

## **MASTER PROFESSIONNEL PHYSIQUE DE L'ENERGIE ET DE LA TRANSITION ENERGETIQUE**

Le renouvellement des effectifs dans les grands groupes et les entreprises du secteur de la production d'électricité, la modernisation des installations et les projets de développement des énergies nouvelles renouvelables dopent les recrutements de cette filière au niveau national et international. En partenariat avec le groupe EDF, l'Université Paul Sabatier crée un **Master professionnel Physique de l'énergie et de la transition énergétique** pour former des ingénieurs pluridisciplinaires ayant les compétences spécifiques aux métiers de la production et de la distribution d'électricité. D'autres grands groupes, PME et PMI s'associeront à ce partenariat et apporteront leur expertise.

Le Master Physique de l'énergie et de la transition énergétique offre un diplôme de niveau Bac+5 avec un statut d'ingénieur, et permet également d'entreprendre une thèse dans un laboratoire public ou privé R&D.

Cette formation s'appuie donc sur les savoirs et les connaissances scientifiques portés par les Départements de Physique, d'EEA et de Chimie ainsi que sur le soutien de laboratoires dont l'UPS est une des tutelles : l'Institut Carnot Centre Interuniversitaire de Recherche et d'Ingénierie sur les MATériaux (CIRIMAT – UMR 5085), le Laboratoire de Génie Chimique (LGC – UMR 5503), le Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie (LAPLACE – UMR 5213) et l'institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie (IRAP – UMR 5277).

Cette formation accueille, après entretien, des étudiants provenant de plusieurs Master niveau 1 : physique, physique appliqué, énergétique, physique-chimie, EEA, sciences des matériaux... et des étudiants en écoles d'ingénieurs. Cette formation est aussi ouverte en contrat de professionnalisation.

Les demandeurs d'emploi et salariés (CIF et DIF possible) titulaires d'un diplôme dans ce domaine de niveau Bac+4 minimum ou équivalent (Validation d'Acquis possible) peuvent suivre ce Master. Une démarche de Validation d'Acquis de l'Expérience (VAE) pour une validation totale ou partielle du Master pourra être aussi engagée.

### **OBJECTIFS SCIENTIFIQUES ET PROFESSIONNELS – SECTEURS D'ACTIVITES**

Le secteur de la production d'énergie fait intervenir une large gamme de métiers et s'impose parmi les recruteurs les plus importants (Référence : le rapport sur les référentiels des métiers cadres du secteur de l'énergie, publié par l'Apec). Les recrutements se font dans les grands groupes internationaux de construction, d'exploitation et de maintenance des unités de production d'énergie : EDF, EDF énergies nouvelles, Areva... ainsi que dans les organismes de recherche et les PME-PMI. La plupart de ces structures consacrent une part importante de leurs activités aux études de recherche et développement dans le domaine des énergies renouvelables. L'étude des emplois montre aussi que les besoins principaux apparaissent dans les métiers de l'ingénierie, de l'exploitation, de la maintenance et de l'amélioration continue. Les entreprises ont aussi besoin que la maintenance soit de plus en plus spécialisée avec des demandes pour les métiers de la sûreté nucléaire.

Notre formation d'ingénierie est suffisamment pluridisciplinaire pour s'adapter aux demandes du secteur professionnel de l'énergie. Le socle de cette formation est la physique dans le domaine du nucléaire d'une part, et dans le domaine des énergies renouvelables (photovoltaïque, éolien...) d'autre part. Les secteurs énergétiques qui connaissent un fort développement comme le stockage de l'électricité, les piles à combustibles... sont aussi développés. Cette démarche est ensuite complétée par les disciplines permettant de suivre toutes les étapes depuis la conversion, puis la production de l'énergie électrique jusqu'à la distribution et le réseau. Les connaissances liées à la sûreté nucléaire et à la radioprotection, ainsi que les phénomènes de vieillissement, de durabilité et de corrosion se produisant sur les matériaux, seront aussi présentés dans cette formation. Notre volonté est d'offrir une

formation développant une démarche interdisciplinaire, en montrant l'importance du rôle de chaque discipline tout en préservant leurs aspects convergents pour les métiers du secteur de l'énergie.

Ce master 2 destiné aux étudiants en formation initiale, est aussi adapté, grâce à sa spécificité de pluridisciplinarité, aux stagiaires ou aux professionnels déjà spécialisés dans une discipline, mais qui souhaiteraient acquérir une double compétence spécifique aux nombreux métiers du secteur de l'énergie. Ce master vise donc pour les étudiants, soit l'insertion professionnelle à Bac+5 dans le secteur de l'énergie, soit une poursuite dans ce domaine en doctorat.

### COMPETENCES VISEES

Le Master 2 *Physique de l'énergie et de la transition énergétique* conduit à former des cadres qui ont pour vocation d'exercer leurs activités au sein des sites de production d'énergie électrique dans plusieurs domaines : la production d'énergie, la maintenance industrielle et la sûreté nucléaire. Des connaissances approfondies des propriétés physiques et chimiques des matériaux sont aussi développées permettant de préparer les étudiants au travail de recherche en laboratoire pour la réalisation d'une thèse dans des laboratoires publics ou industriels.

Dans un premier temps, la formation scientifique et technique vise à fournir les aptitudes nécessaires au développement de **l'activité de production d'énergie** :

- Suivre et faire évoluer la planification de la production électrique en fonction des flux, délais, approvisionnement
- Suivre et analyser les données de production d'une installation et déterminer les actions correctives
- Définir les modalités d'industrialisation des productions et coordonner la mise en fonctionnement des équipements et installations par des tests, essais, ...
- Etablir les rapports de production, proposer des évolutions et améliorations d'organisation, de productivité, de logistique

Cette formation permet ensuite d'accéder au niveau de responsabilité pour assurer la planification et l'organisation des **activités de maintenance** :

- Organiser et programmer des opérations de maintenance préventive/corrective et en suivre la réalisation
- Superviser la conformité des interventions et du fonctionnement des équipements, matériels et installations (réceptions, tests, essais, réglages, ...)
- Identifier les solutions techniques d'amélioration des équipements, installations (qualité, capabilité, cycles, sécurité, ...)

De plus, la **production nucléaire** nécessite que la formation en physique de l'énergie développe les dispositions nécessaires pour **garantir la sûreté** des installations et de prévenir les incidents afin de préserver l'homme et l'environnement :

- Réaliser des analyses sûreté à l'aide des référentiels
- Contrôler le respect des exigences liées à la sûreté lors de la planification d'interventions (respect des règles dans les opérations d'exploitation, de maintenance préventive ou de maintenance corrective), en particulier en phase de préparation d'arrêt de tranche ou de redémarrage des réacteurs
- Détecter tout écart ou situation à risques et l'analyser

Cette formation vise aussi à définir la politique de sécurité pour que les cadres formés aient les compétences en matière de **radioprotection** :

- Concevoir et décliner les plans, les démarches et les actions hygiène, sécurité, environnement
- Sensibiliser et former les agents de l'entreprise à la démarche hygiène, sécurité et environnement et à la prévention des risques
- Elaborer ou faire évoluer les référentiels, procédures et consignes hygiène, sécurité et environnement et contrôler leurs conformités d'application
- Suivre et contrôler la conformité réglementaire, fonctionnelle ou de mise en œuvre des produits, procédés, installations et équipements
- Superviser la conformité des interventions et du fonctionnement des équipements, matériels et installations (réceptions, tests, essais, réglages, ...)
- Proposer des solutions techniques d'amélioration des équipements, installations (qualité, capabilité, cycles, sécurité, ...)

La sensibilisation à la recherche apportée par cette formation et son organisation pédagogique sont assurées pour favoriser **l'innovation** dans plusieurs domaines du secteur de l'énergie. A l'issue de cette formation, les diplômés de ce master 2 peuvent ainsi répondre aux besoins de développement dans l'industrie ou s'engager dans des études en doctorat. Cette formation privilégie l'orientation vers des activités de recherche et de développement dans les domaines des systèmes nucléaires, de l'amélioration des performances et de la durabilité des matériaux pour la conversion de l'énergie et le stockage électrochimique, ainsi que dans la mise au point de matériaux et de dispositif pour des applications dans les énergies nouvelles. Les compétences ainsi acquises vont contribuer à la création de nouvelles connaissances pour conduire à la conception de nouveaux produits ou de nouvelles technologies.

### **METIERS OU FONCTIONS VISEES**

Les diplômés issus du master 2 *Physique de l'énergie et de la transition énergétique* auront aussi acquis des connaissances et des méthodologies en entreprise qui leur permettront d'exercer des responsabilités dans :

- Les travaux d'études-recherche-développement
- La gestion de projets
- La gestion de la qualité
- La réalisation d'études technique : conception et amélioration des produits
- La conduite technique et scientifique d'équipes de travail

Les emplois accessibles dans les entreprises du secteur de l'énergie sont les suivants :

- Ingénieur de production d'énergie
- Ingénieur de maintenance en énergie
- Ingénieur sûreté en industrie nucléaire
- Ingénieur en radioprotection
- Ingénieur d'études, ingénieur d'application, ingénieur qualité industrielle

### **LES PROGRAMMES DES UNITES D'ENSEIGNEMENTS**

Les principaux objectifs des UE (notées UE x) présentés ci-dessous constituées pour la plupart de deux ou trois sous-unités d'enseignement notées UE x.y, correspondent aux connaissances et compétences des différentes étapes depuis la production de l'énergie électrique jusqu'à la distribution : la physique de la conversion d'énergie dans les unités UE 1, UE 2 et UE 3 (conception et fonctionnement d'une centrale nucléaire avec la radioprotection et le cycle du combustible, électricité d'origine renouvelable, sources conventionnelles et gestion de l'énergie), la production et la

distribution électrique dans l'UE 4 et finalement l'automatique, le contrôle et la commande dans l'UE 5.

L'UE 6 suivant, correspond à l'amélioration des performances et de la durabilité des matériaux pour la conversion de l'énergie et le stockage électrochimique, ainsi que dans la mise au point de matériaux et de dispositifs pour des applications dans les énergies nouvelles.

Les notions complémentaires de connaissances et de compétences qui préparent à l'insertion professionnelle sont présentées dans les dernières UE depuis une formation générale d'ouverture vers l'entreprise (UE 7), puis une formation par projets avec l'intégration progressive du contexte de travail professionnel et la compréhension pluridisciplinaire nécessaire à tout projet d'envergure (UE 8), jusqu'à une immersion dans le milieu professionnel d'une entreprise ou d'un laboratoire académique dans l'UE-Stage (UE 9).

Ces 9 unités d'enseignement correspondent à un volume horaire total de 450h d'enseignement suivi par chaque étudiant. La proportion des différents types d'enseignement est précisée dans le tableau ci-dessous :

Organisation des UE 9 <sup>ème</sup> semestre	Mots-clés et Objectifs	Modalité pédagogique
<b>UE 1 - Conception et fonctionnement d'une centrale nucléaire</b> UE 1.1 : Physique des réacteurs nucléaires UE 1.2 : Conception d'une centrale nucléaire UE 1.3 : Fonctionnement pratique d'une centrale nucléaire	Architecture d'un réacteur, La fission et la neutronique, Physique des réacteurs, Principaux types de réacteurs, Fusion - le projet ITER. Comprendre la conception et la réalisation de centrales nucléaires, Les divers éléments des réacteurs nucléaires (du cœur à l'alternateur), Les méthodes et les techniques pour les assembler. Comprendre d'un point de vue pratique le fonctionnement d'une centrale nucléaire, la gestion et la maintenance d'une centrale nucléaire.	20h CM, 20h TD, 4h TP <b>4 ECTS</b> 10h CM <b>1 ECTS</b> 10h CM <b>1 ECTS</b>
<b>UE 2 : Radioprotection et combustibles nucléaires</b> UE 2.1 : Radioprotection UE 2.2 : Cycle du combustible	Dosimétrie en radioprotection, Organisation de la radioprotection, Mise en œuvre de la radioprotection dans les centrales nucléaires. De la mine au combustible, Retraitement combustible et déchets nucléaires (Procédé PUREX), Gestion des déchets nucléaires et démantèlement d'une centrale nucléaire.	13h CM, 8h TD, 14h TP <b>3 ECTS</b> 23h CM <b>2 ECTS</b>
<b>UE 3 : Physique de la conversion d'énergie</b> UE 3.1 : Electricité d'origine renouvelable UE 3.2 : Sources conventionnelles et gestion de l'énergie	Conversion de l'énergie primaire d'origine renouvelable en énergie électrique (fonctionnement et caractéristiques techniques, bilan énergétique et rendement) : Hydraulique et éolien, Photovoltaïque, Centrale héliothermodynamique. Principes physiques utilisés dans les centrales thermiques lors de la conversion d'énergie puis mise en équation et analyse des rendements associés aux différentes conversions, Le stockage de l'énergie et sa gestion « intelligente ».	17h CM, 13h TD, 6 h TP <b>3 ECTS</b> 18h CM, 7h TD, 3h TP <b>3 ECTS</b>

<p><b>UE 4 - Production et distribution électrique</b></p> <p>UE 4.1 : Production électrique</p> <p>UE 4.2 : Distribution électrique</p>	<p>Etudes des dispositifs constituant la chaîne de production électrique d'une centrale : Machine synchrone (couplage, marches en parallèle, régulation de tension et de fréquence, protections), Transformateurs (couplage des enroulements, fonctionnement en parallèle, transformateurs spéciaux, protections).</p> <p>Architecture des réseaux électriques de transport HT et BT, Gestion de la production et du réseau de transport, Stabilité du réseau, Architecture et protection des réseaux électriques de distribution, Smartgrid.</p>	<p>10h CM, 10h TD, 9h TP    <b>3 ECTS</b></p> <p>10h CM, 10h TD, 9h TP    <b>3 ECTS</b></p>
<p><b>UE 5 : Automatique, contrôle, commande et signal</b></p> <p>UE 5.1 : Automatique</p> <p>UE 5.2 : Diagnostic et Sécurité de Fonctionnement</p> <p>UE 5.3 : TP de terrain « Simulation de la salle de contrôle de Golfech »</p>	<p>Modélisation sous forme d'espace d'état, Analyse de la stabilité et analyse modale, Commande par retour d'état, Principe de l'observateur.</p> <p>Surveillance et détection : types de raisonnement (inductif, déductif, abductif), approches de diagnostic : modèles d'état/paramétrique et à événements discrets, Sécurité de fonctionnement : concepts de fiabilité, tolérance et analyse des risques (diagrammes de fiabilité, AMDES, arbres de fautes, analyse fonctionnelle, techniques markoviennes).</p>	<p>12h CM, 12h TD                <b>2 ECTS</b></p> <p>12h CM, 12h TD                <b>2 ECTS</b></p> <p>16h TP                              <b>2 ECTS</b></p>
<p><b>UE 6 : Matériaux pour l'énergie - Performances, Durabilité</b></p> <p>UE 6.1 : Durabilité</p> <p>UE 6.2 : Matériaux pour la conversion et le stockage</p>	<p>Dégradation des matériaux par des phénomènes de corrosion sèche ou de corrosion humide de structure métallique, Matériaux diélectriques pour l'isolation et phénomènes de dégradation (en particulier contraintes physiques sur les isolations statoriques - phénomènes et couplages électrothermo-mécaniques), dégradation sous irradiation des structures chimiques des matériaux.</p> <p>Physique des matériaux, Pile à combustible, Photovoltaïque (filiales photovoltaïques en couches minces, cellules hybrides, cellule de Graëtz, cellules « Tout Oxyde »), Stockage électrochimique de l'énergie (condensateurs électrochimiques, super-condensateurs, batteries Li-ion).</p>	<p>18h CM, 12h TD                <b>3 ECTS</b></p> <p>21h CM, 9h TD                 <b>3 ECTS</b></p>
<p><b>UE 7 : Formation Humaine et Sciences du Management</b></p> <p>UE 7.1 : Gestion de projet - Organisation des entreprises</p>	<p><u>Gestion de projet</u> : Rédaction d'un cahier des charges, Constitution puis animation et motivation d'équipe, Outils informatiques de gestion de projet et des outils d'ordonnement, Modèles de compte-rendu, documentation, mémoire et présentation orale, Pour les chefs de projets : l'analyse stratégique en management de projet et sensibilisation à la gestion des ressources humaines responsable.</p>	<p>10h CM, 10h TP                <b>3 ECTS</b></p>

UE 7.2 : Travailler en anglais	<u>Organisation des entreprises</u> : Statut juridique, organisation administrative, enjeux économiques de l'entreprise, Droit social et responsabilités/éthique, Normalisation, procédure qualité, certification.  Formation à l'anglais scientifique et technique, Expression orale, Compte rendu, Travail sur des documents techniques.	18h CM  30h TD  <b>3 ECTS</b>
<b>UE 8 UE-Projets : Mise en situation professionnelle</b>  UE 8.1 : Projet-tuteuré Etude bibliographique         UE 8.2 : Projet-tuteuré Etude informatique et numérique	Rédaction précise d'un cahier des charges, Analyse comparative de diverses solutions scientifiques et techniques, Utilisation des outils de gestion de projet étudiés en gestion de projets de l'UE 7.1 pour la planification de la répartition des tâches dans l'équipe, Analyse économique des diverses solutions, Résolution théorique de la solution retenue, Rédaction des rapports d'étape et du mémoire de synthèse, présentation orale du projet.  Réalisation de la solution retenue dans la partie du module UE 8.1 « Etude bibliographique » en utilisant des méthodes numériques, Outils de programmation, et/ou d'analyse, traitement de donnée et des outils de modélisation de type COMSOL : aster, Elmer, Cast3M, FreeFem++..., Mémoire et présentation orale du projet.	100h de travail personnel étudiant <b>2 ECTS</b>         100h de travail personnel étudiant <b>2 ECTS</b>
<b>10<sup>ème</sup> semestre</b>  UE 9 : UE-Stage : Mise en situation professionnelle	Stage en entreprise ou en laboratoire	5 mois  <b>15 ECTS</b>

### FORMATION PROFESSIONNELLE ET COMPETENCES TRANSVERSES

Les partenariats avec les entreprises et les laboratoires permettent de faciliter le développement de moyens pédagogiques spécifiques pour une formation professionnelle et l'acquisition de compétence transverses.

Selon cette démarche, deux projets dans l'UE 8, l'un sur une étude bibliographique et l'autre sur une étude informatique et numérique sont réalisés par les étudiants dans le cadre de sujets proposés par des entreprises ou des laboratoires. Ces projets ont pour ambition de préparer l'étudiant à son insertion professionnelle et/ou son entrée dans le monde de la recherche en l'amenant, par une démarche autonome et personnalisée, mais encadrée, à s'interroger sur les différentes phases de réalisation d'un projet en lien avec les thématiques abordées en cours, TD et TP dans les autres UE. Dans l'étude bibliographique, l'étudiant réalise le projet avec le suivi et le contrôle d'un enseignant chercheur, depuis la rédaction précise d'un cahier des charges, jusqu'à l'analyse économique des diverses solutions et la résolution théorique de la solution retenue. Dans le second projet, l'étudiant effectue la résolution informatique et numérique de la première partie sur l'étude bibliographique. Il peut être conduit à utiliser des méthodes numériques, et disposera pour cela des outils de programmation (FORTRAN, C, C++, JAVA...) ainsi que d'analyse et de traitement de données (Matlab/Octave ...), d'outils logiciels divers par exemple en mesure (LABVIEW, logiciel de simulation thermique dynamique ...), d'outils de modélisation de type COMSOL : aster, Elmer, Cast3M, FreeFem++...

Compte tenu du contexte international des activités professionnelles que les étudiants devront assurer dans leur métier, la pratique de l'anglais scientifique est donc indispensable. L'apprentissage de cette

langue est prévu dans la sous UE 7.3, et sera développée dans plusieurs UE grâce à l'utilisation de documents et selon le cas à des présentations orales (projets, stage...).

La mise en situation des étudiants pour acquérir des compétences transversales dans la gestion et la prise de décisions au niveau de la production électrique d'une centrale, est possible grâce aux TP qui sont réalisés sur le site EDF de la Centrale de Golfech. Ces TP sont effectués sur une période de plusieurs jours dans la salle de simulation du site EDF, qui fait intervenir tous les instruments et tous les paramètres de contrôle de la production d'énergie électrique, comme cela se produit de manière identique dans la véritable salle de contrôle de cette Centrale.

Un suivi pédagogique des enseignements reçus par chaque étudiant, ainsi qu'un suivi de leur projet professionnel sont aussi assurés par les enseignants de la formation.

### CONSEIL DE PERFECTIONNEMENT ET DE PILOTAGE

Le conseil de perfectionnement et de pilotage du Master 2 *Physique de l'énergie et de la transition énergétique*, est la structure privilégiée pour favoriser l'évolution de la formation et de ses enseignements afin de veiller à la pertinence universitaire et professionnelle des connaissances et des compétences dispensées, dans l'objectif d'une meilleure insertion professionnelle des diplômés. Les membres qui constituent ce conseil, respectent une parité entre enseignants chercheurs de l'équipe pédagogique et les personnalités extérieures. Les membres extérieurs sont des professionnels issus des entreprises, des membres de syndicat professionnel, DRH... Des experts scientifiques d'universités nationales ou étrangères participent à ce conseil pour contribuer à la définition du contenu de la formation afin de faciliter une orientation des diplômés dans le domaine de la recherche. Les étudiants en cours de formation y sont aussi représentés. Ce conseil se réunit au moins une fois par an.

Dans ses objectifs fondamentaux, le rôle du conseil de perfectionnement est de :

- Définir les grandes orientations stratégiques de la formation,
- Provoquer une réflexion approfondie sur la formation pour en tenir compte dans leur contenu, pour faciliter l'insertion professionnelle et la poursuite d'étude en recherche des diplômés,
- Favoriser la participation à des réseaux extérieurs qui renforcent la formation,
- Participer à renforcer l'ouverture internationale,
- Renforcer l'interopérabilité entre recherche et formation.

Le conseil a aussi comme mission de suivre :

- La revue de l'année en cours : bilan du recrutement étudiant, des résultats atteints, l'évaluation des enseignements réalisés selon les procédures mises en place par l'établissement, les placements en stages,
- Le bilan sur le devenir des diplômés,
- Le bilan et les projets des laboratoires de recherche,
- Les projets et nouvelles actions.