



CentraleSupélec

# OPTION ENERGIE

<http://www.option-energie.ecp.fr>

## INTRODUCTION

En ce début de 21<sup>ème</sup> siècle, la production et la distribution d'énergie revêtent un caractère prioritaire à l'échelle mondiale. Par ailleurs, la préoccupation environnementale grandissante amène à reconsidérer en profondeur les schémas classiques de production d'énergie. Dans ce contexte, une connaissance globale de la problématique énergétique offre aux élèves intéressés par ce domaine de véritables perspectives dans des secteurs technologiques très variés.

Pour ces diverses raisons, Centrale Paris et Supélec, fortes de leurs expertises très complémentaires dans le domaine énergétique, se sont associées dès 2009 pour construire une Option Energie commune aux deux établissements et couvrant un large spectre de techniques et métiers de l'énergie.

## LES OBJECTIFS

Le secteur énergétique est actuellement en pleine effervescence : des concepts et technologies de plus en plus innovants et d'inspirations très diverses (citons pêle-mêle et de façon non exhaustive les nouveaux procédés de combustion, la fission et la fusion nucléaires, la pile à combustible et la filière hydrogène associée, ou encore les énergies renouvelables) sont en train d'émerger ou même déjà à l'étude pour relever le pari de la production et de l'acheminement de l'énergie en quantité suffisante et à un coût socialement acceptable. Il y a donc là quantité d'emplois d'ingénieurs et de chercheurs qui sont à pourvoir dès maintenant et dans les décennies à venir. Mais au delà d'une **solide formation scientifique** (bagage au demeurant indispensable à tout ingénieur), les élèves désireux de se spécialiser dans les sciences et technologies liées à la thématique de l'énergie doivent également acquérir une **connaissance globale des diverses déclinaisons de la problématique énergétique** (incluant par exemple les dimensions stratégique, économique et environnementale) pour pouvoir prétendre aux fonctions de décideur éclairé dans ce domaine. Sur la base de ces considérations, l'Option Energie de 3<sup>ème</sup> année d'étude de CentraleSupélec se donne pour ambition de former les élèves aux ramifications multiples de cette thématique complexe, dans le but de leur offrir de véritables perspectives et un large éventail de débouchés dans tous les secteurs concernés.

## LA PEDAGOGIE

Les cursus proposés dans le cadre de l'option sont remarquables par l'ampleur des champs couverts. Ils correspondent à cinq grands secteurs d'activité bien identifiés où CentraleSupélec est reconnue pour son expertise : Energie Thermique, Géosciences pour la Transition Energétique, Procédés, Réseaux d'Energies et Systèmes Electriques. Des passerelles entre ces cinq parcours thématiques, sous forme de cours électifs, permettent de personnaliser les cursus.

En complément à la formation d'ingénieur et de façon plus ou moins intégrée, les élèves inscrits dans l'Option Energie peuvent préparer des formations « Master 2 » (M2) en cohérence avec leur cursus ; la liste des M2 accessibles se trouve plus bas dans ce document.

## **LE PROGRAMME**

L'enseignement est basé sur un équilibre entre des cours magistraux assurés par des universitaires et des industriels, des activités pratiques (simulation numérique et techniques expérimentales), des études de cas encadrées et des projets conduits tout au long de l'année de façon plus autonome.

Le cursus de l'Option Energie se compose d'un **tronc commun** de formation générale à la problématique énergétique dont l'ambition est de sensibiliser les élèves à deux déclinaisons majeures de cette thématique : les **sources** et les **enjeux**. Cinq cours composent ce tronc commun : quatre cours consacrés aux quatre principales sources et filières d'énergie (filière des hydrocarbures, filière nucléaire, production d'énergie électrique et énergies renouvelables) ; et un cours traitant des enjeux stratégiques, économiques et environnementaux de la problématique énergétique.

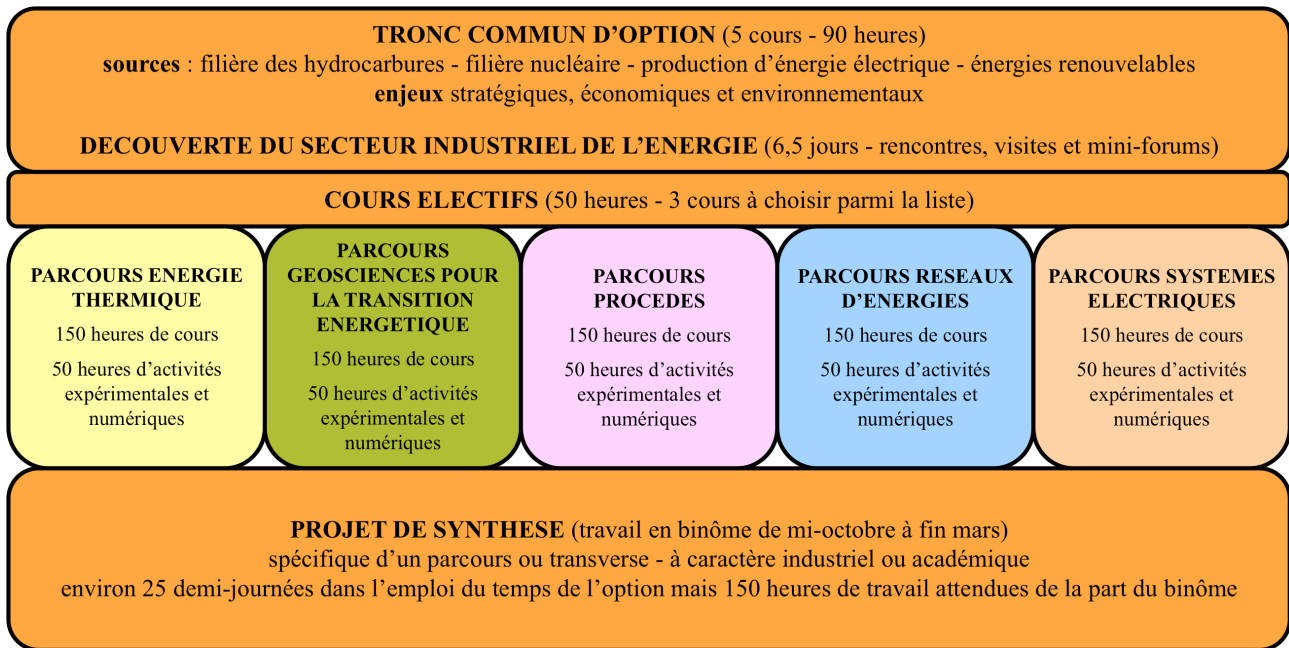
La formation générale dispensée dans le tronc commun est complétée par des activités de **découverte du secteur industriel de l'énergie** organisées en étroite collaboration avec les entreprises partenaires de l'option. Diverses **rencontres et visites de sites** sont proposées aux élèves afin de leur permettre d'affiner leur connaissance du monde de l'entreprise et du secteur de l'énergie. Enfin, chaque entreprise partenaire de l'Option Energie est conviée, à l'occasion de **deux mini-forums**, à rencontrer les élèves de l'option et a ainsi l'opportunité d'exposer sa vision des grands enjeux énergétiques et sa stratégie dans ce domaine.

Un ensemble de **cours électifs** de thématiques très variées est proposé aux élèves afin de leur permettre de personnaliser leur cursus en cohérence avec leurs intérêts particuliers et leur projet professionnel. A l'instar des cours du tronc commun d'option, l'ambition de tous ces enseignements est d'approfondir les connaissances des élèves et de stimuler leur réflexion face aux grands défis énergétiques du 21<sup>ème</sup> siècle. La liste de ces cours électifs se trouve à la fin de ce document.

Chacun des **cinq parcours thématiques** de l'option (Energie Thermique, Géosciences pour la Transition Energétique, Procédés, Réseaux d'Energies et Systèmes Electriques) se compose d'un ensemble d'environ 150 heures de cours spécifiques de niveau scientifique élevé et d'un volume horaire d'environ 50 heures dédié à un projet numérique et à des activités expérimentales.

Le **projet de synthèse** est un travail effectué en binôme entre la mi-octobre et la fin mars. Le sujet de projet peut être spécifique d'un parcours ou au contraire très transverse ; il peut être à caractère industriel (proposé par une entreprise partenaire ou non de l'option) ou académique (activité de recherche proposée par un laboratoire) ; il correspond à 150 heures de travail attendues de la part de chaque élève du binôme.

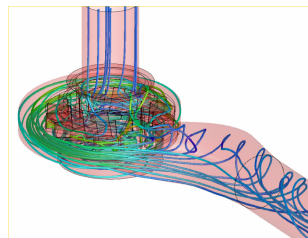
La figure ci-dessous fait la synthèse de toutes les activités pédagogiques proposées dans l'Option Energie. Les programmes détaillés des cinq parcours se trouvent à la fin de ce document.



## LES PARCOURS

Les cinq parcours thématiques de l'Option Energie (Energie Thermique, Géosciences pour la Transition Energétique, Procédés, Réseaux d'Energies et Systèmes Electriques) vont être décrits sommairement dans les lignes qui suivent. A chacun de ces cinq parcours est associée une formation « Master 2 » (M2) de l'Université Paris-Saclay, laquelle complète le contenu scientifique du parcours et ouvre la voie de la recherche. Par ailleurs, tout élève de l'Option Energie peut également préparer, en parallèle de l'option, le M2 « Economie de l'Energie » rattaché à la Mention « Economie de l'Environnement, de l'Energie et des Transports » de l'Université Paris-Saclay<sup>1</sup>.

### Le Parcours Energie Thermique (ET)

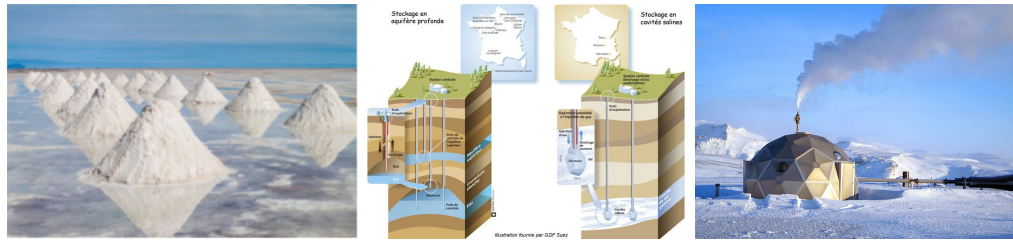


Ce parcours forme des ingénieurs avec une solide formation sur l'ensemble des modes de transfert de la chaleur par les voies fluide ou solide ou par rayonnement. Il prépare les jeunes ingénieurs aux défis énergétiques du 21<sup>ème</sup> siècle : optimiser les systèmes existants et inventer les nouvelles technologies de production, de stockage et de transport de l'énergie thermique pour les bâtiments, l'industrie, les transports et les services. M2 associé à ce parcours : « Sciences Thermiques » rattaché à la Mention « Energie » de l'Université Paris-Saclay<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> <https://www.universite-paris-saclay.fr/fr/education/master/m2-economie-de-lenergie#presentation-m2>

<sup>2</sup> <https://www.universite-paris-saclay.fr/fr/formation/master/m2-sciences-thermiques-st#presentation-m2>

### Le Parcours Géosciences pour la Transition Énergétique (GTE)



L'ambition de ce parcours est de traiter de manière approfondie les différents aspects scientifiques et techniques des géosciences appliquées à la transition énergétique, défi majeur du siècle. Si la base scientifique reste liée à l'exploration et l'exploitation des gisements de pétrole et de gaz, les développements techniques associés concernent aussi bien les stockages souterrains de gaz, la géothermie ou le stockage massif des énergies associées aux sources intermittentes. Les besoins planétaires en lithium, en hydrogène et autres terres ou métaux rares exigent le maintien de compétences de haut niveau en géosciences. Les matières phares de ce cursus sont la géologie générale et pétrolière, la mécanique et la dynamique des sols, roches et structures, la sismique, la modélisation des réservoirs souterrains et les méthodes numériques spécifiques. Une étude géologique d'une semaine sur le terrain complète la formation. M2 associé à ce parcours : « Géo-Mécanique : Ouvrages, Eau, Réservoirs » rattaché à la Mention « Génie Civil » de l'Université Paris-Saclay<sup>3</sup>.

### Le Parcours Procédés (P)



Ce parcours s'appuie principalement sur le génie des procédés (transferts de matière et de chaleur, réactions et réacteurs chimiques) mais aussi sur la science des matériaux (vue sous les angles mécanique et physique), domaines dont les évolutions conditionnent souvent les performances et l'innovation. Ces notions scientifiques sont primordiales dans le domaine de l'énergie (de la production à l'utilisation). M2 associé à ce parcours : « Procédés pour l'Energie » rattaché à la Mention « Energie » de l'Université Paris-Saclay<sup>4</sup>.

### Le Parcours Réseaux d'Énergies (RE)



L'accès à l'énergie requiert la construction et l'exploitation d'infrastructures dédiées : les réseaux. Ce parcours est structuré autour de trois vecteurs énergétiques : électricité, gaz et chaleur. Pour faciliter l'usage d'énergie moins carbonée, ces énergies sont amenées à être de plus en plus interconnectées grâce à leurs réseaux. Les caractéristiques de ces réseaux sont présentées et les règles d'exploitation sont étudiées. M2 associé à ce parcours : « Physique et Ingénierie de l'Energie » rattaché à la Mention « Energie » de l'Université Paris-Saclay<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> <https://www.universite-paris-saclay.fr/fr/formation/master/m2-geo-mecanique-ouvrages-eau-reservoirs-geo2#presentation-m2>

<sup>4</sup> <https://www.universite-paris-saclay.fr/fr/formation/master/m2-procedes-pour-lenergie-pe#presentation-m2>

<sup>5</sup> <https://www.universite-paris-saclay.fr/fr/formation/master/m2-physique-et-ingenierie-de-lenergie-pie-0#presentation-m2>

**Le Parcours**  
**Systèmes Electriques**  
**(SE)**



Ce parcours traite principalement de la commande et de la gestion des réseaux électriques de transport et de distribution tout en incluant les sources d'énergie et les usages de l'énergie électrique. Les thématiques sont : la production (du nucléaire aux énergies renouvelables), le matériel de réseaux, la gestion de la demande, le stockage, la conduite du réseau et l'impact des moyens de production et de consommation. M2 associé à ce parcours : « Physique et Ingénierie de l'Energie » rattaché à la Mention « Energie » de l'Université Paris-Saclay<sup>6</sup>.

**POINTS FORTS**

- La très grande variété des débouchés, aussi bien en France qu'à l'étranger.
- Le large spectre d'activités pédagogiques, comprenant des cours avancés assurés par des équipes mixtes universitaires - industriels, des activités de terrain et d'ouverture, des activités de mise en œuvre directe, et des projets structurés où les élèves peuvent compter sur un encadrement de qualité pour ensuite développer leurs travaux de manière autonome.
- Un réseau d'enseignants issus du monde de l'entreprise, d'institutions d'enseignement et d'établissements de recherche.
- Un partenariat développé avec les entreprises permettant des contacts privilégiés avec le monde professionnel.
- Des liens étroits avec le milieu de la recherche par le biais des enseignants-chercheurs impliqués dans la formation.
- L'appui logistique de quatre unités de recherche d'excellence de CentraleSupélec dans les domaines couverts (laboratoires EM2C, LGPM et MSSMat et Département Energie), dans lesquelles les élèves pourront effectuer divers projets.

**DEBOUCHES PROFESSIONNELS**

L'Option Energie prépare à une large palette de métiers dans des secteurs technologiques à forte valeur ajoutée où l'innovation et l'optimisation conditionnent la compétitivité.

Deux grands axes métier :

- **L'ingénierie** : de la recherche à la conception et l'industrialisation des systèmes énergétiques,
- **Les opérations** : de l'exploration de sites de production d'énergie à la maintenance et au démantèlement en passant par la gestion de grands projets et d'affaires dans le domaine de l'énergie.

<sup>6</sup> <https://www.universite-paris-saclay.fr/fr/formation/master/m2-physique-et-ingenierie-de-lenergie-pie-0#presentation-m2>

Les débouchés naturels de l'Option Energie sont les industries de la production, de la transformation et de la distribution de l'énergie sous toutes ses formes (électrique, nucléaire, pétrolière, solaire, éolienne, ...), l'industrie chimique, les industries automobile et des transports, des moteurs et de la propulsion, l'industrie mécanique, ... Mais, de façon plus large, dans tous les secteurs d'activité où la consommation énergétique est importante (comme par exemple l'habitat ou l'industrie métallurgique), il est déjà massivement fait appel à des spécialistes de l'énergie pour réduire les factures énergétiques, optimiser les installations et les mettre en conformité avec des normes environnementales d'exigence toujours croissante ; et ce mouvement va sans aucun doute s'amplifier dans les décennies à venir.

<b>ENTREPRISES ET ORGANISMES PARTENAIRES DE L'OPTION ENERGIE (liste mise à jour en juillet 2018)</b>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------

ABB - Air Liquide - CEA - Columbus Consulting - EDF + Dalkia - ExxonMobil  
Eiffage Energie - Enedis - Fives - Framatome - RTE - Sia Partners

<b>CONTACTS</b>
-----------------

<b>Option Energie</b>	Jean-Claude Vannier (CentraleSupélec - Département Energie) <a href="mailto:jean-claude.vannier@centralesupelec.fr">jean-claude.vannier@centralesupelec.fr</a>
<b>Parcours Energie Thermique</b>	Benoît Fiorina (CentraleSupélec - Laboratoire EM2C) <a href="mailto:benoit.fiorina@centralesupelec.fr">benoit.fiorina@centralesupelec.fr</a>
<b>Parcours Géosciences pour la Transition Energétique</b>	Benoît Noetinger (IFP Energies Nouvelles - Département Géosciences) <a href="mailto:benoit.noetinger@ifpen.fr">benoit.noetinger@ifpen.fr</a>
<b>Parcours Procédés</b>	Hervé Duval (CentraleSupélec - Laboratoire LGPM) <a href="mailto:herve.duval@centralesupelec.fr">herve.duval@centralesupelec.fr</a>
<b>Parcours Réseaux d'Energies</b>	Marc Petit (CentraleSupélec - Département Energie) <a href="mailto:marc.petit@centralesupelec.fr">marc.petit@centralesupelec.fr</a>
<b>Parcours Systèmes Electriques</b>	Jean-Claude Vannier (CentraleSupélec - Département Energie) <a href="mailto:jean-claude.vannier@centralesupelec.fr">jean-claude.vannier@centralesupelec.fr</a>

**ACTIVITES PEDAGOGIQUES DU TRONC COMMUN**

(« HC » = « hors contrôle » - « CI » = « contrôle inclus »)

	titre	coordinateur	ECTS	durée
dispense possible	énergies renouvelables	J.-C. Vannier (CentraleSupélec)	1,0	18h HC
obligatoire	enjeux de l'énergie	P. Da Costa (CentraleSupélec)	1,0	18h HC
obligatoire	filière des hydrocarbures	P. Persillon (ex Total)	1,0	18h HC
dispense possible	filière nucléaire	H. Cordier (EDF)	1,0	18h HC
obligatoire	production d'énergie électrique	M. Hennebel (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
dispense possible	découverte du secteur industriel de l'énergie : rencontres, visites de sites et mini-forums	J.-C. Vannier (CentraleSupélec)	-	6,5 jours

**LES COURS ELECTIFS**

(« HC » = « hors contrôle » - « CI » = « contrôle inclus »)

	titre	coordinateur	ECTS	durée
3 cours à choisir dans cette liste, et plus encore si dispenses obtenues ou si Parcours RE ou SE	captage et stockage géologique de CO <sub>2</sub>	E. Tocqué (IFPEN)	1,0	15h HC
	carburants du futur	X. Montagne (MESR)	1,0	15h HC
	combustion avancée	D. Veynante (CNRS)	1,0	15h HC
	démantèlement des grands sites industriels	E. Morange (EDF) S. Vivet (ex Total)	1,0	15h HC
	économie des réseaux d'énergies	J.-C. Vannier (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
	électromobilité	M. Petit (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
	énergétique des bâtiments	F. Cointe (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
	énergétique industrielle	P. Degand (Suez Environnement)	1,0	15h HC
	enjeux énergétiques de la biomasse	P. Perré (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
	pile à combustible et filière hydrogène	P. Millet (Université Paris Sud)	1,0	15h HC
	procédés de production d'énergies renouvelables	J.-C. Vannier (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
	production et consommation d'électricité dans les secteurs résidentiel, tertiaire et industriel	M. Petit (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
	smart grids	M. Petit (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
	traction et propulsion électriques	J.-C. Vannier (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
	transferts en milieux poreux	B. Goyeau (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
transformation des entreprises - cas du secteur des smart grids	S. Issard (Colombus Consulting)	1,0	15h HC	



**CURSUS DU PARCOURS ENERGIE THERMIQUE**

(« HC » = « hors contrôle » - « CI » = « contrôle inclus »)

	titre	coordinateur	ECTS	durée
obligatoire	combustion (commun avec Option MAE)	B. Fiorina (CentraleSupélec)	2,0	15h HC
obligatoire	mécanique des fluides appliquée (commun avec Option MAE)	T. Schuller (CentraleSupélec)	2,0	15h HC
obligatoire	méthodes numériques	A. Soufiani (CNRS)	2,0	18h HC
obligatoire	méthodologie en transferts thermiques (commun avec Parcours P)	L. Soucasse (CentraleSupélec)	2,0	15h HC
obligatoire	outils informatiques de l'ingénieur	A. Vié (CentraleSupélec)	2,0	15h HC
dispense possible	transferts thermiques appliqués	J. Taine (CentraleSupélec)	2,0	15h HC
4 cours à choisir dans cette liste	aéro-thermodynamique des turbomachines (commun avec Option MAE)	A. Giauque (Ecole Centrale Lyon)	1,0	18h HC
	cycles moteurs et cryogénie	A. Ravex (Cryoconsult)	1,0	18h HC
	écoulements diphasiques (commun avec Option MAE)	M. Massot (CentraleSupélec)	1,0	18h HC
	milieux hors équilibre - plasmas	C. Laux (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
	rayonnement en milieux semi-transparents	L. Soucasse (CentraleSupélec)	1,0	18h HC
	transferts turbulents (commun avec Parcours P et Option MAE)	R. Vicquelin (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
1 projet à choisir	projet numérique « fluide »	A. Vié (CentraleSupélec)	2,0	21h CI
	projet numérique « thermique »	J.-P. Chabard (EDF)	2,0	21h CI
obligatoire	activité expérimentale : diagnostics et métrologie dans les écoulements	L. Zimmer (CNRS)	2,0	24h CI

**CURSUS DU PARCOURS GEOSCIENCES POUR LA TRANSITION ENERGETIQUE**

(« HC » = « hors contrôle » - « CI » = « contrôle inclus »)

	titre	coordinateur	ECTS	durée
obligatoire	géologie générale	J. Barbarand (Université Paris Sud)	1,5	15h HC
obligatoire	géologie pétrolière	B. Noetinger (IFPEN)	1,5	15h HC
obligatoire	géothermie et stockage	B. Noetinger (IFPEN)	1,5	15h HC
obligatoire	hydrogéologie	M. Adelinet (IFPEN)	1,5	15h HC
obligatoire	mécanique des milieux continus	R. Cottreau (CNRS)	1,5	15h HC
obligatoire	mécanique des roches	P. Souloumiac (Université de Cergy)	1,5	15h HC
obligatoire	modélisation de réservoir	B. Noetinger (IFPEN)	1,0	15h HC
obligatoire	ressources minérales	J. Tuduri (BRGM)	1,5	15h HC
obligatoire	simulation en géosciences	B. Noetinger (IFPEN)	1,0	15h HC
obligatoire	sismique de prospection	H. Zeyen (Université Paris Sud)	1,5	15h HC
obligatoire	analyse et simulation des structures	A. Millard (CEA)	2,5	24h CI
obligatoire	mission de terrain géologique	J. Barbarand (Université Paris Sud)	3,5	5 jours CI

**CURSUS DU PARCOURS PROCEDES**

(« HC » = « hors contrôle » - « CI » = « contrôle inclus »)

	titre	coordinateur	ECTS	durée
dispense possible	compléments de transferts thermiques	H. Duval (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
obligatoire	contrôle-commande	D. Dumur (CentraleSupélec)	1,5	15h HC
obligatoire	génie des procédés pour l'énergie	M.-L. Giorgi (CentraleSupélec)	1,5	15h HC
obligatoire	hydrodynamique physique	H. Duval (CentraleSupélec)	1,5	18h HC
obligatoire	matériaux de structure pour l'énergie	J.-H. Schmitt (CentraleSupélec)	1,5	15h HC
obligatoire	mécanique des fluides numérique	S. Ducruix (CNRS)	1,5	15h CI
obligatoire	miniprojet numérique	H. Duval (CentraleSupélec)	1	12h CI
obligatoire	méthodologie en ingénierie des matériaux	J.-H. Schmitt (CentraleSupélec)	1,0	9h CI
obligatoire	méthodologie en transferts thermiques (commun avec Parcours ET)	L. Soucasse (CentraleSupélec)	2,0	15h HC
obligatoire	thermodynamique et transfert de matière	M.-L. Giorgi (CentraleSupélec)	1,5	15h HC
2 cours à choisir dans cette liste	énergétique industrielle	P. Degand (Suez Environnement)	1,0	15h HC
	optimisation énergétique des procédés	H. Duval (CentraleSupélec)	1,0	15h CI
	physique des matériaux	B. Dkhil (CentraleSupélec)	1,0	15h CI
	transferts turbulents (commun avec Parcours ET et Option MAE)	R. Vicquelin (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
obligatoire	projet numérique de simulation des procédés	D. Baquerisse (Orano Group)	1,5	15h CI
obligatoire	activités de laboratoire	H. Duval (CentraleSupélec)	2,5	30h CI

**CURSUS DU PARCOURS RESEAUX D'ENERGIES**

(« HC » = « hors contrôle » - « CI » = « contrôle inclus »)

	titre	coordinateur	ECTS	durée
obligatoire	contrôle-commande des réseaux d'énergie	G. Sandou (CentraleSupélec)	2,0	18h HC
obligatoire	méthodes numériques et optimisation (commun avec Parcours SE)	P. Dessante (CentraleSupélec)	2,0	18h HC
obligatoire	réseaux d'énergie embarqués	J.-C. Vannier (CentraleSupélec)	3,0	21h HC
obligatoire	réseaux de fluides énergétiques	M. Petit (CentraleSupélec)	3,0	21h HC
obligatoire	réseaux électriques (commun avec Parcours SE)	M. Hennebel (CentraleSupélec)	3,0	24h HC
obligatoire	stockage d'énergie	M. Petit (CentraleSupélec)	2,0	15h HC
obligatoire	transferts thermiques et mécanique des fluides pour les réseaux de fluides énergétiques	C. Jacobs (CentraleSupélec)	2,0	18h HC
obligatoire	un cours électif supplémentaire		1,0	15h HC
obligatoire	projet numérique (commun avec Parcours SE)	M. Petit (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
obligatoire	activités de laboratoire (communes avec Parcours SE)	M. Petit (CentraleSupélec)	1,0	24h CI

**CURSUS DU PARCOURS SYSTEMES ELECTRIQUES**

(« HC » = « hors contrôle » - « CI » = « contrôle inclus »)

	titre	coordinateur	ECTS	durée
obligatoire	commande des systèmes électriques	E. Godoy (CentraleSupélec)	3,0	18h HC
obligatoire	électronique de puissance et onduleurs	J.-L. Thomas (CentraleSupélec)	2,0	18h HC
obligatoire	machines électriques	J.-C. Vannier (CentraleSupélec)	3,0	18h HC
obligatoire	méthodes numériques et optimisation (commun avec Parcours RE)	P. Dessante (CentraleSupélec)	2,0	18h HC
obligatoire	réseaux électriques (commun avec Parcours RE)	M. Hennebel (CentraleSupélec)	3,0	24h HC
obligatoire	stabilité et perturbations des réseaux électriques	M. Petit (CentraleSupélec)	3,0	21h HC
obligatoire	systèmes électromécaniques à vitesse variable	H. Baerd (GE Energy)	1,0	15h HC
obligatoire	un cours électif supplémentaire		1,0	15h HC
obligatoire	projet numérique (commun avec Parcours RE)	M. Petit (CentraleSupélec)	1,0	15h HC
obligatoire	activités de laboratoire (communes avec Parcours RE)	M. Petit (CentraleSupélec)	1,0	24h CI

**M2 ACCESSIBLES EN PARALLELE DE L'OPTION ENERGIE**

Economie de l'Energie	<p>Ouvert à tous les élèves ECP de l'Option Energie</p> <p>Correspondant à CentraleSupélec : Pascal Da Costa (<a href="mailto:pascal.da-costa@centralesupelec.fr">pascal.da-costa@centralesupelec.fr</a>) <a href="#">Cliquer ici pour consulter le site internet du M2</a></p> <p>Option Energie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispense d'un cours du tronc commun autre que « enjeux de l'énergie » et des 3 cours électifs (environ 60h hors contrôles)</li> </ul> <p>M2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 cours supplémentaires imposés (environ 120h hors contrôles)</li> </ul>
Géomécanique : Ouvrages, Eau, Réservoirs	<p>Ouvert uniquement aux élèves du Parcours GTE</p> <p>Correspondant à CentraleSupélec : Fernando Lopez Caballero (<a href="mailto:fernando.lopez-caballero@centralesupelec.fr">fernando.lopez-caballero@centralesupelec.fr</a>) <a href="#">Cliquer ici pour consulter le site internet du M2</a></p> <p>Option Energie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parcours imposé : Géosciences pour la Transition Energétique</li> <li>• Les 3 cours électifs imposés</li> </ul> <p>M2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 cours supplémentaires imposés (environ 45h hors contrôles)</li> </ul>
Physique et Ingénierie de l'Energie	<p>Ouvert uniquement aux élèves des Parcours RE et SE</p> <p>Correspondant à CentraleSupélec : Mohamed Bensetti (<a href="mailto:mohamed.bensetti@centralesupelec.fr">mohamed.bensetti@centralesupelec.fr</a>) <a href="#">Cliquer ici pour consulter le site internet du M2</a></p> <p>Option Energie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parcours imposé : Réseaux d'Energies ou Systèmes Electriques</li> <li>• Dispense des 3 cours électifs (environ 45h hors contrôles)</li> </ul> <p>M2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 cours supplémentaires imposés (environ 95h hors contrôles)</li> </ul>
Procédés pour l'Energie	<p>Ouvert uniquement aux élèves du Parcours P</p> <p>Correspondante à CentraleSupélec : Marie-Laurence Giorgi (<a href="mailto:marie-laurence.giorgi@centralesupelec.fr">marie-laurence.giorgi@centralesupelec.fr</a>) <a href="#">Cliquer ici pour consulter le site internet du M2</a></p> <p>M2 complètement intégré au Parcours Procédés de l'Option Energie</p>
Sciences Thermiques	<p>Ouvert uniquement aux élèves du Parcours ET</p> <p>Correspondant à CentraleSupélec : Benoît Fiorina (<a href="mailto:benoit.fiorina@centralesupelec.fr">benoit.fiorina@centralesupelec.fr</a>) <a href="#">Cliquer ici pour consulter le site internet du M2</a></p> <p>M2 complètement intégré au Parcours Energie Thermique de l'Option Energie</p>