'Université Paris-Saclay, 12e au classement de Shanghai 2024. Elle propose une offre de formation en ingénierie de haut niveau, allant du Bachelor au doctorat qui réunit 4 600 élèves. L'École propose également des formations complémentaires pour élargir ou renforcer ses compétences tout au long de la vie.



INNOVATION ET RECHERCHE DE POINTE

Avec ses 18 laboratoires de recherche, dont 2 à l'international (à Singapour et Montréal) et 9 en collaboration avec le CNRS répartis sur quatre campus (Paris-Saclay, Metz, Rennes et Reims), CentraleSupélec offre à ses étudiants un environnement de recherche de haut niveau dans de nombreux domaines. Grâce à son accélérateur « 21st by CentraleSupélec », l'École encourage l'innovation et l'entrepreneuriat, permettant aux étudiants de réaliser des avancées techniques majeures par des innovations de rupture et de bénéficier d'un accompagnement pour la création de startups.



UN RÉSEAU INTERNATIONAL D'EXCELLENCE

Reconnue parmi les meilleures écoles d'ingénierie au monde, CentraleSupélec propose plus de 180 partenariats internationaux. Les étudiants ont ainsi accès à de nombreuses opportunités d'études à l'étranger, renforçant leur expérience internationale et leur réseau professionnel dans un contexte interculturel.



UNE COOPÉRATION ÉTROITE AVEC LE MONDE SOCIO- ÉCONOMIQUE

Depuis 1829, CentraleSupélec travaille en interaction étroite avec le monde économique. Plusieurs centaines d'entreprises soutiennent ainsi ses programmes de formation et ses activités de recherche, à travers des partenariats, des chaires et des contrats de recherche.



UNE COMMUNAUTÉ D'ALUMNI DYNAMIQUE ET SOLIDAIRE

Le réseau dynamique de 55 000 alumni et la Fondation CentraleSupélec sont mobilisés pour soutenir les projets de l'École et accompagner les élèves dans la réussite de leur projet professionnel au travers de mentorat, de bourses de stages, d'offres de stages,



REJOIGNEZ LA RÉFÉRENCE EN INGÉNIERIE

Venez explorer les opportunités qu'offre CentraleSupélec, où excellence académique, recherche de pointe et innovation s'unissent pour façonner les ingénieurs du futur qui répondront aux besoins de la société.

OBJECTIFS ET ENJEUX DU CURSUS

Déployé sur le campus Metz, le cursus d'ingénieurs CentraleSupélec de spécialité Ingénierie Physique, systèmes quantiques, photonique et nanotechnologies a pour but de former des ingénieurs capables de :

- Combiner une expertise scientifique et technique approfondie avec une compréhension globale des enjeux liés à leur domaine ;
- Utiliser les outils techniques de leur discipline pour analyser les problèmes et proposer des solutions solides et innovantes, en tenant compte de la dimension multidisciplinaire de l'ingénierie ;
- Développer des compétences scientifiques et techniques tout en améliorant leur communication, leur capacité à travailler en équipe et à perfectionner ses compétences de façon autonome et continue, afin de répondre à de nouveaux défis et de prendre des décisions face à des systèmes de plus en plus complexes.

Le cursus en ingénierie Physique a pour vocation de former des ingénieurs-physiciens de très haute compétence scientifique et technique afin de relever les grands défis techniques actuels et futurs en s'appuyant sur des connaissances approfondies dans des domaines de pointe comme **les systèmes quantiques, la photonique et les nanotechnologies**. En complément, le cursus permet d'acquérir des compétences scientifiques transversales, telles que les **mathématiques appliquées, l'intelligence artificielle, et les sciences des systèmes**.

Cette formation apporte également une ouverture aux sciences humaines et à la gestion d'entreprise, pour mieux appréhender la gestion de projets innovants et multidisciplinaires, dans les domaines et les technologies de pointe. Les enjeux socio-économiques et climatiques du 21^{ème} siècle sont également abordés, conformément aux recommandations du Shift Project.

ACTIVITÉS VISÉES À L'ISSUE DE LA FORMATION :

Gestion de projets techniques et management éthique et responsable dans un contexte académique ou industriel

Modélisation et simulations numériques de systèmes complexes et de phénomènes physiques

Modélisation et simulations numériques de systèmes complexes et de phénomènes physiques

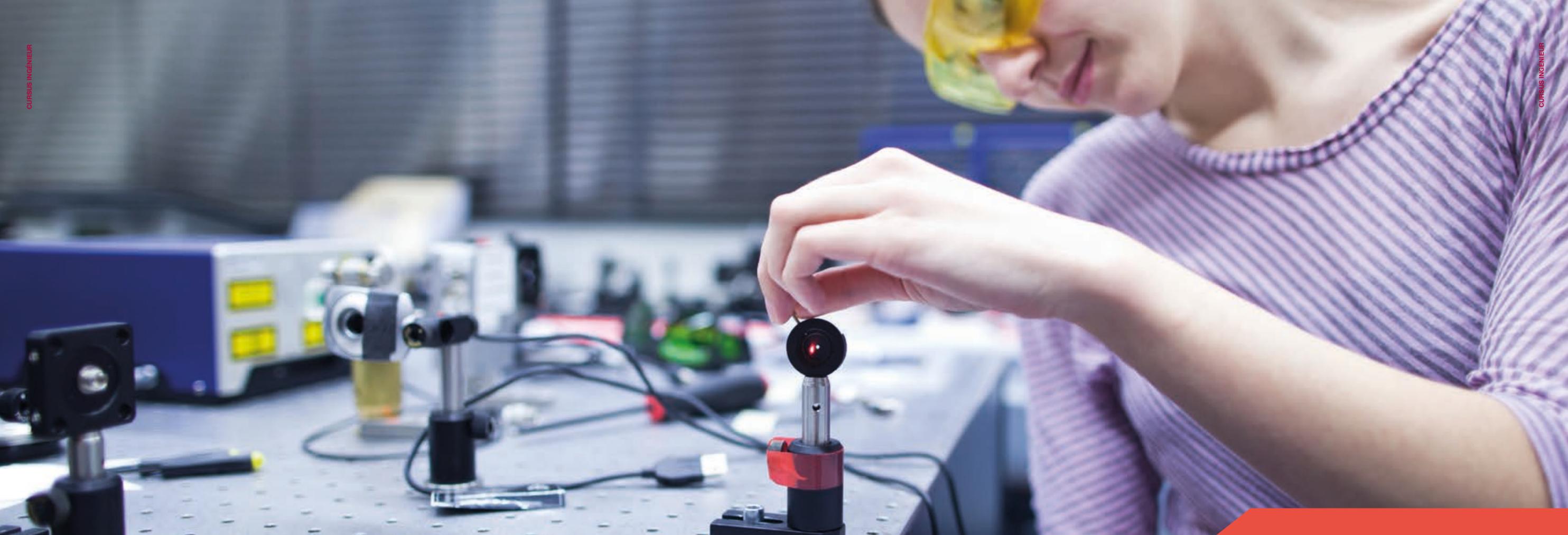
Mise en œuvre d'une approche système pour le développement d'architectures matérielles

Traitement et Analyse des données par des approches mathématiques et numériques

Conduite d'une démarche de recherche scientifique rigoureuse et innovante

Conception et développement de composants ou de systèmes quantiques, photoniques, et nanotechnologiques

Enrichissement et formalisation des connaissances et savoir-faire au sein de son organisation



Structure du programme et grands axes

Le cursus est structuré en six semestres. Ceux de printemps (S6, S8, S10) comprennent une période de formation en entreprise (stage). En troisième et dernière année du cursus, les étudiants ont la possibilité de poursuivre le cursus en contrat de professionnalisation.

39
SEMAINES
DE STAGE MINIMUM

18
SEMAINES MINIMUM
D'EXPERIENCE INTERNATIONALE

En dehors des domaines communs, la formation que nous proposons repose sur 4 domaines d'approfondissement :



La proportion des enseignements pluridisciplinaires augmente progressivement pour atteindre 85% en fin de cursus. Ainsi, les cours deviennent de plus en plus intégratifs et se concentrent chaque semestre sur des questions plus transversales et complexes.

Humanités, Entreprises et Professionnalisation

Les ingénieurs du XXI^e siècle sont formés à concevoir des solutions innovantes et durables en tenant compte des enjeux écologiques et des limites de la planète. Leur formation repose sur une approche interdisciplinaire.

Ces enseignements représentent 35% des quatre premiers semestres et sont structurés en 4 axes :

- 1 ENJEUX SOCIO-ÉCOLOGIQUES**
Ces cours traitent des enjeux socio-écologiques sous un angle systémique, historique et prospectif. Les élèves y développent des compétences pour comprendre et gérer les interconnexions, les risques et les perspectives des systèmes complexes.
- 2 SYSTÈME/OUTILS/APPLICATIONS**
Ces enseignements sensibilisent les étudiants aux enjeux socio-écologiques par l'utilisation de méthodes agiles de gestion de projet. Il aborde également l'ingénierie système par l'application, dans des projets concrets, de méthodes pour la créativité, la dynamique d'équipe et la communication.

Les enseignements visent à former les étudiants aux aspects non scientifiques et non techniques du métier d'ingénieur. Ils visent à développer leur projet professionnel, leur compréhension de l'environnement de travail, leur prise en compte des enjeux de transitions, leur conscience éthique et leur posture professionnelle dans un contexte international et multiculturel.

- 3 INNOVATION/ENTREPRENEURIAT**
Les enseignements dispensés sur l'innovation et l'entrepreneuriat appréhendent les mécanismes et les conditions de succès dans un environnement incertain et dynamique.
- 4 PROJET PROFESSIONNEL**
Cet axe est abordé lors de cours visant à fournir des outils pour la connaissance de soi, la compréhension des dynamiques d'équipe et la sociologie des organisations, en lien avec des activités de professionnalisation.

Ces axes sont complétés par des enseignements de langues vivantes, d'éducation physique et sportive, ainsi que des projets et stages en entreprise, pour préparer les étudiants à interagir de manière constructive avec des experts et à réfléchir sur leurs pratiques professionnelles.

FORMER L'INGÉNIEUR-PHYSICIEN

Le diplôme prépare les étudiants à devenir des ingénieurs-chercheurs ou ingénieurs-entrepreneurs dans les sciences et technologies de pointes, incluant les nanotechnologies, la photonique et les systèmes quantiques. L'enseignement est dispensé par des enseignants-chercheurs de CentraleSupélec, des partenaires académiques, et des intervenants du monde socio-économique. La formation bénéficie de laboratoires de renommée nationale et internationale et du réseau d'entreprises partenaires de l'École. L'environnement d'enseignement et de recherche en Physique, Photonique et Nanotechnologies dans la Région Grand-Est est unique en France, soutenu par la Chaire Photonique et l'Institut Photonique, qui regroupent plus d'une dizaine d'acteurs académiques et industriels.

Sciences et Techniques pour l'Ingénierie Physique

La formation de l'ingénieur CentraleSupélec de spécialité Physique repose sur deux piliers fondamentaux :

- L'approche « **Composants** » est la synthèse des savoirs et savoir-faire issus de la physique appliquée à la création de dispositifs techniques avancés.
- L'approche « **Systèmes** » garantit aux ingénieurs des savoir-faire dans la modélisation, le traitement et la résolution des problèmes d'ingénierie.

Le positionnement scientifique de l'ingénierie physique à CentraleSupélec repose sur trois thématiques connexes : **les systèmes quantiques, la photonique et les nanotechnologies**. Ce sont des secteurs techniques stratégiques à l'échelle nationale et européenne.

PHOTONIQUE

Cette science exploite les propriétés du photon. Elle est considérée comme essentielle dans de nombreux secteurs industriels (télécommunications, biotechnologies, énergies renouvelables, etc.). Les thématiques abordées dans le cursus couvrent entre autre les interactions lumière-matière, la modélisation et les applications des lasers, le traitement optique de l'information, la conception de systèmes d'imagerie optique, le développement de circuits photoniques intégrés et l'optique ultra-rapide. Les compétences sont mises en pratiques dans le cadre de travaux expérimentaux en laboratoire, de simulations numériques sous les environnements Matlab / Python et au travers de projets scientifiques.

NANOTECHNOLOGIES

Les nanotechnologies se réfèrent aux processus de fabrication et à l'analyse de dispositifs exploitant les phénomènes quantiques, électroniques et optiques à l'échelle nanométrique. Le cursus fournit aux étudiants des connaissances et des méthodes sur l'intégration micro et nanoélectronique, la création et synthèse de matériaux, les techniques de nano-fabrication et sur la modélisation des phénomènes physiques à l'échelle nanométrique. Les connaissances sont évaluées au travers d'activités de simulations numériques et expérimentales, notamment en salle blanche pour la réalisation de composants.

INGÉNIERIE QUANTIQUE

L'ingénierie quantique (Quantum Engineering) englobe les technologies et systèmes utilisant les propriétés quantiques pour créer de nouvelles solutions en traitement de l'information, en communications et en métrologie. Ces enseignements présentent le formalisme et les outils ayant permis le développement de l'algorithmique quantique, des protocoles de communication quantique ultra-sécurisés, et de plateformes technologiques (photonique, microélectronique, atomiques) pour la création d'ordinateurs quantiques.

ENTREPRENEURIAT

Sur le campus de Metz l'innovation et l'entrepreneuriat sont abordés de manière holistique et pluridisciplinaire, avec des cas pratiques et des témoignages pour rendre ces sujets concrets. La formation, incluse dans les cours d'humanités, entreprises et professionnalisation « Innovation/ Entrepreneuriat », sollicite l'intervention de professionnels extérieurs et l'apprentissage par la pratique via des projets entrepreneuriaux. Des collaborations interdisciplinaires et des immersions en entreprise sont encouragées. Les étudiants peuvent accéder au statut d'étudiant entrepreneur et bénéficier de soutiens, notamment via l'espace Le Repaire du Campus de Paris-Saclay dédié à l'entrepreneuriat.

Ceux intéressés par l'entrepreneuriat peuvent participer à la Startup Week de CentraleSupélec et suivre un parcours entrepreneurial en deuxième année. En dernière année, ils peuvent développer leur projet entrepreneurial avec le soutien des enseignants et des incubateurs.

RECHERCHE

La formation d'ingénieur en Physique est orientée vers la recherche, préparant les élèves à poursuivre en thèse et à embrasser une carrière académique. Les enseignants-chercheurs, affiliés aux laboratoires LMOPS (photonique) de l'Université de Lorraine, intègrent la recherche dans leur enseignement, offrant aux étudiants un contact direct avec le milieu académique à travers les cours, projets et interactions informelles. Le campus de Metz encourage aussi les échanges entre étudiants et chercheurs. Les étudiants assistent aux séminaires des laboratoires et sont formés à la recherche et à la communication scientifique dès le début de leur cursus.

Pour ceux qui s'intéressent à la recherche, un parcours spécifique en deuxième année inclut un projet de recherche avec un enseignant-chercheur. En troisième année, ils rédigent un mémoire de master.

Première année

La première année est consacrée à l'introduction et à l'approfondissement de fondamentaux scientifiques et techniques en :

- mathématiques : analyse harmonique, fonctionnelle, méthodes numériques) ;
- physique et ingénierie physique : les fondements de la physique moderne (quantique et nanosciences) ;
- science des systèmes : les bases de l'identification, de la modélisation, du traitement du signal et de la conception de circuits électroniques ;
- informatique et sciences des données : méthodes de programmation en C/C++ et Python pour des applications scientifiques.

Des enseignements en Humanité, Entreprise et Professionnalisation (HEP) et langues vivantes sont proposés ainsi qu'une large initiation à la recherche (deux projets et un enseignement dédié).

PHYSIQUE		HUMANITÉS ENTREPRISES ET PROFESSIONNALISATION	
Physique Quantique	66 heures	Communication Ecrite et Orale	15 heures
Physique Statistique	25 heures	Science et Vie de la Terre	12 heures
Électromagnétisme. Propagation / Guidage	21 heures	Systèmes économiques, industriels & financiers	15 heures
Matière condensée. Nanosciences	30 heures	Communs	12 heures
Domaine émergent de la physique	12 heures	Gestion de Projet	15 heures
		Gestion Financière	15 heures
		Suivi Professionnel	2 heures
INGÉNIERIE PHYSIQUE		LANGUES ET CULTURES	
Ingénierie Quantique (électif)	48 heures	Anglais	42 heures
Ingénierie et Physique des systèmes complexes (électif)	48 heures	Langue vivante 2	42 heures
MATHÉMATIQUES		SPORT	
Probabilités	24 heures	Sport	42 heures
Mathématiques pour l'ingénieur	36 heures		
Statistiques	24 heures		
Simulation numérique des équations physiques	24 heures		
SCIENCES DE L'INGÉNIEUR & SYSTÈMES			
Signaux et Systèmes	36 heures		
Commande des Systèmes dynamiques	36 heures		
Électronique Analogique et Numérique	33 heures		
INFORMATIQUE ET SCIENCES DES DONNÉES			
Python pour les scientifiques	36 heures		
Introduction à la programmation C++	25 heures		
Outils de l'informatique libre	14 heures		
PROJETS, INNOVATION, ET RECHERCHE			
Initiation à la Recherche	24 heures		
Projet Scientifique Collaboratif	24 heures		
Projet de Dissémination Scientifique	26 heures		

PHYSIQUE ET INGÉNIERIE QUANTIQUE

Le cours de Physique Quantique introduit ses concepts fondamentaux en utilisant son formalisme mathématique moderne dans différents domaines d'applications. Le cours propose, entre autres sujets, les expériences fondatrices, les notions de physiques ondulatoire, les postulats, l'algèbre d'opérateur, le concept de spin, les systèmes à deux niveaux, l'intrication quantique, les méthodes perturbatives, les particules indiscernables et la description des atomes. Les applications techniques sont également vues en travaux dirigés notamment le MASER, l'horloge atomique, la cryptographie quantique, et la résonance magnétique nucléaire (RMN). Ce cours constitue les fondations indispensables pour les cours thématiques de photonique, d'ingénierie quantique et de nanosciences.

TRAVAUX EXPÉRIMENTAUX

Déployés dès la 1^{ère} année, ils sont au cœur de la formation en ingénierie physique et permettent une mise en pratique des concepts théoriques étudiés en cours magistraux. Ils font appel aux plateformes expérimentales et aux équipements scientifiques à l'état de l'art et représentatifs de ce que les étudiants peuvent retrouver dans un environnement de R&D industriel ou dans un laboratoire de recherche académique. En Informatique, Sciences des systèmes et Mathématiques Appliquées, les travaux expérimentaux font principalement appel à de la simulation numérique sur logiciel libre (ex. : Python, R) ou propriétaires (ex. : Matlab, Comsol) encore très répandus dans le monde industriel. En Physique et Ingénierie Physique, ils s'effectuent principalement sur des bancs expérimentaux. Enfin les travaux expérimentaux sont aussi l'occasion de faire intervenir les partenaires industriels et académiques pour l'étude de cas d'usage.

INTRODUCTION À LA PHYSIQUE DE LA MATIÈRE CONDENSÉE / NANOSCIENCES

Ce cours propose une première immersion au cœur des nanosciences et de la physique de la matière condensée où les effets quantiques deviennent prédominants. Les étudiants apprennent à comprendre et modéliser les phénomènes dans les solides et les matériaux semi-conducteurs (structures de bande, densité d'état, masse effective), les phénomènes de transport (diffusion, effet Hall) et vibratoires (phonons), les nanostructures (graphène, nanotubes), tout en découvrant des applications concrètes comme la nano-électronique, ou la synthèse de nouveaux matériaux.

INITIATION À LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET L'INNOVATION

Elle comprend entre autres un module d'initiation à la recherche qui vise à développer des compétences telles que la conduite d'une démarche scientifique innovante, la communication scientifique, la sensibilisation à l'éthique et à l'esprit critique, et la capacité à rédiger des projets de recherche.

Un projet scientifique collaboratif (PSC) est également proposé sur les deux semestres, et aborde des sujets en ingénierie physique, proposés par l'équipe enseignante ou par les étudiants. Il met en pratique les compétences de recherche bibliographique, de définition d'une problématique et de communication orale. Cette communication est principalement réalisée sous forme numérique (vidéos, animations, article de blog), accessible au grand public, et présentant en quelques minutes l'objet du PSC et ses résultats.

Parallèlement, un cycle de séminaires et conférences scientifiques sont organisées sur les domaines émergents de la physique afin de sensibiliser aux métiers de la recherche.

Deuxième année

La 2^{ème} année approfondit des thématiques développées dans les enseignements scientifiques et techniques de 1^{ère} année et introduit des concepts avancés en sciences des systèmes (automatique avancée, architectures électroniques intégrées, traitement statistique du signal), en sciences des données (données massives et intelligence artificielle) et en physique et ingénierie. Elle met aussi en place les grands thèmes du cursus de spécialité et assure ainsi une bonne préparation aux enseignements de la 3^{ème} année.

Une proportion importante des enseignements est consacrée à la physique et à l'ingénierie physique avec plus de 50% du volume horaire de l'ensemble des enseignements scientifique et techniques dont une part importante est dédiée à la photonique, à la programmation quantique et aux nanotechnologies.

PHYSIQUE		HUMANITÉS ENTREPRISES ET PROFESSIONNALISATION	
Optique Quantique	24 heures	Science et Vie de la Terre	14 heures
Optique Moderne	36 heures	Systèmes économiques, industriels & financiers	14 heures
Interaction Lumière-Matière. Lasers	21 heures	Les entreprises et leurs transformations	27 heures
Nano-physique	24 heures	Innovation	35 heures
INGÉNIERIE PHYSIQUE		Ingénierie Système	15 heures
Photonique	36 heures	Suivi Professionnel	2 heures
Calcul et Algorithmique quantique	36 heures	LANGUES ET CULTURES	
Nanotechnologies	36 heures	Anglais	42 heures
MATHÉMATIQUES		Langue vivante 2	42 heures
Optimisation	24 heures	SPORT	
Méthodes numériques avancées	24 heures	Sport	42 heures
SCIENCES DE L'INGÉNIEUR & SYSTÈMES			
Automatique	36 heures		
Traitement Statistique du Signal	36 heures		
Intégration micro-électronique	36 heures		
INFORMATIQUE ET SCIENCES DES DONNÉES			
Données Massives et Apprentissage Machine	57 heures		
PROJETS, INNOVATION, ET RECHERCHE			
Projet Innovation et Recherche	60 heures		
Recherche et Développement en Ingénierie Physique	12 heures		
Transitions industrielles	26 heures		

INTERACTION LUMIÈRE MATIÈRE ET INTRODUCTION AUX LASER

Ce cours présente les principes de l'interaction-lumière matière en adoptant le formalisme semi-classique (traitement quantique de la matière et classique du rayonnement) afin de décrire les mécanismes d'émission stimulée et spontanée. Ceci permet d'établir les principes de fonctionnement des lasers et d'en présenter les régimes dynamiques (continus, impulsionnels). Des applications utilisant les lasers sont présentées avec la possibilité de manipuler et refroidir des atomes.

DONNÉES MASSIVES ET APPRENTISSAGE MACHINE

L'objectif du cours est d'aborder les sciences des données et l'intelligence artificielle, notamment dans une perspective de modélisation et contrôle des systèmes physiques. Le cours présente différentes méthodes d'analyse statistiques des données (ACP, décomposition en modes orthogonaux) ainsi que leur implémentation numérique. Il introduit des notions d'analyse spectrale, en représentation parcimonieuse et en réduction de modèles mathématiques. Les notions d'apprentissage statistique sont abordées avec l'introduction des réseaux de neurones artificiels, des approches de deep-learning pour la découverte de modèles physiques et l'apprentissage par renforcement pour des applications en contrôle de systèmes. Une ouverture sur les larges modèles de langage (LLM) est également proposée.

LE PROJET INNOVATION ET RECHERCHE

Ce projet permet d'initier les étudiants à la recherche académique en Ingénierie Physique. Le travail demandé inclut une étude bibliographique, une recherche de solutions innovantes par modélisation, simulations et/ou expériences en laboratoire et la rédaction d'un article scientifique en anglais. Les étudiants présentent le résultat de leurs travaux lors d'une soutenance en respectant les normes des colloques scientifiques internationaux.

CALCUL ET ALGORITHMIQUE QUANTIQUE

Ce cours présente les fondamentaux et les applications pratiques des ordinateurs quantiques avec une exploration des architectures contemporaines. Il couvre le formalisme du calcul et de la programmation quantique digitale exploitant la superposition et l'intrication pour les calculs quantiques. Une introduction aux circuits quantiques permet de comprendre les bases pratiques de la programmation quantique. Les étudiants explorent les circuits classiques (QFT, Grover, QPE) et leurs applications, tout en examinant les limitations sur les architectures existantes. Enfin, les étudiants sont confrontés aux circuits et algorithmes dits variationnels (QAOA, Vxx). Un mini-projet et de nombreux travaux expérimentaux sur simulateurs et machines quantiques sont proposés.

Troisième année

En consolidant les connaissances théoriques, la troisième année est une transition vers le projet professionnel. Elle consolide les connaissances théoriques et développe les compétences spécifiques en Photonique, en Systèmes et Technologies Quantiques, en Nano-ingénierie et en Physique Industrielle.

Une part importante de l'année est consacrée au projet de fin d'étude. Ce projet peut s'effectuer en entreprise dans le cadre d'un contrat de professionnalisation, dans un laboratoire de recherche de l'école ou au sein d'un incubateur (projet de start-up). L'année se termine par un stage de fin d'études de 22 semaines encadré par un enseignant et un tuteur en entreprise. Il offre une immersion professionnelle et permet aux étudiants de mettre en pratique les compétences acquises pendant le cursus. Les étudiants ont la possibilité de suivre un Master en double diplôme Physique Appliquée et Ingénierie Physique (PAIP) ou en Management co-accrédité par CentraleSupélec et l'Université de Lorraine. Des accords de dispenses de cours permettent de réduire le nombre d'heures supplémentaire induites pour l'obtention d'un double diplôme.

PHOTONIQUE		HUMANITÉS ENTREPRISES ET PROFESSIONNALISATION	
Composants Photoniques	24 heures	Controverse	18 heures
Photonique Non-linéaire	18 heures	Gestion des Ressources Humaines	18 heures
Photonique Ultra-rapide	21 heures	Systèmes juridiques et normatifs	12 heures
Intégration Photonique	21 heures	Suivi Professionnel	2 heures
INGÉNIERIE QUANTIQUE		Management	19 heures
Systèmes et Architecture Quantique	24 heures	Préparation au recrutement	15 heures
Technologies Quantiques. Calcul, Communications et Sensing	36 heures	LANGUES ET CULTURES	
NANO-INGÉNIERIE		Anglais	42 heures
Spintronique / nanomagnétisme	24 heures	Langue vivante 2	21 heures
Nanoélectronique et nanomatériaux	24 heures		
Nano-fabrication	24 heures		
PHYSIQUE INDUSTRIELLE			
Système d'imagerie et instrumentation	18 heures		
Mesure Physique pour l'industrie	18 heures		
Biophysique et applications	18 heures		
PROJETS, INNOVATION, ET RECHERCHE			
Projet de fin d'étude	120 heures		

PROJET DE FIN D'ÉTUDE (PFE)

Le PFE est un moment important de la formation en troisième année. Son sujet peut être orienté « recherche » et proposé par l'École ou un partenaire académique. Il peut également être orienté « industrie » dans le cadre de contrats d'étude industrielle (CEI). Le sujet est alors proposé par des entreprises partenaires de l'École. Le PFE met en œuvre un large spectre des connaissances et compétences acquises pendant les trois années de formation. Comme tous les projets du cursus, le PFE donne lieu à un rapport et à une soutenance. Dans le cas d'un contrat d'étude industrielle, l'entreprise participe à l'évaluation.

INGÉNIERIE PHOTONIQUE

L'enseignement en ingénierie photonique dispense une formation approfondie dans les domaines importants pour la recherche académique et industrielle (composants, non-linéarités, phénomènes ultra-rapides). Les étudiants découvrent les dernières innovations technologiques en photonique permettant de manipuler les propriétés de la lumière. Ces innovations sont utiles pour des applications de caractérisation de matériaux, de traitement d'information ou de communications. Cet enseignement fournit également un aperçu des techniques de fabrication et des innovations dans l'intégration photonique qui sont au cœur de l'optique moderne.

NANO-INGÉNIERIE

Cet enseignement propose une formation approfondie en nano-ingénierie et nanotechnologies. Il est axé sur la nano-électronique (architectures 2D et 3D, intégration hétérogène, technologies beyond-CMOS, transistor à 1 électron), la spintronique (mémoire magnétiques, transistor Spin-FET, diode tunnel magnétique) et les techniques avancées de nano-fabrication (lithographie, génération de substrat, nano-caractérisation, processus pour l'intégration VLSI). Le cours se conclut par une expérience pratique en salle blanche dans un environnement semi-industriel.

INGÉNIERIE QUANTIQUE

Ce cours présente les technologies et dispositifs quantiques. Il explore les ressources quantiques pour le calcul (qbits photoniques, supraconducteurs, et silicium, ions piégés, atomes neutres). Il présente également la conception de systèmes de métrologie de précision extrême, les protocoles de cryptographie quantique (variables continues et discrètes) basées sur l'optique quantiques et leurs évolutions en réseaux quantiques. Il s'intéresse aux composants matériels des ordinateurs quantiques, ainsi qu'aux solutions algorithmiques pour leur programmation. Il explique les principes de conception des plateformes matérielles, leur exploitation, et les défis techniques actuels et futurs.

Contrat de professionnalisation

Il est possible de suivre la 3e année dans le cadre d'un contrat de professionnalisation.

Ce contrat permet d'alterner des périodes de formation théorique dispensées sur le campus de CentraleSupélec à Metz avec des périodes en entreprise.

L'élève-salarié travaille pour son employeur, a les mêmes droits et est soumis à la même réglementation du travail que les autres salariés de son entreprise.

L'élève bénéficie ainsi d'un tuteur en entreprise et d'un maître d'apprentissage à l'École.

RÉMUNÉRATION :
80%
DU SMIC (DONNÉES 2024)



+
FRAIS DE SCOLARITÉ PRIS EN CHARGE PAR L'ENTREPRISE.



Campus de Metz

UN CAMPUS AU CŒUR DE L'EUROPE

Situé au sein de la Technopole de Metz, le campus de CentraleSupélec s'étend sur 7,7 hectares. Il abrite un bâtiment dédié à l'enseignement et à la recherche avec deux laboratoires, un restaurant universitaire, ainsi que des tiers lieux (FabLab, Médiathèque, Le Repaire - espace de coworking dédié à l'entrepreneuriat). Sa localisation stratégique place le campus au cœur de l'écosystème européen, renforçant ses partenariats avec des institutions prestigieuses comme l'Université de Lorraine, l'Université du Luxembourg, le campus de Metz des Arts et Métiers, ainsi que le campus européen de Georgia Tech.

Metz est également le berceau de l'écologie urbaine, un concept inventé il y a 50 ans par Jean-Marie Pelt. Cette tradition de réflexion sur l'urbanisme durable fait de Metz un acteur clé des discussions sur les transitions écologiques et énergétiques à l'échelle européenne. Le campus de CentraleSupélec s'inscrit pleinement dans cette dynamique en contribuant à des projets en lien avec la durabilité et l'innovation technique.

Relations Entreprises

CentraleSupélec facilite les interactions entre ses partenaires, ses étudiants, ses enseignants-chercheurs et ses équipes de recherche, dans le but de créer de la valeur pour tous. Ces partenariats couvrent la formation, la recherche, l'innovation et l'entrepreneuriat. En entretenant des liens étroits avec des entreprises de toutes tailles, l'École établit des connexions constantes entre ses membres et le monde de l'entreprise, avec un réseau de partenaires qui s'étend à l'international.



150
ENTREPRISES PARTENAIRES DONT 30 PME/ETI/START-UP



560
INTERACTIONS AVEC LES ENTREPRISES



18
CHAIRES DE RECHERCHE ET D'ENSEIGNEMENT



1
INCUBATEUR ET SON FAB-LAB D'UNE CAPACITÉ D'ACCUEIL DE 20 START-UPS, DE 6 À 24 MOIS



6
FORUMS DE RECRUTEMENT ANNUELS



7ÈME
MONDIAL ET 1ER EUROPÉEN EN RÉPUTATION EMPLOYEUR (QS 2020)



UNE OFFRE DE LOGEMENT À PROXIMITÉ DE L'ÉCOLE

La résidence étudiante, située sur la Technopôle de Metz, est à quelques pas du campus et du Lac Symphonie. Plusieurs types de logement sont disponibles, notamment des studios et des colocations. En outre, la métropole de Metz propose de nombreuses autres options de logement à proximité pour répondre aux besoins variés des étudiants.



UN RÉSEAU DE TRANSPORTS PERFORMANT

Metz bénéficie d'une connexion directe avec le cœur de Paris en seulement 1h30 grâce au TGV au départ de la Gare de l'Est. En ville, le réseau de transports en commun est structuré autour des lignes de bus Mettis, qui permettent de rejoindre le centre-ville en une vingtaine de minutes. Le campus est également accessible par un réseau de pistes cyclables, favorisant des déplacements écologiques.



UNE OFFRE DE SERVICES COMPLÈTE

Grâce à ses partenariats avec des acteurs locaux, CentraleSupélec propose diverses aides en matière de santé, notamment pour la médecine étudiante en collaboration avec l'Université de Lorraine. Le campus dispose également d'installations sportives variées, permettant la pratique de sports individuels (fitness, musculation, cyclisme en salle) ainsi que de sports collectifs (badminton, basketball, football, volley-ball, rugby), en intérieur ou en extérieur.

Un réseau planétaire d'excellence

Les cursus ingénieurs de CentraleSupélec offrent de très nombreuses possibilités d'expériences à l'international. Sous la forme d'un double diplôme, d'une expérience académique ou en entreprise, vous pouvez étudier aux quatre coins du monde :

CENTRALESUPÉLEC, L'ÉCOLE DE L'INTERNATIONAL

 **200**
UNIVERSITÉS PARTENAIRES
DANS 50 PAYS

 **2**
LABORATOIRES INTERNATIONAUX
(SINGAPOUR, CANADA)

 **+70**
NATIONALITÉS SUR
LES CAMPUS

 **22%**
D'ENSEIGNANTS ET
ENSEIGNANTS-CHERCHEURS
INTERNATIONAUX

 **80**
ACCORDS DE DOUBLES
DIPLOMES

 **30%**
D'ÉLÈVES INTERNATIONAUX
DANS LES CYCLES INGÉNIEURS

 **2**
LANGUES VIVANTES
OBLIGATOIRES DONT
L'ANGLAIS

 **3**
CAMPUS À L'ÉTRANGER :
CENTRALE PÉKIN (CHINE),
MAHINDRA ÉCOLE CENTRALE (INDE)
ET CENTRALE CASABLANCA (MAROC)

ÉTATS-UNIS

- MIT
- Harvard
- Stanford
- Princeton
- Cornell
- Columbia
- Georgia Tech

ROYAUME-UNI

- Cambridge
- Oxford
- London School of Economics
- Imperial College London

EUROPE

- École Polytechnique Fédérale de Lausanne - Suisse
- Technische Universität München - Allemagne
- Politecnico di Milano - Italie
- Royal Institute of Technology (KTH) - Suède
- Madrid Polytechnic University (ETSIM) - Espagne

JAPON

- Keio
- Todai
- Tohoku

BRÉSIL

- Univ. Estu. de Campinas - Unicamp
- Esc. Polytechnica da Univ de São Paulo
- Univ. Federal do Ceará (Fortaleza)
- Univ. Federal do Rio Grande do Sul
- Univ. Federal do Rio de Janeiro
- Pontificia Univ. Católica do Rio de Janeiro

CHINE

- Shanghai Jiaotong University
- Tsinghua University
- Beijing Jiaotong University
- Zhejiang University
- Xi'An Jiaotong
- SouthWest Jiaotong University
- École Centrale de Pékin

Une vie étudiante riche et variée

Le campus de Metz dispose de nombreux dispositifs accessibles aux étudiants et de nombreuses associations.



- **Le BDE** (Bureau des élèves) : gère la vie étudiante et associative de la résidence et organise l'intégration, des soirées, des voyages, des visites, des événements extérieurs et le Gala
- **La Coopé** : gérée par l'association du même nom, elle est un espace dédié à la détente et ouvert à tous les habitants de la résidence. Elle est le lieu idéal pour passer du bon temps entre amis, profiter du billard et du babyfoot, voir des films ou des matchs et boire un verre.
- **Impact** : Association qui a pour but de sensibiliser aux problématiques environnementales
- **Le PEEL** (pôle Entrepreneuriat Etudiants de l'Université de Lorraine) et la MIEEU (la Maison de l'Innovation, Entrepreneuriat, des Ecoles et de l'Université)
- **Le CAP** : la maison des étudiants & de la jeunesse
- **La web application « Metz l'Etudiante »** : une application qui promeut les atouts et l'attractivité de Metz en matière de vie étudiante et qui a la volonté d'améliorer les conditions de vie étudiante, valoriser le potentiel de formation et d'innovation de la Ville.
- **SONO** : assure l'animation des soirées de la résidence

Dotés d'une vie étudiante messine très riche, les élèves de CentraleSupélec organisent également des événements (tournois de sport, soirées, ...) avec leurs homologues des écoles voisines (Georgia Tech, ENSAM, ENIM, ESITIC, ...) ou avec les élèves-ingénieurs des campus de Paris-Saclay et Rennes.

L'année universitaire est donc ponctuée d'activités associatives et festives, qu'elles soient hebdomadaires ou annuelles.



On compte, parmi les plus importantes :

- **Le Week-End d'Intégration**, rassemblant les élèves-ingénieurs de tous les campus
- **Metz l'étudiante l'Event** : une semaine de célébrations étudiantes dans la ville de Metz avec notamment la soirée d'accueil des étudiants de première année des Grandes Ecoles au stade Saint Symphorien de Metz et le Grand défilé des étudiants



SPORTS

La pratique du sport est obligatoire les deux premières années. Les élèves choisissent une activité sportive non compétitive (EPS) et peuvent suivre une activité sportive de compétition (AS) encadrée par un enseignant de CentraleSupélec, en partenariat avec la Fédération Française du Sport Universitaire (FFSU).

Finalité :

Contribuer, par la pratique des activités physique, sportive et artistique, à la formation du futur cadre citoyen.

Objectifs :

1. Gérer sa pratique d'apprentissage, d'entraînement.
2. S'investir et gérer un groupe, une structure, un projet collectif.
3. Prendre en charge sa santé (physique, mentale, sociale) en tant que bien-être à réguler en permanence.

Compétences acquises en fin de cursus :

- Maîtriser les fondamentaux techniques et tactiques en vue d'être performant
- Prendre en charge sa santé et sa sécurité, et gérer ses émotions
- Travailler en équipe : écouter, communiquer, fédérer, manager
- Gérer des projets complexes en liaison avec les associations sportives de l'École

LANGUES ET CULTURES

Les cours de langues et cultures vous préparent à évoluer dans un environnement professionnel en vous immergeant dans des simulations de situations réelles pour une utilisation efficace des langues étrangères. Une approche pédagogique variée est déployée pour permettre aux élèves de monter en compétence à l'écrit et à l'oral, en discussions, présentations et organisation d'idées.

En parallèle, les compétences interculturelles sont développées. Elles sont essentielles pour le marché du travail mondialisé. Vous apprendrez à adapter votre communication à divers contextes culturels, renforçant votre compréhension et votre aptitude à gérer des situations interculturelles.

Vous serez également formés à mener des collaborations et négociations efficaces en milieu académique et professionnel.



CAMPUS DE PARIS-SACLAY



CAMPUS DE METZ



CAMPUS DE RENNES

PLUS D'INFORMATIONS

Contactez-nous sur :

admissions@centralesupelec.fr

Suivez-nous sur :



www.centralesupelec.fr



Admissions

- **NOMBRE DE PLACES** (septembre 2025) :
25
- **DROITS DE SCOLARITÉ** :
3 500€/an pour les étudiants UE et
5 900€/an pour les non UE
- **ACCÈS** :
Concours Centrale-Supélec,
Concours Centrale-Supélec étrangers,
Concours Universitaire des Écoles Centrale.
- **FRAIS DE CONCOURS** :
140 € (permet de postuler à l'ensemble
des cursus d'ingénieurs de CentraleSupélec)

