

SYLLABUS

Spécialité Génie Énergétique et Environnement



1. Structure des enseignements

Semestre S5 de septembre à janvier (17 semaines)

Génie Energétique et Environnement

UE	ECUE	Horaires (en heures)						Présent	ECTS
		CM	TD	TP	Autre	Eval*	FFP		
SB1 : Sciences de Bases	Modélisation (changement de semestre)	10	20	0		2	30	30	2
	Gestion de bases de données (mutualisé Cyber+TIPS)	12	16	12		2	40	40	2
	Energie Electrique	14	16	24		2	54	54	5
	Méthodes et outils de caractérisation physico-chimiques	14	16	24		2	54	54	5
	Total SB1	50	68	60	0	8	178	178	14
STI1 : Sciences et Techniques de l'Ingénieur	Thermodynamique	8	20	12		2	40	40	3
	Capteurs et instrumentation	10	14	16		2	40	40	3
	Chimie et électrochimie des électrolytes	12	16	12		2	40	40	3
	Total STI1	30	50	40	0	6	120	120	9
SHEJS1 : Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales	Management de projets	14	16			2	30	30	2
	L'ingénieur écoresponsable (mutualisé TIPS)	12	8			2	20	20	1
	Gestion de l'entreprise (mutualisé Cyber+TIPS)	8	12			2	20	20	1
	Droit de l'entreprise (mutualisé Cyber+TIPS)	8	7			1	15	15	1
	Total SHEJS1	42	43	0	0	7	85	85	5
OI1 : Ouverture Internationale	LV1 Anglais		30				30	30	2
	LV2 (Allemand, Espagnol)		20				20	20	
	Soutien Anglais		20					20	
	Total OI1	0	70	0	0		50	70	2
Conférences	Conférences	15					15	15	
Bonus	Activités Sportives, Culturelles et Artistiques						½ j/s.	½ j/s.	Bonus
TOTAL		122	231	100	0	21	448	468	30

Semestre S6 de février à juin (17 semaines)

Génie Energétique et Environnement

UE	ECUE	Horaires (en heures)						Présent	ECTS
		CM	TD	TP	Autre	Eval*	FFP		
SB2 : Sciences de Base	Statistiques et probabilités (Mutualisé Cyber)	18	22			2	40	40	3
	Qualité Hygiène Sécurité Environnement (QHSE)	10	10			2	20	20	1
	Energies renouvelables	16	16	8		2	40	40	2
	Programmation, Machine Learning	16	12	12		2	40	40	2
	Projet		10		20		10	30	2
	Total SB2		60	70	20	0	8	140	170
STI2 : Sciences et Techniques de l'Ingénieur	Stockage (électrochimique) de l'énergie	12	16	6	16	2	34	50	3
	Optimisation de l'énergie	14	18	8		2	40	40	3
	Sciences des matériaux	16	12	12		2	40	40	3
	Aspects fondamentaux de l'électrochimie	10	18	12		2	40	40	3
	Total STI2	52	64	38	16	8	154	170	12
SHEJS2 : Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales	Management des équipes	8	12			2	20	20	1
	Droit du travail	8	7			1	15	15	1
	Finances pour l'entreprise	8	12			2	20	20	1
	Gestion des ressources humaines	8	7			1	15	15	1
	Techniques de communication		15			1	15	15	2
	Projet solidaire				10			10	
Total SHEJS2	32	38	0	0	7	85	95	6	
OI2 : Ouverture Internationale	LV1 Anglais		30				30	30	2
	LV2 (Allemand, Espagnol...)		20				20	20	
	Total OI2	0	50	0	0	0	50	50	2
Conférences	Conférences	15						15	
Bonus	Activités Sportives, Culturelles et Artistiques							½ j/s.	Bonus
TOTAL		144	222	58	16	23	429	500	30

Semestre S7 de septembre à décembre (10 semaines)

Génié Energétique et Environnement

UE	ECUE	Horaires (en heures)						Présent	ECTS
		CM	TD	TP	Autre	Eval*	FFP		
ST13 (Sciences et Techniques de l'ingénieur)	Ingénierie de la transition énergétique	12	14	4		2	30	30	3
	Sources d'énergie non-renouvelables et réseau électrique :	12	8	0		2	20	20	2
	Préparation et process des matériaux	12	6	12		2	30	30	3
	Transferts thermiques et énergétiques	8	10	12		2	30	30	3
	Total ST13	44	38	28	0	8	110	118	11
SS1 (Sciences de Spécialité)	Techniques de caractérisation électrochimiques	6	12	12		2	30	30	3
	Prévision de l'énergie	6	12	12		2	30	30	3
	Chimie organique appliquée à la conversion et au stockage de l'énergie	8	10	12		2	30	30	3
	Total SS1	20	34	36	0	6	90	90	9
SHEJS3 : Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales	Economie/marchés de l'énergie	20	10			2	30	30	3
	Total SHEJS3	20	10	0	0	2	30	30	3
OI3 : Ouverture Internationale	LV1 Anglais		30				30	30	2
	LV2 (Allemand, Espagnol...)		20				20	20	
	Soutien Anglais		20				20	20	
	Total OI3	0	50	0	0	0	50	50	2
Alternance/Conférences	Conférences	10						10	
	Alternance : travail, rapport, soutenance						0	0	5
	Total OI3	10	0	0	0	0	0	10	5
Bonus	Activités Sportives, Culturelles et Artistiques							½ j/s.	Bonus
TOTAL		94	132	64	0	16	280	298	30

* : Les évaluations sont intégrées au service en heures TDs

Semestre S8 de janvier à avril (10 semaines)

Génie Énergétique et Environnement

UE	ECUE	Horaires (en heures)						Présent	ECTS
		CM	TD	TP	Autre	Eval*	FFP		
STI4 (Sciences et techniques de l'ingénieur)	Fiabilité électrique	8	10	12		2	30	30	3
	Vers une société électrique: efficacité chimique et énergétique	8	10	12		2	30	30	3
	Véhicules électriques et hybrides	8	12	0		2	20	20	2
	Projet		10		20		10	30	1
	Total STI4	24	42	24	20	6	90	110	9
SS2 (Sciences de Spécialité)	Matériaux pour le stockage électrochimique de	10	12	8		2	30	30	3
	Méthodes de caractérisation des matériaux	10	8	12		2	30	30	3
	Microgrille et batiments	10	12	8		2	30	30	3
	Ingénierie électrochimique : de l'électrode aux systèmes	8	10	12		2	30	30	3
	Total SS2	38	42	40	0	8	120	120	12
SHEJS4 : Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales	Economie/marchés de l'énergie		15			2	15	15	2
	Total SHEJS4	0	15	0	0	2	15	15	2
OI4 : Ouverture Internationale	LV1 Anglais		30				30	30	2
	LV2 (Allemand, Espagnol...)		20				20	20	
	Total OI4	0	50	0	0	0	50	50	2
Alternance/Conférences	Conférences	10						10	
	Alternance : travail, rapport, soutenance						0	0	5
	Total OI4	10	0	0	0	0	0	10	5
Bonus	Activités Sportives, Culturelles et Artistiques							½ j/s.	Bonus
TOTAL		72	149	64	20	14	275	305	30

Semestre S9 de septembre à février (12 semaines)

Génié Energétique et Environnement

UE	ECUE	Horaires (en heures)							ECTS
		CM	TD	TP	Autre	Eval*	FFP	Présent	
SHEJS4 : Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales	Géopolitique de l'énergie	20	10			2	30	30	3
	Sociologie de l'énergie	18	12			2	30	30	3
SS3 : Majeure en Sciences de Spécialité (choix de 5 parmi 12)	Capteur logiciel (observateur)	8	10	12		2	30	30	3
	Diagnostic/commande/démantèlement	8	10	12		2	30	30	3
	MPPT (Maximum Power Point Tracking)	8	10	12		2	30	30	3
	BMS	8	10	12		2	30	30	3
	Systèmes électriques pour les énergies renouvelables ?	8	10	12		2	30	30	3
	Recyclage	8	10	12		2	30	30	3
	Batteries Li/Na-Ion	8	10	12		2	30	30	3
	Systèmes sous flux: redox-flow/PAC	8	10	12		2	30	30	3
	Production H2	8	10	12		2	30	30	3
	Stockage H2	8	10	12		2	30	30	3
	IA-Digital twin	8	10	12		2	30	30	3
	Systèmes photovoltaïques (Si/DSSC/Perovskite)	8	10	12		2	30	30	3
	Total SS5a		72	90	108	0	18	240	240
OI5 : Ouverture Internationale	LV1 Anglais		30				30	30	2
	LV2 (Allemand, Espagnol...)		20				20	20	
	Soutien Anglais		20					20	
Total OI5		0	50	0	0		50	70	2
Alternance/Conférences	Alternance : travail, rapport, soutenance						0	0	7
	Cycle de conférences	20						20	
Total SS4		20	0	0	0		0	20	7
Bonus	Activités Sportives, Culturelles et Artistiques					½ j/s		½ j/s.	Bonus
TOTAL		92	140	108	0	18	290	330	30

* : Les évaluations sont intégrées au service en heures TDs

2. Descriptif des modules d'enseignement

Ce chapitre fournit une fiche descriptive de chaque module d'enseignement de chaque UE et pour chaque année du cycle de formation. Chaque descriptif contient les informations suivantes :

- Les ECTS et coefficients ainsi que la répartition horaire en CM (Cours Magistral), TD (Travaux Dirigés) et TP (Travaux Pratiques) ;
- Le nom du responsable de module ;
- Les objectifs qui résument les acquis d'apprentissage (connaissances, capacités et compétences théoriques et pratiques) fondés sur les besoins des futurs métiers ;
- Les prérequis nécessaires ;
- Le programme qui définit le contenu du module ;
- Les références bibliographiques en lien avec le thème du module ;
- Les modalités d'évaluation possibles : l'EIL Côte d'Opale préconise qu'un minimum de deux évaluations soient proposées lorsque les conditions le permettent.

SEMESTRE 5



SCIENCES DE BASES

Modélisation
Gestion de bases de données
Energie électrique
Méthodes et outils de caractérisation physico-chimiques

SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES , JURIDIQUES ET SOCIALES

Management de Projet
L'ingénieur éco-responsable
Gestion de l'entreprise
Droit de l'entreprise
Projet Solidaire

SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR

Thermodynamique
Capteurs et instrumentation
Chimie et électrochimie des électrolytes

OUVERTURE INTERNATIONALE

Langue Vivante 1 : Anglais
Langue Vivante 2 : Espagnol, Allemand

UE	SCIENCES DE BASES 1				
EC	Modélisation				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 10	TD : 20	TP : 0	Semestre 5
ECTS : 2	Contrôle continu intégral				
Responsables	Salama Makni				
Objectifs	L'objectif du cours est de fournir aux étudiants les connaissances théoriques, les compétences analytiques et l'expérience pratique nécessaires pour représenter et simuler des systèmes physiques complexes dans le domaine du génie énergétique et de l'environnement.				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Introduction aux représentations matricielles des systèmes physiques. • Formulation d'équations de systèmes linéaires et non linéaires • Transformation d'équations différentielles en équations matricielles. • Représentation de systèmes dynamiques à l'aide de matrices d'espace d'état et de fonctions de transfert • Utilisation d'un logiciel de simulation matricielle (par exemple, MATLAB) pour la modélisation et l'analyse. • Analyse des valeurs propres pour la stabilité et les formes modales des systèmes dynamiques 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Jean-Louis Le Moigne, <i>La modélisation des systèmes complexes</i>, Dunod, 1999. • Alain Chautard, <i>La data science pour modéliser les systèmes complexes – optimiser la prédiction, l'estimation et l'interprétation</i>, Dunod, 2022. • Dimitri Lefebvre, Houcine Chafouk, Mohamed Lebbal, <i>Modélisation et diagnostic des systèmes – une approche hybride</i>, Éditions universitaires européennes, 2010. 					

UE	SCIENCES DE BASES 1				
EC	Gestion de bases de données				
Volume Horaire	Total : 40	CM : 12	TD : 16	TP : 12	Semestre 5
ECTS : 2	Contrôle continu intégral				
Responsables	Olivier Gérard				
Objectifs	Ce cours a pour objectif d'offrir aux étudiants une vision complète de la gestion des bases de données appliquée au domaine de l'énergie. Dans ce secteur en perpétuelle évolution, les bases de données sont essentielles pour rassembler, stocker et analyser les données. Nous aborderons donc les principes fondamentaux de la gestion de bases de données ainsi que les défis particuliers rencontrés dans le domaine énergétique.				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Fondements de la gestion de bases de données : définitions et concepts de base • Modèles de données relationnelles • Langage de requête structuré SQL • Optimisation des requêtes • Collecte de données sur la production d'énergie • Gestion des données de consommation d'énergie • Stockage et gestion des données du réseau électrique • Intégration des données des capteurs et compteurs intelligents • Systèmes de gestion de bases de données (SGBD) spécifiques à l'énergie • Enjeux de sécurité liés aux données énergétiques sensibles • Études de cas et projets pratiques 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Bégyn Arnaud, Kany François, Marty Florian, Souillot Quentin, <i>Informatique - ECG/ECT 1re et 2e années avec le langage Python - 2e édition</i>, Ellipses, 2022. • Jean-Luc Hainaut, <i>Bases de données 5e édition, Concepts, utilisation et développement</i>, Dunod, 2022. 					

UE	SCIENCES DE BASES 1				
EC	Energie électrique				
Volume Horaire	Total : 54	CM : 14	TD : 16	TP : 24	Semestre 5
ECTS : 5	Contrôle continu intégral				
Responsables	Shahin Hedayati Kia				
Objectifs	Ce cours permet aux étudiants d'acquérir une connaissance approfondie des systèmes d'énergie électrique, le transport, la distribution et l'utilisation. Il explore les bases essentielles du génie électrique, en mettant particulièrement l'accent sur les applications et les technologies liées à l'énergie.				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Notions de base de l'électricité et du magnétisme • Processus de conversion énergétique et efficacité • Électronique de puissance pour la conversion d'énergie • Transmission et distribution d'énergie • Réseaux de distribution • Technologies de réseaux intelligents • Traitement du signal : amplification, filtrage, conversion analogique-numérique, réduction du bruit. 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Michel Lambert, <i>Les réseaux d'énergie électrique à haute tension - de la conception à l'utilisation</i>, Dunod, 2023. • Luc Lasne, <i>Énergie électrique – exercices et problèmes – 3^e édition</i>, Dunod, 2019. 					

UE	SCIENCES DE BASES 1				
EC	Méthodes et outils de caractérisation physico-chimiques				
Volume Horaire	Total : 54	CM : 14	TD : 16	TP : 24	Semestre 5
ECTS : 5	Contrôle continu intégral				
Responsables	Da Huo				
Objectifs	Capacité à réaliser les analyses chimiques, qualitatives, quantitatives et structurales, à l'aide de techniques spectroscopiques, dans les secteurs de l'énergie et de l'environnement. Capacité à sélectionner les méthodes d'analyses appropriées et à interpréter les spectres				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Rappels : Notions fondamentales de chimie des solutions • Rappels : L'énergie dans les atomes et molécules, lien avec la classification périodique • Interaction rayonnement matière • Spectroscopie UV-Vis : dispositifs de mesure, analyse quantitative, groupements chromophores, effets dus aux solvants, • Spectroscopie de fluorescence X : origine de la fluorescence, sources d'excitation, détection des rayons X, analyses des spectres UV-Vis, Fluorescence) • Spectroscopie Raman et IR : instrumentation, origine de l'absorption IR, principe de l'effet Raman, analyses des spectres • Spectroscopies atomiques : principe et instrumentation, dosages, perturbations physiques et chimiques 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • F. Rouessac, A. Rouessac, D. Cruché, A. Martel, <i>Analyse chimique - 9e éd. - Méthodes et techniques instrumentales</i>, Dunod, 2019. 					

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 1				
EC	Thermodynamique				
Volume Horaire	Total : 40	CM : 8	TD : 20	TP : 12	Semestre 5
ECTS : 3	Contrôle continu intégral				
Responsables	Emmanuel Baudrin				
Objectifs	L'enseignement visera à rappeler les principes de base de la thermodynamique afin d'avoir les outils essentiels pour la compréhension et la mise en pratique de cette discipline dans le cadre de l'étude des propriétés de la matière, de l'évolution de systèmes physiques ou chimiques et des échanges d'énergie au cours de différents processus et réactions chimiques.				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Les différents états de la matière • L'état gazeux : Gaz parfaits et gaz réels • Notions de thermodynamique statistique • Les différents types d'énergie • Traitement de la réaction chimique avec les fonctions d'état (H, S, G, potentiel chimique) • Equilibres chimiques • Diagrammes de phases • Machines thermiques/Rendements énergétiques : moteurs/turbines • Combustion • Exemples d'applications industrielles 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • G. Gonczi, Comprendre la thermodynamique, Ellipses, 2018. • A-W. Kolsi, Thermodynamique appliquée, diagrammes de phases, Technosup, Ellipses, 2017. 					

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 1				
EC	Capteurs et instrumentation				
Volume Horaire	Total : 40	CM : 10	TD : 14	TP : 16	Semestre 5
ECTS : 3	Contrôle continu intégral				
Responsables	Abdelhamid Rabhi				
Objectifs	Ce cours offre aux étudiants une compréhension approfondie des technologies de capteurs et de leurs applications dans les systèmes énergétiques. Il les dote de compétences pratiques en matière de conception, mise en œuvre et étalonnage de systèmes d'instrumentation basés sur des capteurs pour la surveillance et le contrôle des paramètres énergétiques.				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Principe de fonctionnement des capteurs : principes physiques de base (résistif, inductif, capacitif, piézoélectrique, optique). • Caractéristiques des capteurs : sensibilité, précision, résolution, temps de réponse, linéarité, hystérésis. • Types de capteurs dans les systèmes énergétiques: capteurs électriques, capteurs de température, capteurs de pression, capteurs de niveau,... • Capteurs spécifiques à l'énergie : capteurs d'énergie solaire (pyranomètres, pyréliomètres), capteur d'énergie éolienne (anémomètres, girouettes), capteurs d'énergie hydroélectrique (débitmètres, transducteurs de pression), capteurs d'énergie électrique (capteurs de tension, de courant, électrochimiques). • Systèmes d'acquisition de données : CAN, stockage des données, théorème d'échantillonnage, protocoles d'interface et de communication. • Étalonnage et test des capteurs d'énergie : techniques d'étalonnage, analyse des erreurs, normes de test. 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Asch Georges, Poussery Bernard, Les capteurs en instrumentation industrielle Ed. 8, Dunod, 2017. 					

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 1				
EC	Chimie et électrochimie des électrolytes				
Volume Horaire	Total : 40	CM : 12	TD : 16	TP : 12	Semestre 5
ECTS : 3	Contrôle continu intégral				
Responsables	Emmanuel Baudrin				
Objectifs	Les électrolytes jouent un rôle primordial dans le fonctionnement des systèmes électrochimiques. Ce sont des solutions ou des solides qui permettent le transport ionique. L'objectif de ce cours sera d'aborder de définir les électrolytes, d'examiner les mécanismes de transport pour les différents types d'électrolytes (solutions, solides, polymères). Ceci passera notamment par la description des processus de solvataion et des propriétés transport dans ces phases.				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Solvataion • Coefficient d'activité dans les électrolytes • Mélanges de solvants • Transport de matière • Conductivité des solutions • Conductivités des solides inorganiques • Conductivité des électrolytes polymères 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • J.O.M., A.K.N Reddy, "Modern Electrochemistry 1: Ionics", Kluwer Academic Publishers, 2002. • C. Deportes, M. Duclot, P. Fabry, J. Fouletier, A. Hammou, M. Kleitz, E. Siebert, J.L. Souquet, "Electrochimie des solides", Presses Universitaires de Grenoble, 1994. • A.J. Bard, L.R. Faulkner, Electrochemical methods, Wiley, 2022. 					

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 1				
EC	Management de projet				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 14	TD : 16	TP : 0	Semestre 5
ECTS : 2	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Sofiane Tahi				
Objectifs	Appréhender la notion de projet et le vocabulaire du projet dans un contexte énergétique Connaître les différents types de cycles de projets sur l'énergie, leurs différences Mettre en œuvre des outils de base de la réalisation d'un projet dans le domaine de l'énergie Expérimenter les différentes approches sur un projet réel				
Prérequis	Avoir une bonne structuration des idées				
PROGRAMME :					
<ol style="list-style-type: none"> 1- Gestion de projet, introduction, roles et enjeux en entreprise 2 – Les acteurs du projet et du changement 3 – Les étapes du projet 4 – Les approches prédictives et agiles appliqués au secteur de l'énergie 5 – L'estimation de coûts et le budget du projet 6 – Les phases de mise en place d'une équipe projet 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> V. Drecq, « Pratiques de management de projet », Dunod. 2020. J. Maes, F. Debois, « La boîte à outils du chef de projet », Dunod, 2023. T. Picq, « Manager une équipe de projet », Dunod, 2022. 					

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 1				
EC	L'ingénieur éco-responsable				
Volume Horaire	Total : 20	CM : 12	TD : 8	TP : 0	Semestre 5
ECTS : 1	Examen final				
Responsables	Sandrine Fournier				
Objectifs	Faire découvrir et aimer l'entreprise de façon ludique, Faire découvrir le rôle de l'ingénieur dans l'entreprise, Donner l'envie d'apprendre les matières qui seront enseignées au cours des 3 années futures.				
Prérequis	Avoir du bon sens, être curieux et se sentir concerné par les enjeux des futures entreprises. Se rendre sur le site Educ'entreprise FNEGE pour y découvrir une collection numérique gratuite et effectuer les tests de connaissances				

PROGRAMME :

Les élèves ingénieurs étudieront comment travailler autour d'un projet afin de développer une activité économique viable.

A partir de cas concrets, différents aspects de l'entreprise seront abordés, notamment : son fonctionnement, son organisation, ses enjeux, ses droits et ses devoirs ainsi que ses responsabilités.

Au travers d'ateliers ludiques, les élèves seront mis dans certaines situations qu'ils pourraient rencontrer en entreprise afin de comprendre le rôle, les missions et les responsabilités de l'ingénieur, notamment : le management, la sécurité, les responsabilités sociales, l'éthique et la déontologie.

En effectuant divers travaux, les enjeux auxquels les entreprises sont confrontées au quotidien seront découverts, notamment : la productivité, la compétitivité, le développement durable.

Bibliographie :

- [Educ'entreprise | FNEGE](#)

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 1				
EC	Gestion de l'entreprise				
Volume Horaire	Total : 20	CM : 8	TD : 12	TP : 0	Semestre 5
ECTS : 1	Examen final + Contrôle Continu				
Responsables	Slim Thabet				
Objectifs	Sensibiliser les étudiants au traitement des données comptables de l'entreprise et appréhender les principaux outils de gestion pour un pilotage efficace de l'entreprise.				
Prérequis	Généralités d'entreprises. Connaissance des fondamentaux de l'économie et de l'organisation d'entreprise				

PROGRAMME :

Partie 1 : Introduction à la comptabilité d'entreprise

Les principes de base de la comptabilité générale

Les principes d'écriture comptable

Le bilan

Le compte de résultats

Partie 2 : Applications

Application de ces concepts à une étude de cas

Bibliographie :

- Grandguillot, B., Grandguillot, F., L'essentiel du contrôle de gestion. 6ème éd. Gualino. 2012.
- Pierre Maurin. Le contrôle de gestion facile, éditions afnor, 2008.
- Calmé, Hamelin, Lafontaine, Ducroux, Gerbaud, Introduction à la gestion, Dunod, 2013.

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 1				
EC	Droit de l'entreprise				
Volume Horaire	Total : 15	CM : 8	TD : 7	TP : 0	Semestre 5
ECTS : 1	Contrôle continu intégral				
Responsables	Odile Poupin				
Objectifs	Découvrir le monde de l'entreprise Choisir le mode d'exercice de l'activité Maîtriser les différences entre exercice sous la forme sociale ou sous la forme individuelle de l'activité professionnelle Appréhender les bases de la propriété industrielle				
Prérequis	Aucun				
PROGRAMME :					
Partie 1 : L'entreprise					
Partie 2 : L'exercice individuel de l'activité					
Partie 3 : Droit de la propriété industrielle					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> memento "droit commercial" des éditions Francis Lefebvre "droit des affaires" des éditions LAMY 					

UE	OUVERTURE INTERNATIONALE 1				
EC	Langue Vivante 1: Anglais				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 0	TD : 30	TP : 0	Semestre 5
ECTS : 2	Examen final + Contrôle Continu				
Responsables	Emilie Le Fevre				
Objectifs	Améliorer la capacité de l'élève ingénieur à organiser et à écrire de petites productions écrites (max. 3 paragraphes) avec un niveau d'anglais correct. Améliorer les compétences écrites en insistant sur le côté positif des productions écrites de chacun. Lecture quotidienne de textes journalistiques. Approfondir les structures grammaticales				
Prérequis	Niveau B1 du cadre européen				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> Approfondissement de la grammaire: les structures (v . inf complet, v + gérondif, v + objet + inf. complet, v + inf. sans to etc.), adverbes, conjonctions et prépositions. Compréhension et analyses de textes journalistiques. Apprentissage de résumés et synthèses. Rédiger un CV et une lettre de motivation. Préparation au TOEIC (partie compréhension orale et écrite), TOEFL et Examens de Cambridge (First, Intermediate ou Proficiency). 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> Nouveau TOEIC la méthode réussite, Nathan 600 essential words for the TOEIC, Dr Lin Lougheed ; Barron's 					

UE	OUVERTURE INTERNATIONALE 1				
EC	Langue Vivante 2 (Allemand, Espagnol)				
Volume Horaire	Total : 20	CM :	TD : 20	TP :	Semestre 5
ECTS :	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Eva Gil Manes / Astrid Dobberkau				
Objectifs	Enseignements communs aux 3 années. Les étudiants sont répartis en 2 niveaux : débutant et moyen				
<p>PROGRAMME :</p> <p>NIVEAU 1 dit Faux Débutants Méthodologie : sketches et petits exposés à partir de la méthode utilisée et ou d'articles relatifs à l'entreprise Programme : travail sur les bases de la langue (la structure de cette langue nécessite en effet d'en passer par là), au travers de textes simples voire très simples au début sur la vie professionnelle.</p> <p>NIVEAU 2 dit Moyen, Moyen moins Révision et apprentissage du vocabulaire spécifique ainsi que des structures grammaticales. Développement de l'expression orale. Méthodologie Petits exposés présentés devant le groupe afin d'habituer à la présentation orale devant un groupe de travail, travaux de groupe alliant théorie et pratique.</p> <p>Bibliographie : Niveau 1 Dialog Beruf Starter (éditions Hueber) Niveau 2 Wirtschaft leicht (éditions Belin) et Deutsch Sprachbereichindustrie (Hans Erlhage)</p>					

SEMESTRE 6



SCIENCES DE BASES

Statistiques et probabilités
Qualité hygiène Sécurité Environnement
Energies Renouvelables
Programmation, Machine Learning

SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES

Management des équipes
Droit du travail
Finances pour l'entreprise
Gestion des ressources humaines
Techniques de communication
Projet Solidaire

SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR

Stockage (électrochimique) de l'énergie
Optimisation de l'énergie
Sciences des matériaux
Aspects fondamentaux de l'électrochimie

OUVERTURE INTERNATIONALE

Langue Vivante 1 : Anglais
Langue Vivante 2 : Espagnol, Allemand

UE	SCIENCES DE BASES 2				
EC	Statistiques et probabilités				
Volume Horaire	Total : 40	CM : 18	TD : 22	TP : 0	Semestre 6
ECTS : 2	Contrôle continu intégral				
Responsables					
Objectifs	L'objectif de ce cours est de permettre aux étudiants de développer des compétences solides en ce qui concerne les concepts fondamentaux des probabilités et des statistiques. Il vise à ce que les étudiants maîtrisent les règles de base de la probabilité, y compris les théorèmes essentiels comme le théorème de Bayes, à décrire des ensembles de données à l'aide de mesures de tendance centrale et de dispersion, et à appliquer les méthodes statistiques ainsi que le raisonnement probabiliste à des problèmes d'ingénierie.				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Rappels : Théorème de Bayes, combinatoire • Variables aléatoires discrètes et continues • Distributions discrètes: Binomiale, Poisson, géométrique • Distributions continues : Uniforme, normale, exponentielle, gamma • Distributions de probabilité conjointe : variables aléatoires multiples, covariance et corrélation, indépendance. • Distributions d'échantillonnage : distribution de la moyenne de l'échantillon, théorème central limite, loi des grands nombres • Inférence statistique : point d'estimation, estimation par intervalles, test d'hypothèses. • Études de cas : applications des méthodes statistiques et probabilistes à des problèmes d'ingénierie, simulations sur Matlab, R, Python. 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Bertrand Frédéric, Maumy-Bertrand Myriam, Ferrigno Sandie, Mathématiques pour les sciences de l'ingénieur – 3^e édition: Licence/Prépas/IUT, Dunod, 2022. • Lecoutre Jean-Pierre, Statistique et probabilités : Cours et exercices corrigés Ed. 7, Dunod, 2023. 					

UE	SCIENCES DE BASES 2				
EC	Qualité, Hygiène, Sécurité et Environnement				
Volume Horaire	Total : 20	CM : 10	TD : 10	TP : 0	Semestre 6
ECTS : 2	Contrôle continu intégral				
Responsables	Grégory Gachot				
Objectifs	Acquérir une vision générale des problématiques liées à la sécurité dans un environnement de travail et d'acquérir des connaissances générales sur la réglementation.				
Prérequis	Aucun				
PROGRAMME :					
Partie A : Hygiène et sécurité					
Une introduction montrera l'évolution de la réglementation en matière d'hygiène et sécurité. Les différents aspects de la sécurité en laboratoire seront abordés.					
<ul style="list-style-type: none"> • Document unique • Risque incendie • Risques chimiques : classification des substances dangereuses, protection individuelle et collective • Rayonnement ionisant et non ionisants (laser, RMN, RX...) • Risque biologique • Bases de données sécurité. • Stockage et transport des produits dangereux • Conditionnement des déchets (normes utilisées) 					
Partie B : Réglementation et environnement					
Dans la mise en évidence de problèmes environnementaux, ainsi que pour leur résolution et la mise en œuvre de solutions techniques, il est indispensable de disposer de certaines notions de base en droit de l'environnement et en économie et de l'organisation institutionnelle en France et en Europe. L'objectif de ce module est donc de donner les bases de l'organisation institutionnelle en France et en Europe, pour connaître les principaux acteurs et leurs rôles respectifs et les principes fondamentaux en termes d'organisation du pays et de son ordre réglementaire et d'offrir une connaissance succincte des notions juridiques et économiques.					

UE	SCIENCES DE BASES 2				
EC	Energies renouvelables				
Volume Horaire	Total : 40	CM : 16	TD : 16	TP : 8	Semestre 6
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Matthieu Becuwe				
Objectifs	Les ressources renouvelables comprennent l'énergie solaire, le vent, les chutes d'eau, la chaleur de la terre (géothermie), les matières végétales (biomasse), les vagues, les courants marins, les différences de température dans les océans et l'énergie des marées. Les technologies des énergies renouvelables produisent de l'électricité, de la chaleur ou de l'énergie mécanique en convertissant ces ressources en électricité ou en force motrice. L'objectif de ce cours est de présenter les principales ressources énergétiques renouvelables et les technologies connexes pour les exploiter, depuis les méthodes simples jusqu'aux systèmes énergétiques plus avancés.				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2, Thermodynamique (S5)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Energie solaire (chaleur et photovoltaïque) • Energie éolienne • Energie marine • Energie hydraulique • Biomasse • Géothermie 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • D. Abbes, N. Waldhoff, A. Davigny, B. Francois, Energies renouvelables, Ellipses, 2023. • B. Sorensen, Renewable Energy, physics, engineering, environmental impacts, economics and planning, Elsevier, Associated Press, 2010. 					

UE	SCIENCES DE BASES 2				
EC	Programmation, Machine Learning				
Volume Horaire	Total : 40	CM : 16	TD : 12	TP : 12	Semestre 6
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Jérôme Bosche				
Objectifs	Ce cours couvre les concepts fondamentaux du machine learning, y compris les algorithmes d'apprentissage supervisé et non supervisé, la sélection et l'ingénierie des caractéristiques, l'évaluation des modèles et l'optimisation des hyperparamètres. Il permet aux étudiants de développer des compétences en programmation essentielles pour implémenter des solutions de machine learning efficaces et évolutives en utilisant des bibliothèques populaires telles que TensorFlow, scikit-learn ou PyTorch.				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2, Statistiques et Probabilités (S5), Gestion de bases de données (S5)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Apprentissage automatique dans le secteur de l'énergie. • Techniques de nettoyage et d'analyse exploratoire appliquées aux données énergétiques. • Techniques de régression pour la prévision de la demande énergétique et la prévision de la charge. • Méthodes de classification pour la détection des défauts et des anomalies des systèmes énergétiques. • Modèles de prévision de séries chronologiques tels que ARIMA, SARIMA et Prophet pour la prévision de la demande énergétique. • Approches d'apprentissage automatique pour la prévision de l'énergie solaire, la prévision de l'énergie éolienne et l'intégration des énergies renouvelables dans le réseau. • Analyse des modèles de production et de consommation d'énergie dans les micro-réseaux et les systèmes énergétiques distribués. 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Régis Bourbonnais, Virginie Terraza, <i>Analyse des séries temporelles</i>, Dunod, 2022. • Fleury Gérard, Gondran Matthieu, Lacomme Philippe, Samir Chafik, <i>Découverte du machine learning - les outils de l'apprentissage automatique</i>, Ellipses, 2021. 					

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 2				
EC	Stockage (électrochimique) de l'énergie				
Volume Horaire	Total : 40	CM : 12	TD : 16	TP : 12 <i>(mode projet)</i>	Semestre 6
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Emmanuel Baudrin				
Objectifs	<p>L'objectif de ce cours est de fournir une introduction sur un large éventail de technologies, de matériaux et de systèmes de stockage de l'énergie électrique avec un focus particulier sur le stockage électrochimique. Il traite de l'état et des options pour le stockage mécanique, thermique, électrochimique et chimique.</p> <p>Les applications de ces technologies de stockage de l'énergie sont très larges du stockage à grande échelle (stationnaire) et sur les technologies de stockage à petite échelle (mobilité électrique et électronique).</p>				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2, Thermodynamique (S5), Chimie et Electrochimie des Electrolytes (S5)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Notions de densité d'énergie et de puissance • Stockage mécanique (hydroélectricité par pompage (STEP), volant d'inertie, par air comprimé) • Stockage thermique • Power-to-gas et Piles à Combustibles • Supercondensateurs • Batteries : aqueuses et non aqueuses 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • O.S. Burheim, Engineering energy storage, Elsevier, Academic press, 2017. • P. Mayé, Générateurs électrochimiques, Dunod, 2010. 					

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 2				
EC	Optimisation de l'énergie				
Volume Horaire	Total : 40	CM : 14	TD : 18	TP : 8	Semestre 6
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Jérôme Bosche				
Objectifs	<p>Le cours vise à familiariser les étudiants avec les principes et les éléments clés des micro-réseaux électriques, ainsi qu'à les doter des compétences nécessaires pour analyser leurs dimensions techniques, économiques et environnementales. L'objectif principal est de leur permettre de concevoir et de mettre en œuvre des stratégies de gestion de l'énergie adaptées aux micro-réseaux, en développant des systèmes de contrôle spécifiques. Le cours aborde finalement l'évaluation des performances et de la fiabilité des micro-réseaux dans différentes conditions opérationnelles, en utilisant à la fois des outils de simulation et des méthodes d'analyse de données réelles.</p>				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2, Energie électrique (S5)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Les différents types de micro-réseaux : électriques, thermiques, hybrides, etc. • Stratégies de gestion de l'énergie (autoconsommation, vente d'énergie, etc.). • Optimisation de la production et de la consommation d'énergie. • Gestion des flux d'énergie et de la stabilité d'un micro-réseau. • Algorithmes de contrôle pour les systèmes de stockage d'énergie. • Régulation de la charge et des décharges des batteries. • Modélisation des coûts et des revenus des micro-réseaux. • Mécanismes de tarification et de subvention pour les micro-réseaux. • Techniques d'optimisation pour la gestion des micro-réseaux. • Optimisation multi-objectifs (économique, environnemental, fiabilité, etc.). • Méthodes d'optimisation basées sur les algorithmes génétiques, les algorithmes évolutifs, etc. 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Beddiar Karim, Lemale Jean, Bâtiment intelligent et efficacité énergétique - Optimisation, nouvelles technologies et BIM : Optimisation, nouvelles technologies et BIM, Dunod, 2016 . • Boudellal, Méziane, Smart Home Habitat connecté, installations domotiques et multimédia, - Dunod, 2014 . 					

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 2				
EC	Sciences des Matériaux				
Volume Horaire	Total : 40	CM : 16	TD : 12	TP : 12	Semestre 6
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Christine Frayret				
Objectifs	L'intégration des matériaux dans des systèmes de conversion ou de stockage de l'énergie nécessite de maîtriser leurs propriétés structurales et physiques. Pour ces applications, il est notamment important de maîtriser leur propriétés électrique et/ou optiques, ainsi que les processus de dégradation. L'objectif de ce cours est de fournir une compréhension de base sur les grandes classes de matériaux sur la base de leurs compositions et leur structure.				
Prérequis	Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • De l'atome aux matériaux • Etat cristallin (bases de cristallographie) • Etat amorphe • Grandes classes de matériaux (métaux et alliages, céramiques, polymères, composites) • Propriétés électriques • Propriétés optiques • Corrosion et dégradation des matériaux 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • M. Dupeux, J. Courbon, Aide-mémoire « Science et Génie des matériaux », Dunod, 2023. 					

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 2				
EC	Aspects fondamentaux de l'électrochimie				
Volume Horaire	Total : 40	CM : 10	TD : 18	TP : 12	Semestre 6
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Emmanuel Baudrin				
Objectifs	Ce cours présente les principes fondamentaux de l'électrochimie. L'électrochimie est un domaine scientifique qui décrit l'interrelation entre les effets chimiques et électriques. Une grande partie de ce domaine s'attache à décrire comment les changements chimiques sont provoqués par le passage du courant électrique ou comment la production de courant électrique peut être provoquée par des réactions chimiques. Pour cela, l'électrochimie s'appuie sur une compréhension fondamentale de la thermodynamique, de la cinétique du transfert d'électrons et des phénomènes de transport de matière.				
Prérequis	Thermodynamique (S5), Chimie et Electrochimie des électrolytes (S5)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Equilibres Redox, écriture d'une réaction électrochimique • Interface électrochimique et électrodes • Potentiel électrochimique • Loi de Nernst • Cellules électrochimiques • Equation de la cinétique électrochimique • Régime stationnaire • Courbes I-E et application à l'électrolyse 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • A.J. Bard, L.R. Faulkner, Electrochemical methods, Wiley, 2022. • H.H. Girault, Electrochimie physique et analytique, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2007. 					

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 2				
EC	Management des équipes				
Volume Horaire	Total : 20	CM : 8	TD : 12	TP : 0	Semestre 6
ECTS : 1	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Thibaut Gautier				
Objectifs	Permettre à l'étudiant d'appréhender la fonction management au sein de l'entreprise Confronter l'étudiant à la posture de manager d'équipe, d'acquérir les bases du management tant du point de vue collectif qu'inter individuel ; identifier les éléments de son style de leadership				
Prérequis	Aucun				

PROGRAMME :

Prendre la dimension de ses responsabilités au sein de l'entreprise : S'approprier le sens de son action. Construire une vision qui donne du sens à son action. S'affirmer en développant son leadership

Le rôle du cadre expert, non manager : Se positionner dans l'entreprise (relations avec les services et la direction). Ses responsabilités. Sa communication.

Devenir le manager de ses collègues : Se faire reconnaître par ses anciens collègues comme le manager indiscutable de l'équipe. Mettre en place une véritable relation hiérarchique sans renier son passé d'ancien collègue.

Connaître les rôles et les activités du manager : Identifier les différentes dimensions du poste. Connaître les différentes activités liées à sa mission. Adopter la bonne posture au regard de ses activités de manager.

Fixer des objectifs et mobiliser l'équipe : Donner du sens à l'action. Savoir fixer des objectifs motivants, clairs, précis et mesurables. Planifier le développement des personnes.

Déléguer pour motiver et responsabiliser : Alléger l'emploi du temps du manager et le recentrer sur ses fonctions d'encadrement. Optimiser le management des compétences par la responsabilisation. Augmenter l'autonomie et la motivation des collaborateurs.

L'entretien individuel : Savoir présenter le bilan d'activité annuel réalisé par le collaborateur. Définir des objectifs avec les indicateurs. Savoir réagir aux différentes réactions du collaborateur.

Gérer un conflit : Comprendre les mécanismes d'un conflit et les dommages de l'agressivité. Identifier les étapes nécessaires pour sortir gagnant d'un conflit. Appliquer une méthode de médiation facilitant la gestion des conflits.

Bibliographie :

- « Manageor » de Barabel – Meier
- « Managez dans la joie » de Paul-Hervé Vintrou
- « Manager » de Henry MINTZBERG
- « Manager au quotidien » de Stéphanie Brouard.
- « La boîte à outils du management » de Patrice Stern
- « Le manager minute » de Johnson Spencer Blanchard Kenneth (Auteur)
- « Les 7 habitudes de ceux qui réalisent tout ce qu'ils entreprennent » de Stephen Covey
- « L'étoffe des leaders » de Stephen Covey

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 2				
EC	Droit du travail				
Volume Horaire	Total : 15	CM : 8	TD : 7	TP : 0	Semestre 6
ECTS : 1	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Mélanie Miermon				
Objectifs	Avoir un aperçu des notions essentielles du droit du travail : contrat de travail, procédure disciplinaire (sanctions, licenciements), représentants du personnel (délégué du personnel, comité d'entreprise) Permettre au futur ingénieur de maîtriser les éléments juridiques essentiels qui régissent les relations entre employeurs et employés – salariés.				
Prérequis	Culture générale				
PROGRAMME :					
Partie 1 : Les relations individuelles du travail en matière de recrutement, de contrat de travail, de clauses,					
Partie 2 : Les relations collectives de travail – le règlement intérieur de l'entreprise, gestion de la masse salariale.					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Lamy Social, • Francis Lefebvre Social • Droit du travail, Précis, éditions DALLOZ 					

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 2				
EC	Finances pour l'entreprise				
Volume Horaire	Total : 20	CM : 8	TD : 12	TP : 0	Semestre 6
ECTS : 1	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Slim Thabet				
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Donner aux étudiants les fondamentaux de la comptabilité générale • Leur permettre de comprendre la logique des opérations courantes et de l'établissement des principaux documents comptables de synthèse • Les outiller en matière de lecture permettant une interprétation approfondie de ces documents (savoir interpréter les données fournies par les comptes annuels, réaliser un diagnostic financier et participer aux décisions de gestion financières tant stratégiques que courantes) 				
Prérequis	Gestion de l'entreprise				
PROGRAMME :					
Partie 1. Les documents de synthèse (bilan et compte de résultat)					
Partie 2. L'analyse financière de l'entreprise					
Eléments de conclusion et perspectives : les multiples usages des données comptables, un détour par la comptabilité analytique et le contrôle de gestion					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Henri Bouquin (2011), Comptabilité de gestion, Paris, Ed. Economica (4e édition). • Louis Dubrulle et Didier Jourdain (2013), Comptabilité analytique de gestion, Paris, Dunod (6e édition). • Béatrice Grandguillot et Francis Grandguillot (2019), Analyse financière, Paris, Gualino (14e édition). • Emmanuelle Plot-Vicard et Madeleine Deck-Michon (2016), Analyse financière, Paris, Vuibert. 					

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 2				
EC	Gestion des ressources humaines				
Volume Horaire	Total : 15	CM : 8	TD : 7	TP : 0	Semestre 6
ECTS : 1	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Sandrine Fournier				
Objectifs	Comprendre le rôle du service Ressources Humaines dans l'entreprise Identifier les principales fonctions RH				
Prérequis	Aucun				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Présentation de la GRH : définition, évolution, enjeux et contraintes. • Recrutement et intégration dans l'entreprise. • Rémunération. • Evaluation. • Formation. 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Jean-Marie Peretti, Gestion des Ressources Humaines, Vuibert, 2020 • Benoit Grasser, Florent Noel, Ressources Humaines, Vuibert, 2022. 					

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 2				
EC	Techniques de communication				
Volume Horaire	Total : 15	CM : 0	TD : 15	TP : 0	Semestre 6
ECTS : 1	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Clarisse Castiaux				
Objectifs	Permettre à l'étudiant d'acquérir les techniques de communication, en tant qu'étudiant et futur manager.				
Prérequis	Maîtrise de la langue française, orale et rédactionnelle				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Rédiger un CV et une lettre de motivation et réussir son entretien. • Prendre la parole en public. • Communiquer en entreprise (publicité, logo, journalisme...). • Rédiger un rapport de stage et présenter une soutenance. • Communiquer avec le monde. 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • "5 minutes pour convaincre" de Jean Claude Martin • "Heureux qui communique" de Jacques Salomé • "Présentation désign" de Frédéric Le Bihan et Anne Flore Cabouat • "S'affirmer et communiquer" de Jean Marie Boisvert et Madeleine Beaudry 					

UE	OUVERTURE INTERNATIONALE 2				
EC	Langue Vivante 1: Anglais				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 0	TD : 30	TP : 0	Semestre 5
ECTS : 2	Examen final + Contrôle Continu				
Responsables	Emilie Le Fevre				
Objectifs	Donner aux élèves ingénieurs la possibilité d'acquérir les bases spécialisées (orales et écrites) par le biais de la presse spécialisée. Améliorer les productions écrites et orales par le biais de présentations de projets. Décoder les attentes et les pièges des tests TOEIC.				
Prérequis	Cours d'anglais du semestre précédent				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Compréhension écrite: comprendre des textes/ articles de journaux authentiques. • Expression orale : S'exprimer dans un anglais correct/ authentique sur les sujets divers vus en classe. • Lecture : lire des articles de presses et des documents de travail spécialisés. • Ecoute : écouter des débats, des discussions sur un domaine scientifique (supports : vidéo, audio). • Préparation au TOEIC : questions-type 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Technical English Vocabulary and Grammar, Nick Brieger / Alison Pohl, Summertown Publishing • Nouveau TOEIC la méthode réussite, Nathan • 600 essential words for the TOEIC, Dr Lin Lougheed ; Barron's 					

UE	OUVERTURE INTERNATIONALE 2				
EC	Langue Vivante 2 (Allemand, Espagnol)				
Volume Horaire	Total : 20	CM :	TD : 20	TP :	Semestre 5
ECTS :	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Eva Gil Manes / Astrid Dobberkau / Rémi Arnaud				
Objectifs	Enseignements communs aux 3 années. Les étudiants sont répartis en 2 niveaux : débutant et moyen				
PROGRAMME :					
<p>NIVEAU 1 dit Faux Débutants Méthodologie : sketches et petits exposés à partir de la méthode utilisée et ou d'articles relatifs à l'entreprise Programme : travail sur les bases de la langue (la structure de cette langue nécessite en effet d'en passer par là), au travers de textes simples voire très simples au début sur la vie professionnelle.</p> <p>NIVEAU 2 dit Moyen, Moyen moins Révision et apprentissage du vocabulaire spécifique ainsi que des structures grammaticales. Développement de l'expression orale. Méthodologie Petits exposés présentés devant le groupe afin d'habituer à la présentation orale devant un groupe de travail, travaux de groupe alliant théorie et pratique.</p>					
Bibliographie :					
<p>Niveau 1 Dialog Beruf Starter (éditions Hueber) Niveau 2 Wirtschaft leicht (éditions Belin) et Deutsch Sprachbereichindustrie (Hans Erlhage)</p>					



SEMESTRE 7

SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR

Impacts de la transition énergétique
Sources d'énergie non-renouvelables et réseau électrique
Préparation et process des matériaux
Transferts thermiques et énergétiques

SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES

Droit environnemental et de l'énergie

SCIENCES DE SPECIALITÉ

Techniques de caractérisation électrochimiques
Prévision de l'énergie
Composés et matériaux organiques

OUVERTURE INTERNATIONALE

Langue Vivante 1 : Anglais

Langue Vivante 2 : Espagnol, Allemand

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 3				
EC	Impacts de la transition énergétique				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 12	TD : 14	TP : 4	Semestre 7
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Recrutement « Chimie » 2026				
Objectifs	Acquérir de solides connaissances sur la criticité des éléments/matériaux, l'analyse du cycle de vie et son application pour l'étude de système simple à complexe dans une démarche d'éco-conception				
Prérequis	Niveau classes préparatoire aux grandes écoles ou niveau L2, Connaissance et utilisation de la classification périodique				
PROGRAMME :					
Criticité des matériaux et des éléments					
- Notion de criticité : Rare, Stratégique, critique, fiche de criticité					
- Matières premières minérales					
- Chaîne de valeur de l'approvisionnement et géo-politique					
- Sensibilisation aux problèmes environnementaux / sources potentielles de risques pour la chaîne d'approvisionnement et solutions durables					
Analyse du cycle de vie					
Introduction à méthodologie d'Analyse du Cycle de vie					
Exemples d'application de l'ACV en entreprise/recherche					
Analyse d'Impacts du Cycle de Vie					
Analyse des points chauds					
Utilisation de paramètre et analyse de sensibilité					
Interprétation des résultats					
Bibliographie :					
• M.Saadé-Sbeih, "Analyse du cycle de vie: Comprendre et réaliser un écobilan", Epfl-press, 2024.					
• G. Calas, Les ressources minérales, enjeu du développement durable, Fayard, 2015.					

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 3				
EC	Sources d'énergie non-renouvelables et réseau électrique				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 16	TD : 14	TP : 0	Semestre 7
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Emmanuel Baudrin				
Objectifs	L'électricité est facile à produire, à transporter, à utiliser et à contrôler. Elle est produite en grandes quantités dans des centrales électriques, qui peuvent être thermiques utilisant des combustibles fossiles, nucléaires, hydrauliques, à turbine à gaz et géothermiques. 80 % de l'électricité est produite par des centrales thermiques utilisant des combustibles fossiles. L'objectif général est de fournir aux étudiants une large compréhension des processus et des équipements de production d'électricité en utilisant des sources d'énergies non renouvelables (nucléaire et thermique) et sa distribution dans le réseau électrique.				
Prérequis	Niveau classes préparatoire aux grandes écoles ou niveau L2,				
PROGRAMME :					
• Cycle du combustible nucléaire					
• Centrales nucléaires					
• Sécurité nucléaire					
• Combustibles fossiles					
• Centrales thermiques					
• Transport et distribution de l'énergie électrique					
• Contrôle du réseau électrique					
Bibliographie :					
• D.K. Sarkar, "Thermal power plant. Design and operation", Elsevier 2015.					
• P. Breeze, "Nuclear power", Elsevier Science, 2016.					
• P. Schavemaker, L. van der Sluis, "Le réseau électrique dans son intégralité", EDP Sciences, 2017.					

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 3				
EC	Préparation et process des matériaux				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 12	TD : 6	TP : 12	Semestre 7
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Matthieu Becuwe				
Objectifs	Acquérir de solides connaissances en méthodes de synthèse, propriétés physico-chimiques et caractérisations de matériaux inorganiques. Savoir quelle technique utiliser pour synthétiser des matériaux présentant des tailles de particules différentes (nano ou micrométriques par exemple) ou en fonction des applications/propriétés souhaitées du matériau visé.				
Prérequis	Niveau classes préparatoire aux grandes écoles ou niveau L2, Sciences des matériaux (S6)				
PROGRAMME :					
Elaboration à l'Etat Solide :					
<ul style="list-style-type: none"> • Méthode céramique, • Matériaux vitreux, • Diagrammes de phases, cristallogénèse 					
Elaboration par voie liquide					
<ul style="list-style-type: none"> • Précipitation en milieux aqueux, synthèse hydrothermale, ionothermale • Méthodes de Chimie Douce (sol/gel) • Matériaux hybrides 					
Chimie de greffage et modification de surface					
Mise en forme des matériaux					
<ul style="list-style-type: none"> • Technique de coating • Frittage des matériaux • Procédés d'extrusion • Impression 3D 					

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 3				
EC	Transferts thermiques et énergétiques				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 7
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Andreas Zeinert				
Objectifs	Ce cours vise à fournir aux étudiants les principes de base et les applications du transfert de chaleur aux problèmes d'ingénierie. La majorité des cours magistraux porteront sur les trois modes de transfert de la chaleur, à savoir la conduction, la convection et le rayonnement. Dans un second temps, les notions de bases sur les échangeurs thermiques seront abordées.				
Prérequis	Niveau classes préparatoire aux grandes écoles ou niveau L2, Thermodynamique (S5)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Rappels de thermodynamique • Mesure de la température • Propriétés thermiques des matériaux • Conduction thermique • Transfert de chaleur par rayonnement • Convection • Echangeurs thermiques 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • J-L. Battaglia, A. Kusiak, C. Pradere, Introduction aux transferts thermiques, Dunod, 2020. • B. Castagnède, P. Daniel, Thermique de l'ingénieur avec applications, Ellipses, 2018 					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 1				
EC	Techniques de caractérisation électrochimiques				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 6	TD : 12	TP : 12	Semestre 7
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Virginie Viallet				
Objectifs	Ce cours présente les principes des techniques électroanalytiques et de contrôle des systèmes de stockage de l'énergie : chronoampérométrie et chronocoulométrie, chronopotentiométrie, voltampérométrie à balayage linéaire, électrode à disque rotatif et spectroscopie d'impédance complexe.				
Prérequis	Niveau classes préparatoire aux grandes écoles ou niveau L2, Aspects fondamentaux de l'énergie (S6)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Principe du potentiostat • Potentiométrie • Voltampérométrie cyclique • Electrode à disque tournante • Coulométrie • Spectroscopie d'impédance • Méthodes de charge/décharge des systèmes de stockage électrochimiques 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • A.J. Bard, L.R. Faulkner, Electrochemical methods, Wiley, 2022. • H.H. Girault, Electrochimie physique et analytique, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2007. 					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 1				
EC	Prévision de l'énergie				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 6	TD : 12	TP : 12	Semestre 7
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Recrutement « Gestion de l'énergie » 2026				
Objectifs	Ce cours dispense les techniques modernes de prédiction de la demande et de l'offre d'électricité. Il couvre les concepts et techniques clés de l'analyse des séries chronologiques, des modèles de régression et de l'apprentissage automatique, en mettant l'accent sur l'intégration des données météorologiques et climatiques.				
Prérequis	Modélisation (S6), Programmation and Machine learning (S6), Optimisation de l'énergie (S6)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Analyse des séries chronologiques : tendance, saisonnalité, autocorrélation, stationnarité, lissage exponentiel, décomposition. • Analyse de régression : analyse de régression, modèles de régression pour la prédiction de la production et de la consommation de l'énergie en fonction de facteurs tels que la population, les indicateurs économiques, les variables météorologiques. • Analyse des données météorologiques et climatiques : impact sur la demande et l'offre d'énergie. • Marché de l'électricité : production, transport et distribution. Prévoir les tendances du marché et le mouvements des prix. • Méthodes de prévision adaptées aux énergies renouvelables (solaire, éolienne et hydroélectrique) en fonction de leurs intermittences et de leurs variabilités. 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Kariniotakis G., Renewable energy forecasting : from models to applications , Elsevier science, 2017. • Lazzeri F., Machine learning for time series forecasting with Python Ed. 1, John Wiley and Sons, 2020. • Kleissi J, Solar energy forecasting and ressource assessment, Elsevier science, 2013 					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 1				
EC	Composés et matériaux organiques				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 7
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Mathieu Becuwe				
Objectifs	Acquérir une solide connaissance sur l'utilisation des composés organiques pour le stockage et la conversion de l'énergie Identifier les points forts et points faibles des composés organiques pour l'énergie				
Prérequis	Niveau classes préparatoire aux grandes écoles ou niveau L2, Stockage (électrochimique) de l'énergie (S6), Energies Renouvelables (S6)				
PROGRAMME :					
Introduction sur l'utilisation de composés organiques pour le stockage et la conversion de l'énergie					
Les composés organiques moléculaires					
<ul style="list-style-type: none"> • Les solvants et leur purification • Les molécules électroactives solubles (médiauteurs, sel d'électrolyte, posolyte/négolyte,...) • Les matériaux moléculaires électroactifs 					
Les polymères et matériaux associés (COF)					
<ul style="list-style-type: none"> • Chimie des matériaux polymères : Notions de polymérisation • Fonctionnalité des polymères • La famille des liants • Les polymères conducteurs (électronique et/ou ionique) 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • V. Mittal, Polymers for energy storage and conversion, Wiley, 2013. 					

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 3				
EC	Droit environnemental et de l'énergie				
Volume Horaire	Total : 15	CM : 8	TD : 7	TP : 0	Semestre 7
ECTS : 2	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Vanessa Casadella à voir				
Objectifs	Acquérir les connaissances juridiques fondamentales nécessaires à la compréhension du droit de l'environnement et de l'énergie.				
Prérequis	Comprendre le fonctionnement des marchés de l'énergie				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Définition et origine du droit de l'environnement (les sources) • Les acteurs du droit de l'énergie • Les réglementations sectorielles • Les activités régulées • Le soutien économique aux énergies renouvelables • L'encadrement des énergies renouvelables 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> O. Beatrix, R Coin, Droit de régulation de l'énergie, LGDJ, 2023. F. Campagnola, Précis du droit de l'énergie, L'Harmattan, 2023 M Lamoureux, Droit de l'énergie, Domat, 2022. 					

UE	OUVERTURE INTERNATIONALE 3				
EC	Langue Vivante 1: Anglais				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 0	TD : 30	TP : 0	Semestre 5
ECTS : 2	Examen final + Contrôle Continu				
Responsables	Emilie Le Fevre				
Objectifs	Apprendre aux étudiants une méthode d'acquisition du vocabulaire à travers des exemples précis et en contexte. Permettre aux étudiants d'améliorer leurs acquis via des analyses de documents. Acquérir de bonnes méthodes de travail en vue de préparer les qualifications type TOEIC, CLES.				
Prérequis	Niveau B1 minimum et bonne connaissance de la grammaire anglaise ET française.				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> Acquisition dans des contextes spécifiques afin d'augmenter l'acquisition lexicale : presse, films, séries, audio. Mise en application par le biais de jeux de rôles, discussion, exposés. Apprentissage du TOEIC, du CLES, partie vocabulaire. 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> Pratique de l'anglais de A à Z (grammaire) 600 essential words for TOEIC test (vocabulaire) Tout livre de Lin Lougheed portant sur le nouveau TOEIC. 					

UE	OUVERTURE INTERNATIONALE				
EC	Langue Vivante 2 (Allemand, Espagnol)				
Volume Horaire	Total : 20	CM :	TD : 20	TP :	
ECTS :	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Eva Gil Manes / Astrid Dobberkau				
Objectifs	Enseignements communs aux 3 années. Les étudiants sont répartis en 2 niveaux : débutant et moyen				
PROGRAMME :					
<p>NIVEAU 1 dit Faux Débutants</p> <p>Méthodologie : sketches et petits exposés à partir de la méthode utilisée et ou d'articles relatifs à l'entreprise</p> <p>Programme : travail sur les bases de la langue (la structure de cette langue nécessite en effet d'en passer par là), au travers de textes simples voire très simples au début sur la vie professionnelle.</p> <p>NIVEAU 2 dit Moyen, Moyen moins</p> <p>Révision et apprentissage du vocabulaire spécifique ainsi que des structures grammaticales. Développement de l'expression orale.</p> <p>Méthodologie</p> <p>Petits exposés présentés devant le groupe afin d'habituer à la présentation orale devant un groupe de travail, travaux de groupe alliant théorie et pratique.</p>					
Bibliographie :					
<p>Niveau 1 Dialog Beruf Starter (éditions Hueber)</p> <p>Niveau 2 Wirtschaft leicht (éditions Belin) et Deutsch Sprachbereichindustrie (Hans Erlhage)</p>					

SEMESTRE 8



SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR

Fiabilité électrique

Vers une société électrique: efficacité chimique et
énergétique

Véhicules électriques et hybrides

SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES

Economie/marchés de l'énergie

SCIENCES DE SPECIALITÉ

Matériaux pour le stockage de l'énergie

Méthodes de caractérisation des matériaux

Microgrille et bâtiments

Ingénierie électrochimique: de l'électrode au
système

OUVERTURE INTERNATIONALE

Langue Vivante 1 : Anglais

Langue Vivante 2 : Espagnol, Allemand

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 4				
EC	Fiabilité électrique				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 8
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Recrutement « Gestion de l'énergie » 2026				
Objectifs	Ce cours vise à fournir aux étudiants-ingénieurs les connaissances et les compétences nécessaires pour assurer le fonctionnement fiable des systèmes électriques. Il se concentre sur la compréhension, l'application et l'analyse de la fiabilité du système, ainsi que de la mise en œuvre de stratégies de maintenance et l'utilisation de techniques d'évaluation des risques.				
Prérequis	Energie électrique (S5), Sources d'énergie non renouvelables et réseaux (S7)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> Mesure de fiabilité : temps moyen entre les pannes, temps moyen de réparation, taux de défaillance, modèles de distribution de vie (exponentiel, Weibull, etc). Analyse de fiabilité : schémas fonctionnels, analyse d'arbre de défaillances, Fiabilité des composants électrique : transformateurs, disjoncteurs, générateurs, moteurs. Maintenance préventive et corrective. Tests de fiabilités et analyse des données : durée de vie, méthodes statistiques, outils logiciels. Évaluation et gestion des risques : analyse coûts/bénéfices Fiabilités des réseaux intelligents : impacts et coûts. 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> Broust Jacques-Marie, Appareillages et installations électriques industriels, Dunod, 2019. Bufferne Jean, Fiabilité des équipements : application à la maintenance industrielle Ed. 2, Jean Bufferne, 2015. 					

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 4				
EC	Vers une société électrique: efficacité chimique et énergétique				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12 (mode projet)	Semestre 8
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Emmanuel Baudrin				
Objectifs	Acquérir une vision globale de la consommation d'énergie et de l'empreinte environnementale générée lors de la conception de matériaux/systèmes énergétiques de la mine à son utilisation				
Prérequis	Préparation et process des matériaux (S7), Sources d'énergie non-renouvelables et réseau (S7), Thermodynamique (S5), Energies Renouvelables (S6)				
PROGRAMME :					
Performances et mix énergétique, un impact durable ?					
<ul style="list-style-type: none"> Performance énergétique : réduction de la demande en énergie Scénarios de développement énergie/climat Démarche de minimisation des besoins énergétiques La transformation de l'énergie 					
L'énergie dans le contexte de la fabrication de technologies de l'énergie					
<ul style="list-style-type: none"> Impacts énergétiques et environnementaux des processus miniers Efficacité énergétique lors de la conversion de l'énergie et la transformation de la matière 					
Eco-conception					
<ul style="list-style-type: none"> Sensibilisation sur la prise en compte de l'impact environnemental, lié à l'utilisation d'un matériau ou d'un procédé particulier, lors des étapes de conception d'un système fini ou semi fini. Acquisition d'une vision multi-paramètre des enjeux environnementaux pour la conception d'objet. Etude de cas sur un produit en lien avec l'énergie. 					

UE	SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGENIEUR 4				
EC	Véhicules électriques et hybrides				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 12	TD : 18	TP : 0	Semestre 8
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Recrutement « Gestion de l'énergie » 2026				
Objectifs	Ce cours vise à doter les étudiants-ingénieurs de compétences et de connaissances nécessaires pour concevoir, analyser et optimiser les systèmes de véhicules électriques et hybrides. Il couvre les principes de la propulsion électrique, du stockage d'énergie, de la dynamique des véhicules et des systèmes de contrôle				
Prérequis	Niveau classes préparatoire aux grandes écoles ou niveau L2, modélisation (S6)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Introduction aux véhicules électriques et/ou hybrides : historique et développement des véhicules électriques et/ou hybrides, comparaison avec les véhicules à moteur thermique. • Véhicules électriques (VE) : propulsion électrique, moteurs électriques, électronique de puissance, batteries et systèmes de contrôle. • Véhicules électriques hybrides (VEH) : configurations série, parallèle, série-parallèle, moteur à combustion interne, stratégies de contrôle. • Systèmes de stockage d'énergie : technologie de batteries, BMS et gestion thermique, supercondensateurs et piles à combustible. • Entraînements électriques : moteurs à induction, moteurs synchrones à aimants permanents, moteurs à réductance commutée, onduleurs, convertisseurs, contrôle moteur, analyse du cycle de conduite. • Dynamique et contrôle du véhicule : traction, freinage, stabilité, systèmes de contrôle pour la récupération d'énergie. 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • Hubert Mèmeteau, Bruno Collomb, Technologie fonctionnelle de l'automobile – Tome 1 : Le moteur et ses auxiliaires Ed. 9, Dunod 2024. • Matthieu Glachant, Marie-Laure Thibault, Laurent Faucheux, Recharger les véhicules électriques et hybrides Ed. 1, Presses des Mines, 2023. 					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 2				
EC	Matériaux pour le stockage électrochimique de l'énergie				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 10	TD : 12	TP : 8	Semestre 8
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Christian Masquelier				
Objectifs	Le développement de systèmes de stockage de l'énergie nécessite l'ingénierie de différents types de matériaux avec des propriétés spécifiques. L'objectif de ce cours est d'apporter les bases nécessaires à la compréhension et la sélections du rôle de chacun de ces matériaux afin d'obtenir des systèmes électrochimiques performants.				
Prérequis	Méthodes et outils de caractérisation physico-chimiques (S5), Stockage (électrochimique) de l'énergie (S6), Sciences des matériaux (S6)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Conducteurs mixtes • Chimie et cristalochimie des matériaux d'insertion • Carbones et additifs conducteurs • Collecteurs de courant • Membranes 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • R.A. Huggins, « Advanced batteries, Materials Science Aspects”, Springer, 2009. • C. Deportes, M. Duclot, P. Fabry, J. Fouletier, A. Hammou, M. Kleitz, E. Siebert, J.L. Souquet, “Electrochimie des solides”, Presses Universitaires de Grenoble, 1994. 					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 2				
EC	Méthodes de caractérisation des matériaux				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 10	TD : 8	TP : 12	Semestre 8
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Carine Davoisne				
Objectifs	La caractérisation des matériaux est essentielle pour le développement de nouveaux matériaux et la compréhension de leur comportement dans les applications pratiques. Ce cours se concentre sur les principales méthodes nécessaires pour caractériser une large gamme de matériaux d'un point de vue structural, textural et thermique.				
Prérequis					
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Microscopie • Diffraction des rayons X • Méthodes de caractérisation texturales • Analyses thermiques • Etudes <i>in situ</i> ou <i>operando</i> 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • W. Clegg, « La cristallographie aux rayons X », EDP Sciences, 2018. • D.B. Williams, C.B. Carter, « Transmission electron microscopy Part 1 Basics », Springer, 2009. 					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 2				
EC	Microgrille et bâtiments				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 10	TD : 12	TP : 8	Semestre 8
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Recrutement « Gestion de l'énergie » 2026				
Objectifs	Ce cours se concentre sur l'intégration des ressources énergétiques distribuées, l'optimisation de l'efficacité énergétique et la garantie d'un approvisionnement énergétique fiable et durable. Les étudiants apprennent à relever les défis techniques, économiques et environnementaux, les préparant à innover et à diriger le développement de solutions énergétiques avancées pour les bâtiments.				
Prérequis	Énergie électrique (S5), Énergies renouvelables (S6), Sources d'énergie non renouvelable et réseau électrique (S7)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Architecture des micro réseaux : ressources énergétiques, systèmes de stockages distribués, systèmes de contrôle. • Intégration des ressources énergétiques dans les micro réseaux : impact, stabilité et fiabilité du réseau. • Système de stockage d'énergie : rôle du stockage dans la gestion de l'énergie. • Systèmes de contrôle et gestion de l'énergie : contrôle centralisé, décentralisé et hiérarchique, techniques d'effacement et de gestion de charge. • Bâtiments intelligents et IOT : Internet des objets (IoT) dans la gestion énergétique des bâtiments, Intégration de capteurs intelligents et de systèmes d'automatisation. 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • David D. Gao, Energy Storage for sustainable microgrid, Elsevier Science, 2015. • Gilles Guerassimoff, • Fu-Bao Wu, Grid scale energy storage systems and applications, Elsevier Science, 2019. 					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 2				
EC	Ingénierie électrochimique: de l'électrode au système				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 8
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Recrutement Chimie 2026				
Objectifs	L'objectif de ce cours est de comprendre comment les systèmes de stockage de l'énergie sont fabriqués et optimisés. Pour cela, il est nécessaire dans un premier temps de mettre en forme les matériaux ou de les combiner pour former des électrodes composites poreuses, de former des cellules électrochimiques fonctionnelles. Enfin, en fonction de l'utilisation, les cellules sont combinées afin d'obtenir les puissances et énergies désirées.				
Prérequis	Stockage (électrochimique) de l'énergie(S6), Sciences des matériaux (S6), Matériaux pour le stockage électrochimique de l'énergie (S9), Electrochimie				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Structure des électrodes et configurations : double couche électrochimique, transfert de charge, porosité • Electrodes composites • Calandrage, enduction, bobinage, ... • Design de batteries, de packs • Architecture de système sous flux (Redox-Flow et PAC) • Plaques bipolaires 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • T.F. Fuller, J.N. Harb, "Electrochemical engineering", Wiley, 2018. 					

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 4				
EC	Economie/Marchés de l'énergie				
Volume Horaire	Total : 15	CM : 0	TD : 15	TP : 0	Semestre 8
ECTS : 2	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Vanessa Casadella				
Objectifs	L'objectif de ce cours est de comprendre les mécanismes liés au marché de l'énergie entre les besoins et les ressources ainsi que le rôle de l'Etat dans la gestion des externalités. Autour des principaux acteurs, les enjeux y sont également posés sur la question du climat, du développement économique et des nouvelles technologies. Enfin, plusieurs comparaisons internationales sont présentées pour mettre en relief les diverses transitions énergétiques dans un contexte d'internationalisation des activités.				
Prérequis	Comprendre les bases du fonctionnement du marché de l'énergie, écouter l'actualité sur le marché de l'énergie				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Les fondamentaux : les acteurs : besoins et ressources • Politique énergétique: définition, pilotage et régulation, sécurisation de l'approvisionnement, politique de la concurrence • Les enjeux : climat, développement économique et précarité énergétique, nouvelles technologies • La régulation mondiale : enjeux de transition à l'international 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • J.M. Chevalier, « Les 100 mots de l'énergie », PUF, 2010 • R. Gicquel, M. Gicquel, « Introduction aux problèmes énergétiques globaux », Presses des Mines, 2013. • S. Méritet, J-B. Vaujour, « Economie de l'énergie », Dunod, 2015. 					

UE	OUVERTURE INTERNATIONALE 4				
EC	Langue Vivante 1: Anglais				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 0	TD : 30	TP : 0	Semestre 8
ECTS : 2	Examen final + Contrôle continu				
Responsables					
Objectifs	<p>Améliorer la compréhension orale par le biais d'écoutes audios et vidéos. Mise en place d'activités pratiques pour améliorer la compréhension orale et l'expression: jeux de rôles, travail en binômes et en groupes, jeux de communications. Sensibiliser les étudiants aux prononciations différentes. Améliorer la prononciation des étudiants. Préparation au TOEIC pour obtenir le diplôme d'ingénieur.</p>				
Prérequis	Cours d'anglais des semestres précédents.				
<p>PROGRAMME :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ateliers de mise en situation (thèmes préparés à l'avance) et de débats. • Compréhension audio et vidéo provenant de la presse et semi-spécialisée. • Mise en place de QCM pour évaluer les niveaux en grammaire, vocabulaire et construction de phrases (perspective : Cles, TOEIC, TOEFL et First Certificate of Cambridge). <p>Bibliographie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 600 essential words for TOEIC test (vocabulaire) • Tout film, série ou chaîne de télévision en anglais aideront les étudiants à progresser rapidement en entendant de nombreux accents en contexte. 					

SEMESTRE 9



SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES

Géopolitique de l'énergie
Sociologie de l'énergie

OUVERTURE INTERNATIONALE

Langue Vivante 1 : Anglais

Langue Vivante 2 : Espagnol, Allemand

MAJEURE EN SCIENCES DE SPECIALITÉ (choix de 5 options)

Capteur logiciel

Diagnostic

MPPT (Maximum power point tracking)

Système de management de batteries (BMS)

Systèmes électriques pour les énergies renouvelables

Recyclage

Batteries Li-Ion, Na-Ion et technologies émergentes

Systèmes de stockage et conversion sous flux

Production et stockage de l'hydrogène

Intelligence artificielle et Jumeaux Digitaux

Systèmes photovoltaïques

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 4				
EC	Géopolitique de l'énergie				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 20	TD : 10	TP : 0	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Sofiane Tah				
Objectifs	Le cours présente les différents enjeux géopolitiques et stratégiques du secteur de l'énergie. Il montre en quoi le secteur de l'énergie est vecteur de développement mais également de tensions et conflits entre territoires. Par des exemples concrets, il montre comment l'énergie est au cœur des stratégies de puissance et d'influence des Etats.				
Prérequis	Comprendre et lire l'actualité sur le secteur de l'énergie				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> - L'énergie : au cœur de la puissance des territoires : du local au global - Les géants de l'énergie dans le monde - Les routes stratégiques de l'énergie - Les enjeux géopolitiques énergétiques à l'ère de la globalisation : exemples de la Chine, des Etats et de l'Europe 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • P. Charlez « Géopolitique de la transition énergétique », Géoéconomie, Editions Choiseul, 2016. • E. Hache, « Géopolitique des énergies, tensions d'un monde en mutation », Eyrolles, 2022. • C. Tellenne « Géopolitique des énergies », La découverte, 2021 					

UE	SCIENCES HUMAINES, ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET SOCIALES 4				
EC	Sociologie de l'énergie				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 18	TD : 12	TP : 0	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Rémy Caveng				
Objectifs	Apporter aux étudiants des connaissances de bases en sociologie de l'énergie leur permettant d'identifier les points d'attention relevant d'une analyse sociologique lors du montage et de la conduite de projet dans le domaine de l'énergie qu'il s'agisse d'organisation, d'innovation, de promotion d'usages, de conception de dispositifs, etc.				
Prérequis	Aucun				
PROGRAMME :					
Il s'agira de replacer les pratiques et représentations suivantes dans leur environnement social et en fonction des groupes sociaux définis par leur milieu, leur genre, leur âge, etc. :					
Habitudes de consommation et sobriété énergétique					
Rapports aux enjeux environnementaux et perception des adaptations					
Rapports et usages des différents types de mobilités					
Concurrence, coopération et innovation dans le domaine des sciences et techniques de l'énergie					
Bibliographie :					
Audetat M. (dir.), <i>Sciences et technologies émergentes. Pourquoi tant de promesses ?</i> , Paris, Hermann, 2015.					
Bartiaux, F., « Approches sociologiques des pratiques environnementales : l'exemple de l'énergie dans la sphère domestique », in Barbier, R. (et alii.), <i>Manuel de sociologie de l'environnement</i> , Québec, Presses de l'université Laval, 2012, pp. 163-175.					
Briseperre, G., « Les ménages français choisissent-ils réellement leur température de chauffage ? La norme des 19°C en question », in Zélem, M.-C., Beslay, C., <i>Sociologie de l'énergie. Gouvernance et pratiques sociales</i> , Paris, CNRS Editions, 2015, pp. 273-281.					
Caron, C., Garabuau-Moussaoui I., Pierre M., « La transition énergétique au prisme des logiques d'action : diversité et dynamiques d'appropriation », in Orta, N, Subrémon, H, <i>L'énergie et ses usages domestiques. Anthropologie d'une transition en cours</i> , Paris, Petra, 2020, pp. 131-150.					

Gras A., « Face à l'impuissance », in Jarrige F., Vrignon A., *Face à la puissance. Une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel*, Paris, La Découverte, 2020, pp. 379-390.

Latour, B., *Politiques de la nature*, Paris, La Découverte, 2004.

Pécaud, D., « Idéologies publiques et savoir-faire domestique », in Zélem, M.-C., Beslay, C., *Sociologie de l'énergie. Gouvernance et pratiques sociales*, Paris, Editions du CNRS, 2015, pp. 253-262.

Poumarède, M., Mays, C., Schneider, N., Bertoldo, R., Boso, A, Oltra, C., Prades, A, Espluga-Trenc, J., « Entre consommation durable et vie quotidienne. Les premiers balbutiements du compteur communicant en France et en Espagne », in Zélem, M.-C., Beslay, C., *Sociologie de l'énergie. Gouvernance et pratiques sociales*, Paris, Editions du CNRS, 2015, pp. 403-419.

Shove, E., « Les habitudes et leurs créatures », in Baggioni, V., Burger, C., Cacciari, J., Mangold, M., *Repenser la transition énergétique. Un défi pour les sciences humaines et sociales*, Rennes, Presses universitaires de France, 2019, pp. 87-102.

Villalba, B., "Politiser la sobriété", in Villalba, B., Semal, L. (coord.), *Sobriété énergétique. Contraintes matérielles, équité sociale et perspectives institutionnelles*, Versailles, Quae, 2018, pp. 33-48.

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 3 (au choix)				
EC	Capteur logiciel				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Salama Makni				
Objectifs	L'objectif de cette UE consiste à proposer des méthodes simples permettant de concevoir et mettre en place des algorithmes d'observation pour reconstruire des informations non accessibles à la mesure à partir des informations issues des capteurs physiques.				
Prérequis	Modèle d'état, formalisme matricielle, MATLAB				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Définir et présenter l'architecture générale d'un capteur logiciel • Classifier et donner les caractéristiques principales d'un capteur logiciel • Définir le mode de fonctionnement d'un capteur logiciel • Présenter le principe de l'observation • Conception d'un capteur logiciel pour l'estimation des grandeurs physiques pour des convertisseurs de puissance 					
Bibliographie :					
1- Rachid Errouissi et al, Disturbance-Observer-Based Feedback Linearization Control for Stabilization and Accurate Voltage Tracking of a DC–DC Boost Converter					
2- Bo Tan et al, Finite-control-set model predictive control of interleaved DC-DC boost converter Based on Kalman observer					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 3 (au choix)				
EC	Diagnostic/commande/démantèlement				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Salama Makni				
Objectifs	L'objectif de cette UE est d'étudier la synthèse des observateurs (capteurs logiciels) afin de détecter et estimer les défauts capteurs et actionneurs pour les convertisseurs de puissance et concevoir des lois de commande tolérantes aux défauts pour garantir le fonctionnement normal malgré la présence des défauts.				
Prérequis	Modèle d'état, formalisme matricielle, MATLAB				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Définir les systèmes tolérants aux défauts • Présenter le principe de l'observation • Développer des lois de commande à base d'observateur sans présence de défauts • Introduire la commande tolérante aux défauts • Synthétiser des observateurs pour l'estimation des défauts capteurs et actionneurs • Développer des lois de commande tolérantes aux défauts à base d'observateur. 					
Bibliographie :					
1- Salama MAKNI et al, Robust fault estimation and fault-tolerant tracking control for uncertain Takagi–Sugeno fuzzy systems: Application to single link manipulator.					
2- Salama MAKNI et al, Robust observer based Fault Tolerant Tracking Control for T–S uncertain systems subject to sensor and actuator faults.					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 3 (au choix)				
EC	MPPT (Maximum Power Point Tracking)				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Abdelhamid Rabhi				
Objectifs	L'objectif de ce cours est de permettre aux étudiants d'étudier, de modéliser et de simuler un panneau solaire, ainsi que des techniques de poursuite des points de puissance maximale(MPP) qui permettent d'augmenter leur productivité.				
Prérequis	Énergie électrique, énergies renouvelables, modélisation				
PROGRAMME :					
Chapitre I : Généralités					
Chapitre II :Modèles et caractéristiques de modules photovoltaïques					
II.1Modèle électrique de module photovoltaïque					
II.2Caractéristiques des modules photovoltaïques					
II.3Détermination expérimentale des caractéristiques du module photovoltaïque					
Chapitre III : Commande MPPT					
III.1Problématique de régulation					
III.2Convertisseurs statiquesDC/DC					
III.3 Les commandes MPPT P&O, CI et IA					
Bibliographie :					
- L. Protin, S. Astier, « Convertisseurs photovoltaïques », Techniques de l'ingénieur, D3360, Vol DAB,					
- V. Boitiers, P. Maussion, C. Cabal, Recherche du maximum de puissance sur les générateurs photovoltaïques, revue 3E.I, N°54, septembre 2008, pp. 90-96.					
- N Aouchiche, M.A.C., and A Malek, Poursuite du point de puissance maximale d'un système photovoltaïque par les méthodes de l'incrémentation de conductance et la perturbation & observation. Revue des Energies Renouvelables, 2013.					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 3 (au choix)				
EC	Système de Management de Batterie (BMS)				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Shahin Hedayati Kia				
Objectifs	Acquérir des connaissances sur un système de management d'un pack de batteries, en modélisant les composants qui le constituent, notamment les cellules de batterie et le système de management. Nous abordons également l'algorithme de décharge et de recharge pour garantir le bon fonctionnement du pack et, enternes de sécurité, surveiller l'état de charge et l'état de santé.				
Prérequis	Énergie électrique, Stockage de l'énergie, Capteurs et Instrumentation				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Généralité sur le stockage électrochimique • Notions de base sur l'état de charge, l'état de santé, etc. • Modélisation d'une cellule de batterie Li-ion • Validation du modèle développé en le comparant à un modèle de référence • Dimensionnement d'un pack de batteries•Système de management du pack de batteries ainsi que son algorithme de fonctionnement 					
Bibliographie :					
M. R. Larijani, S. Hedayati Kia, MR. Zolghadri, and A. El Hajjaji "Battery characterization, life cycle, and modeling" Chapter 19, Handbook of Power Electronics in Autonomous and Electric Vehicles, Elsevier 2024.					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 3 (au choix)				
EC	Systèmes électriques pour les énergies renouvelables				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Recrutement « Gestion de l'énergie » 2026				
Objectifs	Acquérir des connaissances sur le fonctionnement des chaînes de production éolienne et photovoltaïque dédiées à la recharge d'un dispositif de stockage, ense basant sur la modélisation des éléments qui les constituent, notamment la source d'énergie, le convertisseur statique, la charge, ainsi que l'algorithme de commande pour la poursuite du point de puissance maximale (PPM).				
Prérequis	Énergie électrique (S5), énergies renouvelables (S6), Modélisation (S7)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Généralité sur la production d'énergies renouvelables (éolienne et photovoltaïque) • Modélisation des chaînes de production photovoltaïque et éolienne • Développement des algorithmes de commande pour la poursuite du PPM photovoltaïque et éolienne 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • S.Hedayati Kia, « Émulation du fonctionnement d'une éolienne à partir d'un banc d'essai à échelle réduite basé sur une génératrice à induction à rotor bobiné, » Symposium de Génie Electrique(SGE), 2018, Nancy, France. 					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 3 (au choix)				
EC	Recyclage				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Nadir Recham				
Objectifs	Acquérir des connaissances approfondies sur les enjeux environnementaux et sociaux-économiques du recyclage des matériaux et des systèmes de conversion et stockage de l'énergie ainsi que les différentes voies du recyclage déjà utilisées à grande échelle et celles en cours de développement au laboratoire.				
Prérequis	Connaissances des systèmes de conversion et stockage de l'énergie, Sciences des Matériaux				
PROGRAMME :					
Introduction des enjeux environnementaux et sociaux-économiques du recyclage					
<ul style="list-style-type: none"> • Les matériaux stratégiques et leurs répartitions géographique. • Pourquoi le recyclage et quels matériaux concernés • Le choix de la méthode du recyclage et l'analyse du cycle de vie 					
Les voies de recyclages des matériaux :					
<ul style="list-style-type: none"> • L'hydrométallurgie • La pyrométallurgie • Le recyclage direct 					
Démantèlement et recyclage des systèmes de conversion et de stockage de l'énergie					
Etude approfondie de cas :					
<ul style="list-style-type: none"> • Les batteries lithium-ion. • Les panneaux photovoltaïques. 					
La filière recyclage					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • C. Meskers, E. Worrell, M.A. Reuter, « Handbook of recycling: state-of-the-art for practitioner, analysts, and scientists, Elsevier, 2024 					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 3 (au choix)				
EC	Batteries Li-Ion, Na-Ion et technologies émergentes				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Mathieu Morcrette				
Objectifs	Les batteries lithium-ion ont révolutionné la société et conduit à la pénétration du marché des téléphones portables dans les années 90 (puis des ordinateurs portables, etc.). Aujourd'hui ils permettent désormais les voitures électriques d'une autonomie supérieure à 500 km. Le cours vise à présenter les différentes technologies de batteries Li-ion (du concept des électrodes d'insertion aux matériaux utilisés) et à donner une vision globale du développement de systèmes impliquant notamment la prise en compte des aspects sécurité. Voisine de la technologie Li-Ion, les batteries Na-Ion seront également décrites ainsi que les technologies émergentes.				
Prérequis	Stockage (électrochimique) de l'énergie (S6), Sciences des matériaux (S6), Matériaux pour le stockage de l'énergie (S8)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Rappels des principes de base • Grandes classes de matériaux d'électrode positive • Matériaux d'électrode négative • De la batterie au système • Normes • Sécurité des batteries Li-Ion et Na-Ion • Technologies émergentes 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • D. Bloch, T. Priem, S. Martinet, "Batteries Li-Ion: du présent au futur », EDP Sciences, 2020. • J.T. Warner, « Lithium-ion batteries chemistries: A primer », Elsevier science, 2019. 					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 3 (au choix)				
EC	Systèmes de stockage et conversion sous flux				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Emmanuel Baudrin				
Objectifs	Ce cours s'adresse aux étudiants intéressés par la science fondamentale et l'ingénierie des piles à combustible et des batteries à circulation. L'objectif principal de ce cours est d'aider les étudiants à comprendre les principes fondamentaux de l'électrochimie appliqués aux piles à combustible (système primaire) et aux batteries à circulation (système secondaire) et la nécessité de gérer les flux de matière. Le cours couvrira les principes de fonctionnement, les différents types de chimie utilisés, la conception et le diagnostic des systèmes. Les composants des cellules et leur influence sur la performance globale de ces systèmes seront discutés.				
Prérequis	Stockage (électrochimique) de l'énergie (S6), Chimie et électrochimie des électrolytes (S5)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Ingénierie des systèmes sous flux : développement des stacks et fluidique associée • Aspects historiques du développement des batteries à circulation et des piles à combustible 					
Batteries à circulation :					
<ul style="list-style-type: none"> • Stockage stationnaire de l'énergie : chiffres clés et apport des batteries à circulation • Les principales technologies à l'échelle industrielle • Les différentes générations de batteries au vanadium • Batteries organiques sous flux 					
Piles à combustibles :					
<ul style="list-style-type: none"> • Types de combustibles • Les différentes technologies de piles à combustible : Alcaline (AFC), au méthanol (DMFC), à l'acide phosphorique (PAFC), au carbonate fondu (MCFC), à électrolyte oxyde solide (SOFC), à membrane échangeuse de protons (PEM) 					
Bibliographie :					
C. Roth, J. Noack, M. Skyllas-Kazacos, "Flow batteries: from fundamentals to applications", Volume 1, Wiley-VCH, 2023.					
B. Sorensen, G. Spazzafumo, "Hydrogen and Fuel Cells: emerging technologies and applications", Academic Press, 2018.					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 3 (au choix)				
EC	Production et stockage de l'hydrogène				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Gwladys Pourceau				
Objectifs	En raison de sa capacité énergétique (120 MJ/kg) plus importante que celle de l'essence (40 MJ/kg) et de l'absence de CO ₂ généré lors de son utilisation, l'hydrogène ouvre des perspectives importantes comme vecteur d'énergie du futur. L'objectif de cet enseignement sera d'aborder l'ensemble des moyens de production de l'hydrogène moléculaire, l'infrastructure nécessaire pour le délivrer et les méthodes de stockage.				
Prérequis	Aspects fondamentaux de l'électrochimie (S6), Thermodynamique (S5), Sciences des matériaux (S6)				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés physico-chimiques de l'hydrogène • Hydrogène naturel • Production à partir de ressources fossiles : vaporeformage du gaz naturel/fractions légères de pétrole, oxydation partielle du gaz naturel/résidus pétroliers lourds,... • Production à partir de la biomasse : gazéification de la biomasse, méthanisation puis reformage de biogaz,... • Production à partir de l'eau : électrolyses (basse et haute température), photo-électrolyse de l'eau,.... • Stockage physique conventionnel (gaz comprimé 700 bar, liquide cryogénique 20 K) • stockage sous forme chimique : LOHCs , physisorption sur matériaux à grande surface spécifique, hydrures métalliques et complexes,.... 					
Bibliographie :					
I. Dincer, H. Ishaq, « Renewable hydrogen production », Elsevier Science, 2021. L.M. Gandia, G. Arzamendi, P.M. Dieguez, « Production, purification, storage, applications and safety », Elsevier Science 2013.					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 3 (au choix)				
EC	Intelligence Artificielle et Jumeaux Numériques				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Alejandro Franco				
Objectifs	Appréhender les principes de l'Intelligence Artificielle avancée et des Jumeaux Numériques pour l'optimisation des dispositifs électrochimiques pour le stockage et la conversion de l'énergie.				
Prérequis	Électrochimie, batteries ou piles à combustible, mathématiques appliquées, notions en modélisation, statistique.				
PROGRAMME :					
Les notions suivantes seront présentées avec des exemples d'application concrets dans le domaine des batteries rechargeables et piles à combustible : caractérisation et optimisation de matériaux et électrodes, optimisation de la production, de la performance et de la durée de vie des cellules de batteries et piles à combustible.					
1. Modèle numérique, ombre numérique, jumeau numérique : Définitions et principes.					
2. Préparation des données et ontologies.					
3. Intelligence artificielle (IA), apprentissage automatique, apprentissage profond : Définitions et principes.					
4. IA supervisée, semi-supervisée et non supervisée.					
5. Architectures d'IA courantes et méthodes d'ajustement d'hyperparamètres.					
6. Mise en pratique (bibliothèques) et points de surveillance lors de son utilisation.					
7. Problèmes de Classification, Régression, Optimisation multi-objectif et design inverse.					
8. IA explicatives et génératives.					
9. Jumeaux numériques en pratique: intégration avec le système réel et capteurs.					
10. Éthique de l'IA : Considérations sur l'impact sociétal et les dilemmes éthiques.					
11. Sécurité et confidentialité des données : Importance de la protection des données dans l'industrie.					
Bibliographie :					
Lombardo, T., Duquesnoy, M., El-Bouysidy, H., Årén, F., Gallo-Bueno, A., Jørgensen, P. B., ... & Franco, A. A. (2021). Artificial intelligence applied to battery research: hype or reality?. <i>Chemical Reviews</i> , 122(12), 10899-10969.					
Tao, F., Zhang, M., & Nee, A. Y. C. (2019). <i>Digital twin driven smart manufacturing</i> . Academic press.					

UE	SCIENCES DE SPECIALITE 3 (au choix)				
EC	Systèmes Photovoltaïques				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 9
ECTS : 3	Contrôle Continu Intégral				
Responsables	Frédéric Sauvage				
Objectifs	L'objectif de ce module est de fournir une base introductive sur les différentes générations des technologies existantes dans le domaine du photovoltaïque et l'état des connaissances sur les principales technologies. Ce module traitera des matériaux, du principe de fonctionnement et architectures, et enfin les principes fondamentaux régissant la production d'électricité par illumination d'une jonction semi-conductrice p-n.				
Prérequis	Méthodes et outils de caractérisation physico-chimiques (S5), Propriétés optiques des matériaux, Sciences des matériaux (S6), Electrochimie.				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Description et propriétés des semi-conducteurs • Différentes générations des technologies photovoltaïques • Analyses des propriétés optiques des absorbeurs • Principes de la séparation des charges et modèle des excitons • Techniques de caractérisation pour les systèmes photovoltaïques 					
Bibliographie :					
<ul style="list-style-type: none"> • C. Zhang, J. Zhang, X. Ma, Q. Feng, "Semiconductor Photovoltaic Cells", Springer Singapore, 2021. • J. N. Roy, D. N. Bose, "Photovoltaic Science and Technology", Cambridge University Press, 2018. 					

UE	OUVERTURE INTERNATIONALE 5				
EC	Langue Vivante 1: Anglais				
Volume Horaire	Total : 30	CM : 8	TD : 10	TP : 12	Semestre 9
ECTS : 2	Examen final + Contrôle continu				
Responsables					
Objectifs	Développer les compétences orale et écrite au travers de jeux de rôles et de mises en situation. Favoriser l'autonomie des élèves ingénieurs lors d'exercices écrits ou oraux.				
Prérequis	Cours d'anglais des semestres précédents.				
PROGRAMME :					
<ul style="list-style-type: none"> • Consolidation des compétences : argumentaire, prise de position, expression, demande et conclusion. • Mise en place de débats et de jeux de rôles. • Gestion d'une équipe. • Préparation au TOEIC (partie compréhension orale et écrite), TOEFL et Examens de Cambridge (First, Intermediate ou Proficiency). 					