

# Licence professionnelle en alternance Techniques Physiques des Energies Bas Carbone\*

*Mention « Métiers de l'électricité et de l'énergie »*



[www.licence-pro-tpe.universite-paris-saclay.fr](http://www.licence-pro-tpe.universite-paris-saclay.fr)

<b>Responsable</b>	Guillaume Krebs	☎ 01 69 15 42 37 ✉ <a href="mailto:guillaume.krebs@universite-paris-saclay.fr">guillaume.krebs@universite-paris-saclay.fr</a>
<b>Secrétariat</b>	Silvia Garnacho	☎ 01 69 15 71 88 ✉ <a href="mailto:silvia.garnacho@universite-paris-saclay.fr">silvia.garnacho@universite-paris-saclay.fr</a>
<b>Contacts "nucléaire"</b>	Sandra Bouneau	☎ 01 69 15 66 10 ✉ <a href="mailto:sandra.bouneau@universite-paris-saclay.fr">sandra.bouneau@universite-paris-saclay.fr</a>
	Sylvain David	☎ 01 69 15 69 52 ✉ <a href="mailto:sylvain.david@ijclab.in2p3.fr.fr">sylvain.david@ijclab.in2p3.fr.fr</a>
<b>Centre Formation Apprentissage</b>	CFA Formasup Paris	72 bis, rue de Lourmel – 75015 Paris ☎ 01 44 26 23 20 <a href="http://www.formasup-paris.com">www.formasup-paris.com</a>

\*formation labellisée I2EN - [www.i2en.fr/](http://www.i2en.fr/)  
et inscrite à l'UMN "Mon avenir dans le nucléaire" - [www.monavenirdanslenucléaire.fr](http://www.monavenirdanslenucléaire.fr)



<b>Les objectifs de la formation</b>	<b>Page 3</b>
<b>Les débouchés professionnels</b>	<b>Page 4</b>
<b>Métiers &amp; compétences visés</b>	
<b>Description de la formation</b>	<b>Page 5</b>
<b>Les différentes périodes</b>	
<b>Les modalités du recrutement</b>	
<b>Les promotions</b>	<b>Page 6</b>
<b>Formations d'origine des étudiants</b>	
<b>Entreprises d'accueil des alternants et sujet des alternances</b>	
<b>Devenir des étudiants</b>	
<b>Les enseignements</b>	<b>Page 9</b>
<b>Participation des professionnels à la formation</b>	<b>Page 11</b>
<b>Formation en entreprise</b>	<b>Page 12</b>
<b>Descriptif détaillé des enseignements</b>	<b>Page 14</b>

## Les objectifs de la formation

La licence professionnelle « Techniques Physiques des Energies Bas Carbone » (TPEBC) a pour objectif d'offrir des débouchés de qualité aux étudiants motivés pour entrer dans l'entreprise dès bac+3. Elle forme des techniciens supérieurs / assistants ingénieurs spécialistes des procédés propres à la production, à la consommation et à la maîtrise de l'énergie.

Le principal objectif de cette licence est de donner aux futurs diplômés un profil polyvalent et des compétences transversales afin de répondre aux besoins d'embauche des entreprises dans les secteurs de production d'électricité par les sources d'énergies bas carbone (renouvelables ou nucléaire), du bâtiment et du génie climatique ainsi que dans toutes les actions liées au développement durable (diagnostic énergétique, réduction des émissions de gaz à effet de serre, augmentation de l'efficacité énergétique, diversification des sources d'énergie) et à la transition énergétique.

La licence professionnelle vise donc à donner aux étudiants des compétences sur les principales sources d'énergie bas carbone (éolien, hydraulique, nucléaire, solaire, ...) et leurs filières énergétiques associées (production d'électricité et cogénération, production de chaleur et d'électricité renouvelables, transport et stockage de l'électricité, énergie dans le bâtiment, ...) leur offrant ainsi une compréhension complète et approfondie sur l'ensemble des éléments d'une chaîne énergétique.

Ce profil « transversal », recherché notamment par les entreprises partenaires de la licence accroît non seulement les perspectives d'embauche des futurs techniciens mais leur assure également une autonomie de réflexion, un pouvoir d'adaptation aux évolutions rapides des technologies inhérentes à la problématique de l'énergie et une aptitude à progresser efficacement dans leur carrière.

Cet objectif ambitieux a nécessité la mise en place d'un enseignement non standard où les connaissances pratiques, méthodologiques et théoriques ont été axées sur les principales chaînes de transformations énergétiques, de la production à l'utilisation finale, et visent à mettre en exergue leurs caractéristiques communes, quelle que soit la source primaire d'énergie. Les enseignements couvrent ainsi les principaux domaines physiques liés à la problématique de l'énergie et les techniques correspondantes : transferts thermiques, thermodynamique appliquée, mécanique des fluides, matériaux et électricité. L'énergie nucléaire fait l'objet d'un enseignement spécifique, portant sur la physique des réacteurs et la radioprotection.

Conçue pour répondre à une demande industrielle importante dans le domaine de l'énergie, la licence TPEBC repose naturellement sur un couplage étroit entre l'université et l'industrie où les compétences de chacun, réunies dans un enseignement dual universitaire/industriel, sont nécessaires à une formation professionnelle de qualité. Pour renforcer ce couplage et assurer une cohérence entre enseignement universitaire et acquisition de compétences professionnelles, la licence TPEBC propose une formation en apprentissage, en contrat de professionnalisation et également ouverte à la formation continue, alternant les périodes à l'université et en entreprise. La durée totale de l'apprentissage est de 26 semaines (congés payés inclus). La formation est complétée par un projet tuteuré dont le sujet et le déroulement sont élaborés de façon concertée.

Après sélection, la licence TPEBC accueille des étudiants d'horizons variés ayant validé une licence de physique au niveau bac+2 (L2) à l'université ou bien titulaires d'un BTS ou d'un DUT dans le domaine de l'énergie, de l'électrotechnique ou des matériaux.

## Les débouchés professionnels

Les fonctions attendues pour nos étudiants sont celles de technicien supérieur / assistant ingénieur dans les entreprises liées au domaine de l'énergie, quel que soit son mode de production, ou travaillant sur la maîtrise de sa consommation.

Le titulaire de ce diplôme participera à la maintenance, au développement et aux études d'amélioration des diverses techniques du domaine. Il réalisera des études, des mises au point, des essais et la mise en œuvre d'innovations technologiques.

### Métiers visés

La plupart des types de poste ne sont pas spécifiques à une source d'énergie :

- technicien de maintenance / contrôle / essai / exploitation ;
- technicien d'intervention / surveillance ;
- responsable d'un parc d'instruments et de leur mise en œuvre ;
- chargé de projet d'étude concernant un nouveau dispositif ;
- assistant ingénieur en laboratoire de contrôle ou en laboratoire de R&D ;
- technicien instrumentation ;
- technicien audit environnemental / études de prix / bureau d'études ;
- attaché aux économies d'énergie dans les collectivités locales, les entreprises et les bureaux d'étude ;
- chargé d'affaire ingénierie.

Certains postes sont en revanche spécifiques à une technologie ou un domaine d'activités.

#### Dans le domaine du bâtiment et du génie climatique

- chargé d'affaire/chargé d'études en génie climatique et thermique
- conducteur de travaux
- acheteur génie climatique

#### Dans le domaine des nouvelles énergies

- expert technique pour les installations énergies réparties (photovoltaïque en toiture, pompes à chaleur, énergie bois, ...)
- technico-commercial (photovoltaïque, éolien, pompes à chaleur, énergie bois ...)
- chargé d'affaire sur des projets de développement d'énergies nouvelles (PME, collectivités locales)

#### Dans le domaine du nucléaire

- opérateur de centrale
- technicien radioprotection / prévention des risques
- technicien combustible nucléaire / logistique nucléaire

### Compétences visées

La formation vise à donner aux étudiants les moyens de diagnostiquer, d'analyser et de maîtriser les divers problèmes rencontrés dans les domaines des métiers cités. Cela nécessite des connaissances théoriques, méthodologiques et pratiques dans les secteurs de la mécanique des fluides, des transferts thermiques, des propriétés des matériaux, et de l'électricité, avec les outils et les moyens d'analyse adaptés. Nous listons ici les compétences générales attendues en fin de formation :

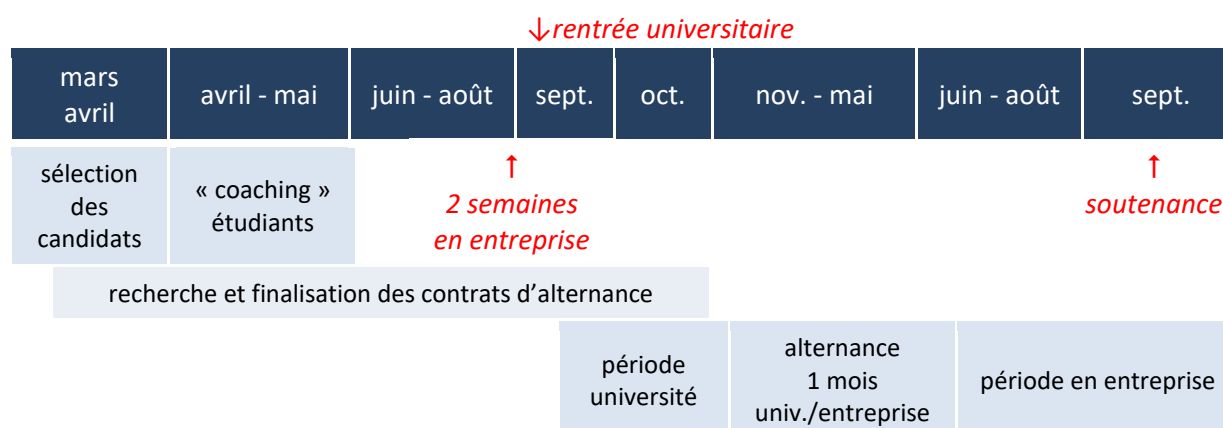
- Comprendre les phénomènes physiques de base qui interviennent dans les principaux systèmes énergétiques : transferts de chaleur, fonctionnement des machines thermiques, écoulements, production et distribution de l'électricité, propriétés mécaniques, thermiques et électriques des matériaux, ...

- Avoir une vue détaillée de l'ensemble d'une installation (centrales thermiques ou nucléaires, moteurs, chauffage solaire, pompe à chaleur, ferme éolienne, ...), de ses composants (échangeurs, turbines, pompes, générateurs électriques, ...) et de leurs liaisons.
- Comprendre les contraintes multiples auxquelles sont soumis les composants des installations énergétiques (haute température, tenue des matériaux, échanges thermiques, irradiation, corrosion, ...)
- Etre capable de mettre en place des dispositifs adaptés à un problème posé (sélection des matériaux, dimensionnement d'échangeurs, de panneaux solaires, ...)
- Maîtriser les outils de mesure (capteurs thermiques, de débit, de radioactivité, logiciels d'analyse de données, ...), être capable de réaliser des diagnostics énergétiques et de proposer des solutions pour améliorer les performances des installations.
- Connaître les aspects technico-économiques, législatifs, environnementaux des installations énergétiques, et des principes de radioprotection pour les installations nucléaires.

## Description de la formation

### Les différentes périodes

La licence professionnelle TPEBC est une formation en apprentissage qui alterne des périodes de 1 mois à l'université et 1 mois en entreprise. Une période longue en entreprise se déroule de mai à septembre. Une première immersion en entreprise de deux semaines a lieu début septembre avant le démarrage des enseignements à l'université. Les différentes périodes sont résumées sur le schéma suivant :



La première période d'enseignement à l'université dure environ 8 semaines, et permet notamment la finalisation des contrats d'apprentissage. Dès le mois de novembre, l'alternance université/entreprise est mise en place, et ce jusqu'à fin mai. Enfin, l'étudiant termine son apprentissage par une période d'environ 3 mois en entreprise. Au total, la durée de l'apprentissage en entreprise est d'environ 26 semaines, incluant les congés payés.

### Les modalités du recrutement

Il est prévu deux campagnes de pré-sélection des candidats, la première ayant lieu début mars, la seconde début avril. Les candidats retenus après examen de leur dossier ont un entretien de motivation devant les responsables de la formation, et auquel certaines entreprises ont émis le souhait de participer.

Afin de favoriser la mise en relation des étudiants avec les entreprises, dès la phase de pré-sélection, l'équipe pédagogique transmet aux entreprises partenaires qui le souhaitent la liste des candidats retenus, ainsi que leurs CV et lettres de motivation.

Les étudiants admissibles doivent alors rechercher activement un contrat d’alternance par leurs propres moyens ou répondre aux offres de nos entreprises partenaires. L’admission à la licence est conditionnée par l’obtention d’un contrat avant la fin du mois d’août. Pour aider les étudiants dans leurs démarches, plusieurs journées d’encadrement sont organisées entre mars et avril : présentation des objectifs de la licence TPEBC, des débouchés professionnels et des entreprises partenaires, rédaction de CV et lettres de motivation, aide à la recherche de contrats d’apprentissage. Les industriels partenaires sont vivement encouragés à participer à cette phase de sélection et d’orientation, selon les modalités qu’ils souhaiteront.

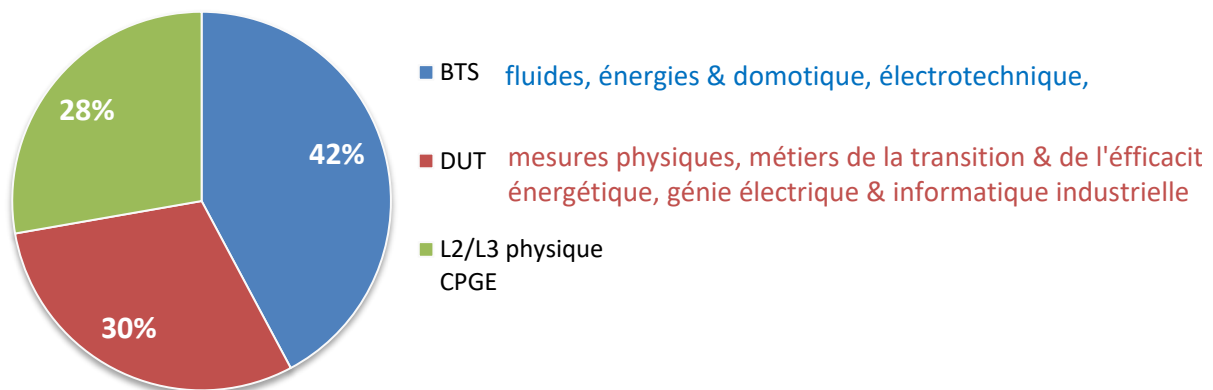
Après sélection, la licence TPEBC accueille des étudiants d’horizons variés ayant validé une licence de physique au niveau bac+2 (L2) à l’université ou bien titulaires d’un BTS ou d’un DUT dans le domaine de l’énergie, de l’électrotechnique ou des matériaux, ou encore en formation continue.

## Promotions

Chaque année, la sélection des étudiants s’effectue sur une cinquantaine de dossiers de candidature, parmi lesquels une trentaine de candidats sont auditionnés. A l’issue du processus de sélection, une quinzaine d’étudiants sont retenus admissibles sur la base d’un bon niveau scolaire, d’une forte motivation à s’insérer dans le domaine des énergies bas carbone et d’un projet professionnel clair en adéquation avec la formation.

### Formations d’origine des étudiants

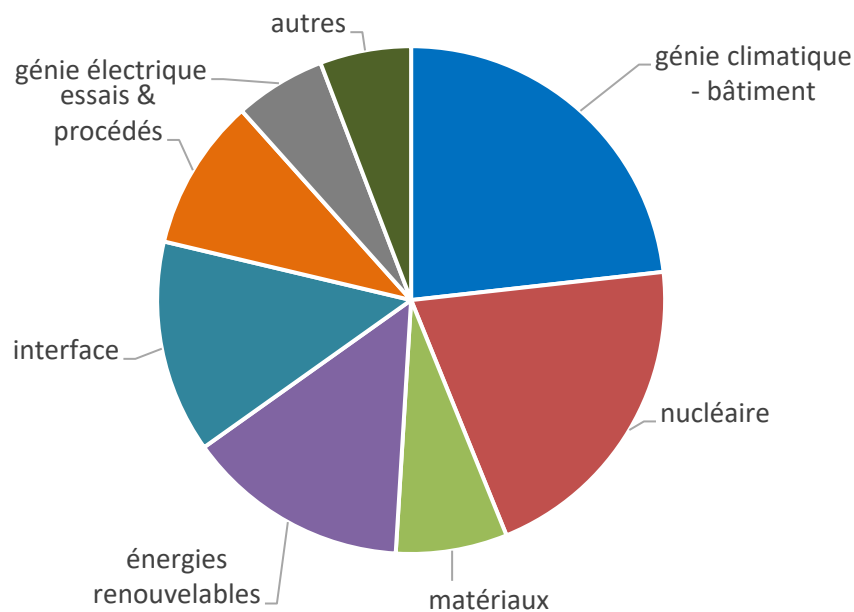
Les formations d’origine des étudiants admis à la licence TPEBC depuis sa création sont les suivantes :



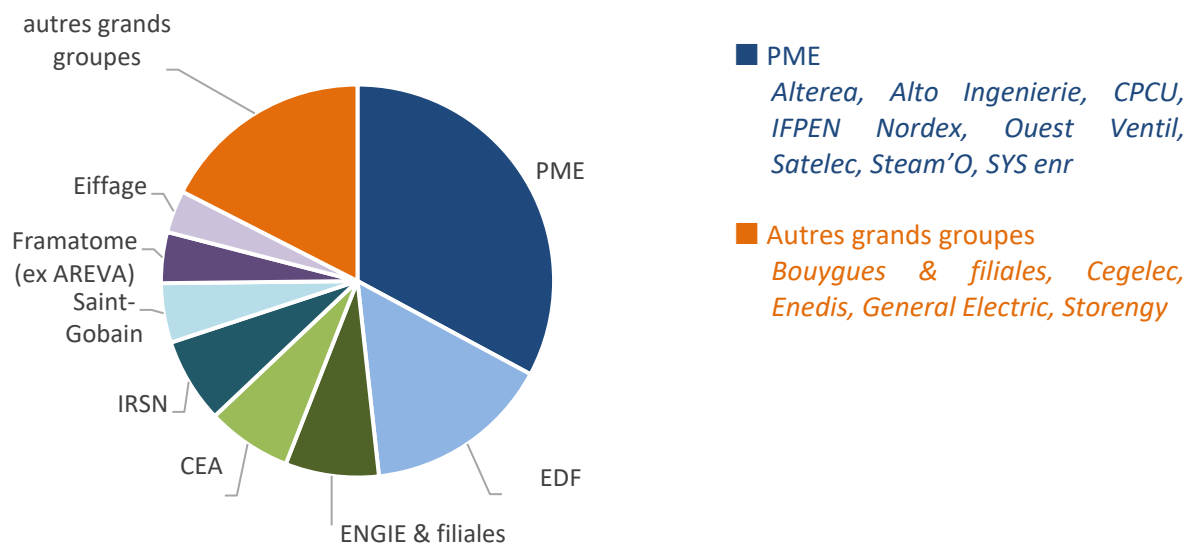
## Entreprises d'accueil des alternants

Les missions confiées aux alternants au sein des entreprises couvrent un large domaine des métiers de l'énergie et sont le reflet de tous les secteurs d'activités couverts par les enseignements de la formation.

La répartition des alternances en fonction des différents secteurs est représentée ci-après :



La répartition des alternants entre les différentes entreprises du domaine de l'énergie est représentée ci-dessous :



Des exemples de sujet de stages/apprentissages sont indiqués dans les tableaux suivants :

entreprises	Alternances – bâtiment & génie climatique
Alterea	études techniques CVC*, électriques et thermiques
Alto Ingénierie	analyse comparative entre une étude RT2012 et une simulation thermique dynamique
Cegelec	dimensionnement des réseaux hydrauliques de production de chaleur
	assistant metteur au point : équilibrage et mesures aérauliques, analyse du comportement d'une installation en génie climatique
CSTB	calcul des transferts thermiques & hygrothermiques des enveloppes de bâtiments
Eiffage	chiffrage & études de prix CVC
	bureau d'études & chiffrage CVC
ENGIE Cofely	élaboration d'une base de données dans le cadre du Building Information Modeling (BIM) pour l'optimisation des opérations de maintenance dans le bâtiment
	bilan énergétique et optimisation du système de chauffage de bâtiments
Ouest Ventil	études et dimensionnement des systèmes de ventilation dans le bâtiment
SODEXO	suivi de chantier, dimensionnement des installations techniques dans les bâtiments du tertiaire et amélioration de l'efficacité énergétique
Steam'O	Maintenance & exploitation des installations électriques et climatiques de sites industriels

\*CVC : Climatisation – Ventilation – Chauffage

entreprises	Alternances – nucléaire
CEA	mesures des émetteurs $\alpha$ pour des matrices huile et aqueuse chargée en sel
	caractérisation des déchets nucléaires issus des installations nucléaires
	étude expérimentale du fractionnement isotopique des radioéléments adsorbés sur les argiles
EDF	technicien d'exploitation en centrale nucléaire
	optimisation des fiches de zonage dans le cadre du démantèlement de la centrale nucléaire de Brennelis
Framatome (ex AREVA)	procédés des réacteurs et simulations de pannes du circuit primaire
	simulations thermo-hydrauliques du circuit primaire – étude d'ouverture de brèche
	stratégie et essais de démantèlement nucléaire
IRSN	implantation d'un accélérateur X pour l'étude des effets des rayonnements sur les tissus biologiques
	étude de scénarios d'évolutions de parcs électronucléaires et participation au développement d'outils dédiés
	requalification d'une installation anthroporadiométrique
	étalonnage et validation métrologique de la chaîne de mesures de spectrométrie $\gamma$

entreprise	Alternances – caractérisation des matériaux
CEA	étude de la sensibilité à la fragilisation par l'hydrogène des matériaux métalliques
	développement d'une méthode de désaturation de matériaux cimentaires en vue de leur caractérisation par des essais de diffusion de radionucléides
IRSN	validation d'un analyseur de surface spécifique (BET) pour l'étude des matériaux de stockage des déchets nucléaires (argilite, ciment, béton)
	études préliminaires des effets de l'irradiation neutronique du matériau de cuve d'un REP
	étude des pathologies de vieillissement du béton dans les enceintes de confinement de réacteurs nucléaires
Saint-Gobain	développement et caractérisation de nouveaux matériaux isolants
	mesures de conductivité thermique sous humidité contrôlée à pression atmosphérique de matériaux pour le bâtiment
	mise en place de protocoles expérimentaux pour la mesure des coefficients de transport d'eau liquide dans les matériaux de construction
	microbalance à quartz pour la caractérisation de couches minces déposées par pulvérisation magnétron
	étude des transferts hygrothermiques de l'enveloppe des bâtiments – caractérisation expérimentale & simulations numériques



entreprises	Alternances – énergies renouvelables
EDF EN	maintenance & exploitation d'un parc éolien
Emasolar	maintenance des installations photovoltaïques
ENGIE Green	développement de l'outil d'analyse des mesures pour le calcul de la production d'un parc éolien
Nordex	maintenance & exploitation d'un parc éolien
Nordex	tableaux haute tension au pied des mâts d'éolienne
General Electric	amélioration des procédures de tests électriques sur les nacelles/turbines des éoliennes offshore en usine de production

entreprises	Alternances – essais & procédés
EDF	systèmes de mesures de déformations par fibre optique pour l'auscultation des ouvrages hydrauliques
	procédé d'examen non-destructif par ultrasons de mesure d'usure in-situ des tubes guides de grappes de commande des REP
	création & mise en place d'un banc d'essais pour la caractérisation des générateurs de vapeurs
ENGIE & filiales	préparation et réalisation d'essais sur des systèmes gaz – maintenance des bancs d'essais et du parc métrologique
	technicien d'essais en R & D sur les systèmes énergétiques
IFPEN	technicien banc d'essais dédié à la caractérisation des moteurs électriques

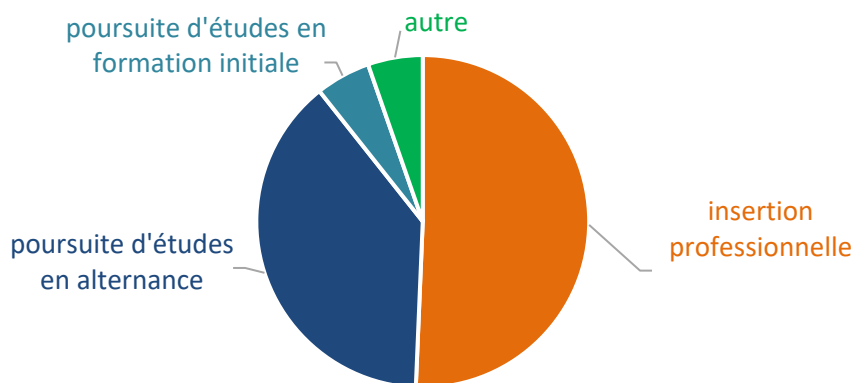
Entreprises	Alternances à l'interface
CEA	essais d'électrolyseurs à haute température pour la production d'hydrogène
ENGIE & filiales	étude pour la mise en œuvre de la ventilation dans un bâtiment nucléaire
Equans	gestion multi-technique d'un bâtiment – haute-tension – CVC & optimisation des installations
IRSN	étude des techniques de remédiation du gaz radon dans les bâtiments dans le cadre des nouvelles réglementations thermiques
Storengy	efficacité énergétique pour la mise en œuvre du système de management de l'énergie ISO 50001
SYS e.n.r	assemblage d'une unité de stockage et de production d'énergie à partir d'une source photovoltaïque et d'hydrogène

Entreprises	Alternances - génie électrique
ENEDIS	raccordement de producteurs autonomes sur le réseau de distribution électrique HT et BT
	gestion et maîtrise des réseaux électriques
Hecla	études et diagnostics des lignes aériennes HT
Satelec	études, réalisations & suivi de chantier en génie électrique

Entreprises	Alternances - autres
CPCU	modélisation du réseau de chaleur pour l'optimisation de son exploitation
EDF	certificats d'économies d'énergie/partenariat entreprises - EDF Bleu Ciel
ENGIE & filiales	étude de la corrosion des canalisations pour le transport du gaz
	étude, analyse et suivi de la production d'énergie bois et charbon pour le chauffage urbain
Satelec	technicien chantiers – hydraulique – électromécanique – électricité
Storengy	traitement des hydrates dans les installations de stockage de gaz

## Devenir des étudiants

Environ 40% des diplômés poursuivent leurs études dans une formation en alternance (école d'ingénieurs ou master) dans le domaine de l'énergie et le plus souvent dans l'entreprise où ils ont été apprentis durant la licence TPEBC. Environ 50% des diplômés intègrent immédiatement le monde professionnel, environ la moitié étant embauchés dans l'entreprise qui les ont accueillis pendant leur alternance. Les étudiants qui ont souhaité s'insérer professionnellement ont tous obtenu un CDI dans l'année qui a suivi la licence (plus de 90% des étudiants ont répondu au questionnaire de suivi).



### Exemples de postes occupés par les diplômés après la licence pro TPE-SUBAC

Exploitation & conduite des réseaux de chaleur - CPCU	Chargé de mesures – Centre d'étanchéité et d'auscultation nucléaire - EDF
Bureau d'études & chiffrages CVC – Eiffage	Agent d'études sur le réseau HTA - ENEDIS
Attaché technico-commercial sédentaire en génie climatique – PANOL	technicien CVC/plomberie chargé du dimensionnement des équipements & réseaux - Alto Ingénierie
Metteur au point – installations énergétiques - Cegelec	Assistant technique d'ingénieur sur le transport d'énergie électrique – HECLA
Assistant technique - bâtiment - Rockwool	Exploitation & maintenance d'un parc éolien – EDF EN
Chargé d'études – réseau HTA - ERDF	Préleveur atmosphérique – DIOXLAB
Technicien d'exploitation – Cofely réseaux	Chargé d'études de prix - Cogemex
Technicien en radioprotection - IRSN	Opérateur de conduite en centrale nucléaire - EDF
Chargé d'affaires - ASSYSTEM	Opérateur centrale biomasse à cogénération - ENGIE

## Les enseignements

Les enseignements de la licence professionnelle TPEBC se divisent en deux grands blocs de modules : le bloc « outils » et le bloc « formation technique ».

Le **bloc « outils »** vise à fournir aux étudiants tous les outils indispensables à leur formation dans la licence professionnelle, et également à leur vie professionnelle. Il comprend des modules scientifiques d'introduction à la problématique de l'énergie, d'électrotechnique, de remise à niveau en mathématiques et d'initiation aux méthodes & simulations numériques. Ces enseignements sont complétés par des modules non scientifiques : anglais, formation à l'entreprise, construction d'un projet professionnel et communication.

Le **bloc « formation technique »** à la physique des énergies constitue le cœur de la licence professionnelle. Il couvre les principaux domaines physiques liés à la problématique de l'énergie et aux procédés associés : électricité, transferts thermiques et thermodynamique appliquée, mécanique des fluides, propriétés des matériaux. Un enseignement spécifique sur l'énergie nucléaire et la radioprotection complète ces modules.

Le tableau suivant donne une vision synthétique de l'ensemble des enseignements.

<b>Outils</b> ~ 180 h	Problématique de l'énergie et des contraintes environnementales	45h
	Rappels mathématiques	25h
	Méthodes et simulations numériques	30h
	Compléments d'électrotechnique	15h
	Dessin industriel	15h
	Anglais	25h
	Formation à l'entreprise	10h
	Construction d'un projet professionnel	10h
	Communication scientifique	10h
<b>Formation Technique</b> ~ 430 h	Electricité : production, transport, stockage	70h
	Thermique & technologies associées – thermodynamique appliquée	120h
	Matériaux, propriétés et applications	75h
	Fluides, écoulements et transferts d'énergie	70h
	Energie nucléaire et radioprotection	95h

La formation à l'université s'appuie sur un couplage fort entre trois types d'enseignement :

- les cours/TD universitaires qui abordent les principaux concepts physiques liés à la production et à la consommation d'énergie, au travers d'exemples concrets que les étudiants sont amenés à rencontrer dans leur futur métier ;
- les travaux expérimentaux qui illustrent les concepts vus en cours tout en développant les compétences techniques des étudiants. Des installations spécifiques à la formation technique sur l'énergie ont été mises en place (turbine, pompe à chaleur, chauffage solaire, panneaux PV, caméra thermique, échangeurs de chaleur, ...) ;
- les interventions industrielles (séminaires, cours, visites) qui ont pour vocation, au travers par exemple d'études de cas concrets, à présenter les technologies utilisées dans les entreprises, leur mise en œuvre, les méthodologies et outils développés, ainsi que les métiers associés. Elles permettent ainsi aux étudiants de faire le lien entre les concepts enseignés et le travail que l'on peut attendre d'eux dans l'entreprise, et les aident également à avoir une vision concrète et transversale des différentes technologies.

Chaque module est composé de ces trois types d'enseignement qui, globalement, se répartissent ainsi :

Cours magistraux / travaux dirigés	~ 45 %
Travaux expérimentaux	~ 25 %
Interventions d'industriels	~ 30 %

Cette formation implique une coordination précise des interventions des différents participants. C'est pourquoi un responsable pédagogique de l'université est désigné pour chaque module. Son rôle est d'organiser le déroulement du module, de faire le lien avec les intervenants industriels et d'assurer la cohérence entre les enseignements théoriques, expérimentaux et professionnels.

De manière à évaluer chaque année la formation et à proposer des ajustements, un Conseil de Perfectionnement est mis en place avec une forte implication des professionnels de l'entreprise.

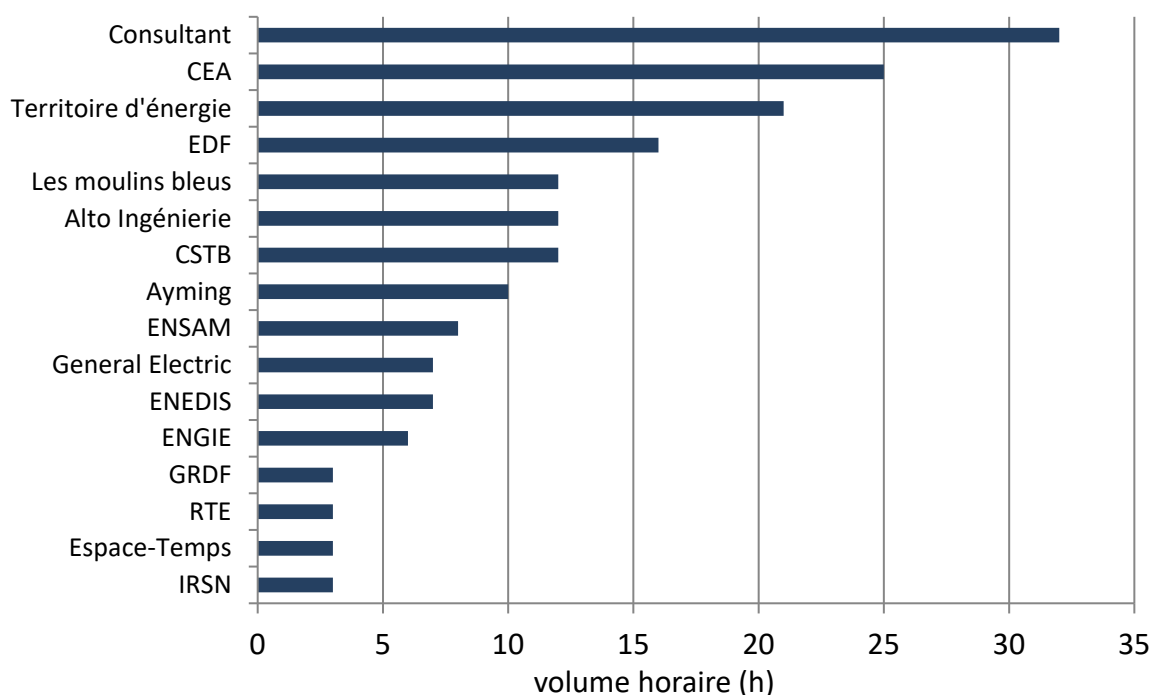
## Participation des professionnels à la formation

### Les enseignements

La participation des professionnels aux enseignements représente 30 %. Leurs interventions peuvent se faire sous la forme de cours (CI), de travaux pratiques sur site industriel (TPI) et de visites d'installation (VI). Le tableau suivant regroupe les interventions des entreprises, les sujets abordés et les volumes horaires correspondants :

thématique	sujet	type	entreprise	volume horaire
problématique de l'énergie et des contraintes environnementales	économie de l'énergie, coûts comparés, externalités	CI	I-Tésé/CEA	7 h
	législation de l'énergie	CI	Ayming	10 h
	valorisation du biogaz	CI	GRDF	3 h
	production de biométhane – power-to-gas	CI	ENGIE	6 h
électricité : production, transport et stockage	réseaux électriques, gestion de la connexion du photovoltaïque au réseau	CI	ENEDIS	7 h
	sécurité électrique, transport et distribution	CI	General Electric	7 h
	stockage – gestion du réseau	CI	RTE	3 h
	visite d'un poste électrique	VI	RTE	4 h
	Installations électriques d'un bâtiment & dimensionnement	CI	Espace-temps	3 h
thermique et thermodynamique appliquée	moteurs	VI	IFPEN	3 h
	réseaux de chaleur	VI	CPCU	4 h
	génie climatique : installations et dimensionnement	CI	Territoire d'énergie	21 h
	Building Information Modeling	CI	Alto Ingénierie	12 h
matériaux, propriétés et applications	énergie - bâtiments	CI	CSTB	12 h
	matériaux sous irradiation	CI	CEA	9 h
fluides : écoulements & transferts d'énergie	technologie des éoliennes – projet & maintenance	CI	Les Moulins Bleus	12 h
	étude du fonctionnement d'une éolienne en soufflerie	CI/TPI	ENSAM	4 h
	installations hydrauliques / turbo machines	CI/TPI	ENSAM	4 h
énergie nucléaire et radioprotection	introduction à la sûreté nucléaire	CI	IRSN	3 h
	démantèlement d'une installation nucléaire & caractérisation des déchets	CI	CEA	12 h
	cycle du combustible et gestion déchets	CI	CEA	7 h
	Simulateur EPR	TPI	EDF	8 h
	fonctionnement d'une centrale de type REP	CI	EDF	8 h
	centrale nucléaire – sites de stockage de l'ANDRA	VI	EDF ANDRA	18 h

La répartition du volume horaire global des enseignements dispensés par les professionnels entre les différentes entreprises est la suivante (hors visites et enseignements dédiés à l'insertion professionnelle des étudiants) :



La préparation des futurs diplômés à leur insertion dans le monde du travail est également prise en charge par des professionnels. Elle comprend un encadrement dès l'admissibilité pour les aider à trouver un contrat d'apprentissage (CV, lettre de motivation, simulation d'entretien), un module de communication « efficace » (15 h), un enseignement de « culture de l'entreprise » (10 h) ainsi qu'un travail encadré pour construire un projet professionnel et trouver un emploi (10 h).

## Formation en entreprise

La durée de la formation en entreprise est de 26 semaines. Au cours de cette période, l'apprenti est encadré par un maître d'apprentissage de l'entreprise et par un tuteur pédagogique de l'université, qui effectue deux visites dans l'entreprise afin de rencontrer l'étudiant et son encadrant. Un livret d'apprentissage aide au suivi régulier de l'apprenti et assure la liaison entre les trois partenaires.

En fin d'année, après la période d'apprentissage, chaque étudiant remet un mémoire qui non seulement décrit son activité dans l'entreprise, mais constitue également un réel travail de synthèse et de réflexion. Il est notamment attendu de l'étudiant qu'il situe son travail dans un cadre plus général, qui peut être celui de l'entreprise ou de la problématique associée. Comme pour le projet tutoré, le mémoire comprend une page de résumé en anglais. La présentation orale du mémoire se fait devant un jury composé de professionnels et d'enseignants. En plus du mémoire et de la soutenance, l'évaluation du travail de l'apprenti tient compte de son comportement dans l'entreprise à travers une grille d'évaluation remplie par le maître d'apprentissage.

## Le projet tuteuré entreprise/université

En plus des enseignements à l'université et de sa formation en entreprise, l'étudiant effectue un projet tuteuré, d'une durée totale équivalente à 4 semaines. Ce projet peut constituer un complément à la formation de l'étudiant sur des besoins spécifiques recommandés par l'encadrant de l'entreprise pour le bon déroulement de l'alternance. Il peut également donner à l'étudiant l'opportunité de découvrir des aspects connexes de son activité dans l'entreprise. Enfin, le projet tuteuré peut consister à approfondir un point spécifique de son travail.

Son déroulement est très souple et se définit au cas par cas, afin de s'adapter aux contraintes de l'entreprise d'accueil. Il peut se dérouler tout au long de l'année, à hauteur d'une journée par semaine par exemple, ou être concentré sur une ou plusieurs périodes plus longues, selon les souhaits de l'encadrant. Trois formes sont ainsi proposées :

1. Le projet tuteuré peut se dérouler au sein de l'entreprise. Il peut permettre à l'étudiant d'élargir le spectre de ses compétences en complément du travail d'apprentissage, en lui fournissant par exemple une vue plus globale des activités de son entreprise, ou en lui donnant une vision plus transversale de son travail.
2. Le projet tuteuré peut être au contraire un travail d'approfondissement d'un sujet donné au sein même de l'entreprise, ou correspondre à un travail personnel de l'étudiant, encadré par un tuteur universitaire. Il peut s'agir par exemple d'un travail bibliographique, ou d'une initiation à un logiciel de simulation spécifique, qui renforcerait sa spécialisation.
3. Il peut s'agir d'un complément à la formation de l'étudiant en vue du bon déroulement de son apprentissage : le correspondant de l'entreprise indique à l'étudiant un ensemble de notions techniques spécifiques à acquérir pour lui permettre d'être opérationnel le plus rapidement possible. Dans ce cas, le projet tuteuré a lieu avant l'apprentissage, dans un laboratoire de l'université ou dans un autre organisme d'accueil.

Selon les sujets du projet, il est envisagé de dispenser une dizaine d'heures d'enseignement spécifique. Par exemple, il est possible de regrouper les étudiants se destinant à travailler dans l'industrie nucléaire pour les initier à la problématique de la sûreté (prévention, surveillance, principe de la défense en profondeur), aspect incontournable dans cette filière.

Chaque étudiant remet un mémoire portant sur son projet tuteuré dans lequel il présente, en une dizaine de pages, la problématique posée, l'étude réalisée et les conclusions de son travail. Ce mémoire est accompagné d'un résumé en anglais. Il est évalué par le tuteur universitaire de l'alternant et fait l'objet d'une soutenance devant un jury composé d'enseignants de l'équipe pédagogique. La rédaction et la soutenance de ce premier mémoire doivent permettre à l'étudiant d'apprendre à structurer un rapport et un exposé oral. Il prépare ainsi l'étudiant à la rédaction de son rapport final sur le travail qu'il a effectué tout au long de l'année en entreprise ainsi qu'à sa soutenance en fin de formation.

## Descriptif détaillé des enseignements

### Bloc « outils » (~ 180 h)

Les intitulés complets de ces modules sont les suivants :

- Problématique de l'énergie et des contraintes environnementales (45h)
- Rappels mathématiques (25h)
- Méthodes et simulations numériques (30h)
- Compléments d'électrotechnique (15 h)
- Dessin industriel (15 h)
- Anglais (25h)
- Formation à l'entreprise (10h)
- Construction d'un projet professionnel (10h)
- Communication scientifique (10h)

Problématique de l'énergie et des contraintes environnementales	<b>Cours / TD (20 h)</b>
	<p>introduction à la physique de l'énergie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les différentes formes de l'énergie et ses principales transformations, rendement et facteur de charge, unités et conventions, ordres de grandeur</li> <li>• tour d'horizon des sources : principes de base, utilisations, potentiels, ordres de grandeurs</li> <li>• contexte énergétique mondial actuel et futur, réserves en combustibles fossiles, contrainte climatique, consommation et évolution, ordres de grandeur</li> <li>• concepts physiques de base : conservation de l'énergie et ses transformations, exemples d'installations et de chaînes énergétiques</li> </ul>
	<b>Interventions industrielles / entreprises (25 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• économie de l'énergie : compétitivité des filières énergétiques, taux d'actualisation, approche technico-économique, comparaison entre les filières de production électrique, marché de l'électricité</li> <li>• législation de l'énergie : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ le droit : définition, normes, outils et les différents ordres</li> <li>○ cadre juridique des entreprises : les règles, les interlocuteurs, les instances</li> <li>○ cadre juridique du bâtiment : réglementations, bâtiments HQE, THPE, BBC, diagnostics de performance énergétique, les partenaires</li> <li>○ installations classées</li> </ul> </li> <li>• valorisation du biogaz, biométhane &amp; power-to-gas</li> </ul>
Rappels mathématiques	<b>Cours / TD (25 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fonctions de base : polynôme, exponentielle, logarithme, trigonométrie</li> <li>• dérivation, intégration</li> <li>• opérations vectorielles</li> <li>• résolution d'équations différentielles du 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> ordre</li> <li>• développement limité</li> <li>• gradient, opérateurs vectoriels</li> </ul>
Méthodes numériques	<b>Cours / TP (30 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• interpolation polynomiale : ordre de précision et phénomène d'instabilité</li> <li>• dérivation et intégration spatiale – équations différentielles ordinaires</li> <li>• équations aux dérivées partielles et méthode des différences finies, consistance et stabilité</li> <li>• initiation au logiciel de programmation MATLAB : rédaction de codes de simulation d'équations aux dérivées partielles</li> <li>• simulation numérique appliquée aux phénomènes d'advection et de diffusion 1D et 2D</li> </ul>

Compléments d'électrotechnique	<b>Cours / TD (15 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réseau de tensions triphasées sur charge équilibrée ou déséquilibrée</li> <li>• puissances électriques en régime permanent sinusoïdal</li> <li>• champs et flux magnétiques : loi de Lenz-Faraday et théorème d'Ampère</li> <li>• transformateur idéal pour la mise à niveau de tension</li> <li>• formation à la prévention et aux risques électriques</li> </ul>
Dessin industriel	<b>Cours / TD (15 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• initiation au logiciel de CAO CATIA : exécution de modèles à partir d'esquisses, assemblages et mises en plan</li> <li>• modélisation des pièces mécaniques, assemblage d'un étau d'usinage et d'un vérin pneumatique d'après des plans fournis</li> </ul>
Anglais	<b>Cours / TD (25 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mise à niveau en anglais général</li> <li>• formation à l'anglais scientifique et technique</li> <li>• expression orale</li> </ul>
Formation à l'entreprise	<b>Cours (10 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• organisation des entreprises</li> <li>• cadre juridique, administratif, économique</li> <li>• certification, normalisation, procédure qualité</li> </ul>
Projet professionnel	<b>Cours / TP (10 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rédaction CV, lettres de motivation</li> <li>• entretien d'embauche</li> <li>• valorisation parcours et compétences</li> </ul>
Communication	<b>Cours / TD (10h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• créer un message efficace, choisir un support de communication adapté, contrôler la bonne compréhension du message reçu, mélanger efficacement mots et visuels, créer un ensemble captivant de messages, parler efficacement en public</li> <li>• nombreux exemples de la vie quotidienne et de l'entreprise. Travail personnel et en petits groupes. Participation active de l'ensemble de la classe</li> </ul>



## Bloc « formation technique » (~ 430 h)

Ces modules constituent la formation technique spécifique de cette licence professionnelle. Ils ont été élaborés de manière à permettre aux futurs techniciens d'appréhender une chaîne énergétique dans son ensemble, depuis la production jusqu'à l'utilisation finale, d'en évaluer ses performances et d'en connaître les principales caractéristiques technologiques, quelle qu'en soit la source primaire d'énergie. En conséquence, les enseignements portent sur les différents modes de transfert de l'énergie (chaleur, fluide), ses transformations (thermique, mécanique, électrique) et ses usages, et sont complétés par un module spécifique à l'énergie nucléaire et la radioprotection. Ces modules couvrent les principaux domaines physiques liés à la problématique de l'énergie ainsi que les techniques qui leur sont associées. Leurs intitulés complets sont les suivants :

- Electricité : production, transport, stockage (~ 70 h)
- Thermique et technologies associées/thermodynamique appliquée (~ 120 h)
- Matériaux, propriétés et applications (~ 80 h)
- Fluides : écoulements et transferts d'énergie (~ 70 h)
- Energie nucléaire et radioprotection (~ 90 h)

La mise en œuvre de cet enseignement transversal s'appuie conjointement sur une approche pragmatique où les notions abordées sont appliquées à des cas réels, que les étudiants rencontreront au cours de leur formation en entreprise ou dans leur futur métier, et sur la cohérence entre les modules au travers d'applications communes qui sont étudiées sous des aspects différents. Par ailleurs, l'assimilation des nombreux concepts et phénomènes physiques est renforcée par un travail expérimental conséquent.

Electricité : production, transport, stockage	<b>Cours / TD (30 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• machine synchrone : alternateur, moteur, modèle de Behn-Eschenburg</li> <li>• machine asynchrone : alternateur, moteur</li> <li>• électronique de puissance pour la variation de vitesse des moteurs et pour les convertisseurs</li> <li>• les harmoniques de courants sur le réseau liés aux convertisseurs</li> <li>• étude d'une micro-centrale hydroélectrique</li> <li>• étude d'un générateur éolien couplé sur le réseau</li> <li>• dimensionnement d'un transformateur par le produit des aires</li> <li>• stockage de l'électricité – supercondensateur &amp; batteries</li> <li>• applications aux moteurs électriques</li> </ul>
	<b>Travaux expérimentaux (25 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sécurité électrique</li> <li>• mesures de puissance (déphasage, puissances active, réactive, apparente,...)</li> <li>• mesure de puissances et rendement d'une machine tournante (estimation de pertes,...)</li> <li>• hacheur en pont, conversion continu-continu et continu-alternatif</li> <li>• étude d'un système éolien</li> <li>• étude du productible photovoltaïque en conditions réelles</li> </ul>
	<b>Interventions industrielles / entreprises (15 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sécurité électrique</li> <li>• réseaux transport &amp; distribution</li> <li>• raccordement d'installations de production sur le réseau de distribution</li> <li>• installations électriques dans les bâtiments &amp; dimensionnement</li> <li>• stockage pour la gestion des réseaux électriques</li> <li>• moteurs électriques</li> </ul>

	<b>Cours / TD (25 h)</b>
Thermique et technologies associées	<ul style="list-style-type: none"> <li>• transport de chaleur <ul style="list-style-type: none"> <li>○ rayonnement (angle solide, Corps Noir, Corps Gris, radiosité, analogie électrique)</li> <li>○ conduction : loi de Fick, intégrale de conductivité, généralisation et équation de la chaleur, loi de Fourier, analogie électrique</li> <li>○ convection : coefficient d'échange et nombre de BIOT, température dans un mur, le modèle de l'ailette</li> </ul> </li> <li>• étude des échangeurs thermiques cylindrique co- et contre-courant par les méthodes DTLM (Différence de Température Logarithmique Moyenne) et NUT (Nombre d'Unités de Transfert)</li> <li>• imagerie thermique : rayonnement infrarouge, thermographie, (bolomètre) et photoélectrique (cellules photovoltaïques, photodiodes, phototransistors MOS)</li> </ul>
	<b>Travaux expérimentaux (20 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rayonnement du corps noir</li> <li>• échangeurs à tube et à plaque : mesure des performances en mode courant parallèle et contre-courant</li> <li>• chauffage solaire / ballon de stockage : montage et installation, bilan d'énergie et pertes thermiques, performances</li> <li>• imagerie thermique : caméra infrarouge bolométrique, diagnostic énergétique</li> </ul>
Thermodynamique appliquée	<b>Cours / TD (25 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rappels des principes fondamentaux, instruments de mesure (thermomètres, manomètres...)</li> <li>• systèmes polyphasiques, chaleur latente de changement d'état</li> <li>• machines thermiques (moteurs, réfrigérateurs, pompes à chaleur) : fonctionnement pratique, usages, avantages et inconvénients des différents types de machines</li> <li>• diagrammes de phases, de Mollier, binaires : lecture et utilisation des diagrammes</li> <li>• mélanges : équilibre biphasique d'un mélange, humidité de l'air, distillation</li> </ul>
	<b>Travaux expérimentaux (20 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• moteur de Stirling : étude d'un moteur de Stirling, tracé du cycle (P, V) et détermination du rendement à l'aide d'un frein de Prony</li> <li>• vapeur saturante : caractérisation d'une thermistance Ge, mesure de la pression de vapeur saturante de l'eau en fonction de la température</li> <li>• turbine à vapeur : étude du fonctionnement, mesure du rendement</li> <li>• pompe à chaleur : étude du fonctionnement, mesure du COP</li> </ul>
	<b>Interventions industrielles / entreprises (30 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• moteur</li> <li>• génie climatique : caractéristiques, fonctionnement et dimensionnement des installations, réseaux hydrauliques et régulation</li> <li>• Building Information Modeling</li> </ul>
Matériaux, propriétés et applications	<b>Cours / TD (45 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• classification des matériaux, structure atomique, liaison interatomique, structure cristalline, structure compacte des métaux</li> <li>• métaux, alliages ferreux et non ferreux, céramiques, verres, polymères, composites</li> <li>• matériaux mono- et poly-cristallins</li> <li>• défauts dans les solides, ponctuels et linéaires</li> <li>• déformations plastiques et dislocations dans les métaux</li> <li>• durcissement des métaux et alliages</li> <li>• propriétés mécaniques : traction/compression, flexion, torsion, cisaillement – domaine élastique et plastique, module de Young – résistance à la traction, rupture, coefficient de Poisson</li> <li>• propriétés électriques : conductivité, structures de bandes, isolants et semi-conducteurs, dopage n ou p, supraconductivité</li> <li>• résistance à la corrosion des matériaux métalliques</li> <li>• énergie solaire photovoltaïque : technologies, dimensionnement et caractérisation</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• piles à combustible à membrane d'échange de protons : principe et rendement énergétique</li> </ul>
	<b>Travaux expérimentaux (10 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• étude du productible photovoltaïque avec un logiciel d'analyse de gisement solaire</li> <li>• Pile à combustible à hydrogène : fonctionnement &amp; caractérisation</li> </ul>
	<b>Interventions industrielles / entreprises (20 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• matériaux sous irradiation : rappel sur les matériaux et le rayonnement, interaction matière-rayonnement, effet des radiations sur la microstructure, effet des radiations sur les propriétés mécaniques, étude de cas d'un réacteur, choix des matériaux pour les installations nucléaires</li> <li>• matériaux - énergie - bâtiment : les réglementations thermiques françaises dans le neuf et dans l'existant, les méthodes de calcul des déperditions par transmission (règles Th-U), les matériaux et produits isolants, les techniques et procédés d'isolation, les ponts thermiques et les techniques de traitement</li> </ul>

	<b>Cours / TD (30 h)</b>
Fluides : écoulements et transferts d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• statique des fluides (pression, Archimède, équilibre des corps flottants)</li> <li>• cinétique des fluides (Euler Vs Lagrange, ligne de courant, accélération d'une particule fluide, conservation de la masse)</li> <li>• transport diffusif et viscosité (convection/diffusion de la chaleur, advection/diffusion de la quantité de mouvement, viscosité microscopique, mesure de la viscosité, rhéologie, nombre de Reynolds et régimes d'écoulement, autres nombres sans dimensions, qu'est-ce qu'une instabilité ?)</li> <li>• analyse dimensionnelle et notions de similitude (théorème PI, recherche pratique des nombres sans dimension)</li> <li>• dynamique des fluides, équations de Navier-Stokes (contraintes dans un fluide, équation du mouvement, conditions aux limites, solutions laminaires, pertes de charges régulières, fluides parfaits/équation d'Euler, conservation de l'énergie/équation de Bernoulli, cavitation, équations de bilan : force sur un barrage, force sur un auget, pertes de charges singulières, portance)</li> <li>• couches limites (équation de Prandtl, épaisseur d'une couche limite, distance d'entrée dans un tube, contrainte pariétale, décollement de la couche limite)</li> <li>• énergie éolienne             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ introduction à l'aérodynamique des rotors éoliens, classification des éoliennes, éléments constitutifs, profils aérodynamiques (paramètres géométriques, efforts et coefficients aérodynamiques, fonctionnement normal et en décrochage)</li> <li>○ aérodynamique des rotors éoliens : théorie de Froude Rankine, rendement théorique de Betz</li> <li>○ courbes puissance et couple, points de fonctionnement et régulation des éoliennes</li> </ul> </li> </ul>
	<b>Travaux expérimentaux (25h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• écoulement en milieu poreux</li> <li>• sillage d'un cylindre (en soufflerie, tube de Pitot)</li> <li>• mesures de débits (phénomène venturi, rotamètre, diaphragme)</li> <li>• écoulement de Poiseuille cylindrique (étude de perte de charge, transition vers la turbulence)</li> <li>• détermination en soufflerie des courbes caractéristiques d'une éolienne</li> <li>• travaux pratiques en soufflerie sur une éolienne à axe horizontal instrumentée. Mesures de couple, de puissance et de rendement. Détermination des courbes caractéristiques : coefficient de puissance et coefficient de couple en fonction de la rapidité spécifique. Etude de l'influence du calage des pales. Rédaction d'un compte rendu d'essais</li> <li>• turbo machines</li> </ul>
	<b>Interventions industrielles / entreprises (15 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• construction, exploitation et maintenance d'un parc éolien</li> <li>• technologie éolienne : évolution des machines et état du marché, le potentiel, principe de fonctionnement du rotor, fabrication des pales, aéroélasticité</li> </ul>

Energie nucléaire et radioprotection	<b>Cours / TD (35 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bases de la physique nucléaire <ul style="list-style-type: none"> <li>○ noyau, énergie de liaison, stabilité, désintégration</li> <li>○ différents types de radioactivité, lois de décroissance, filiation radioactive, équilibre séculaire</li> <li>○ réaction nucléaire, section efficace, fission</li> <li>○ interaction rayonnement-matière - caractéristiques des interactions selon la nature des rayonnements ionisants, particules chargées - ralentissement/particules neutres - atténuation - libre parcours moyen, et de leur énergie</li> </ul> </li> <li>• énergie nucléaire <ul style="list-style-type: none"> <li>○ réactions induites par neutrons : diffusion (ralentissement), capture, fission</li> <li>○ bases de physique des réacteurs : criticité, pilotage</li> </ul> </li> </ul>
	<b>Interventions industrielles / entreprises (35 h)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cycle du combustible &amp; gestion des déchets - déchets nucléaires</li> <li>• sûreté nucléaire</li> <li>• démantèlement des installations &amp; caractérisation des déchets nucléaires</li> <li>• fonctionnement d'une centrale de type REP et simulateur : cœur du réacteur, générateur de vapeur, turbines, condenseur</li> <li>• visites d'installations - CNPE, centre de stockage des déchets ANDRA (3 jours)</li> </ul>
<b>Cours / travaux expérimentaux (25 h)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détection - statistique et analyse de données <ul style="list-style-type: none"> <li>○ principaux détecteurs, scintillateurs, gazeux, semi-conducteurs</li> <li>○ présentation des résultats expérimentaux (graphes, histogrammes, ...)</li> <li>○ traitement incertitudes statistiques et systématiques</li> <li>○ méthodes d'ajustement d'un modèle aux données</li> </ul> </li> <li>• radioprotection <ul style="list-style-type: none"> <li>○ historique, structures internationales et nationales</li> <li>○ différentes catégories et modes d'exposition</li> <li>○ effets des rayonnements ionisants</li> <li>○ système de protection radiologique, principes de base de protection, surveillance des expositions</li> <li>○ les différents acteurs en France</li> </ul> </li> <li>• physique nucléaire/radioprotection <ul style="list-style-type: none"> <li>○ démonstration pratique de l'utilisation de débitmètres et dosimètres opérationnels</li> <li>○ mesures de flux de rayonnements/mesures de comptage</li> <li>○ utilisation de différentes sondes de dépistage de radioactivité et estimation de leur réponse selon la nature et l'énergie des rayonnements ionisants</li> <li>○ recherche et mesure de contamination surfacique (directe et par frottis) et atmosphérique (contrôleur de frottis et de vêtements)</li> <li>○ mise en œuvre d'une chaîne de spectroscopie <math>\gamma</math> : détecteurs à scintillation et semi-conducteur, électronique de comptage, analyseur multicanaux. Analyse d'un spectre. Mesure d'atténuation</li> <li>○ étude de la perte d'énergie des particules alpha dans l'air</li> <li>○ étude de ralentissement des neutrons et mesure de leur longueur de diffusion – mesure de flux neutronique par activation</li> </ul> </li> </ul>	

