



GÉNIE PHYSIQUE

Livret des enseignements



CONTACT :
Yamina ANDRE,
Responsable du département
Yamina.ANDRE@uca.fr



POLYTECH Clermont
Campus universitaire des Cézeaux
2 av. Blaise Pascal
63178 AUBIÈRE cedex

www.polytech-clermont.fr
Tél. (33) 04 73 40 75 00



Table des matières

I. Première année	1
A. Semestre 5	1
1. UE1 Sciences fondamentales 1	1
a. Décloisonnement scientifique	1
b. Physique appliquée 1	2
c. Physique de la matière 1	3
d. TC Mathématiques 1	4
2. UE2 Sciences et techniques de l'information et de l'ingénierie 1	6
a. Projet 1	6
b. Socle informatique	7
3. UE3 Sciences Homme et Société 1	8
a. DRS 1	8
b. Communication 1	9
c. Sciences sociales 1	11
B. Semestre 6	12
1. UE4 Sciences fondamentales 2	12
a. Mathématiques 2	12
b. Physique des champs	13
c. Physique de la matière 2	14
2. UE5 Sciences et techniques de l'information et de l'ingénierie 2	16
a. Ingénierie physique	16
b. Projet 2	18
c. Modélisation	19
3. UE6 Sciences Homme et Société 2	20
a. Stratégie d'innovation	20
b. Hackathon	20
c. DRS2	22
d. Communication 2	22
4. UE7 Stage	24
a. Stage de découverte de l'entreprise	24
II. Deuxième année parcours énergie	24
A. Semestre 7	24
1. UE1 Sciences fondamentales 1	24
a. Méthodes numériques	24
b. Énergie 1	25
c. Physico-chimie	27
2. UE2 Sciences et techniques de l'information et de l'ingénierie 1	28
a. Projet 3	28
b. Électrotechnique et automatique	29
3. UE3 Sciences Homme et Société 1	30
a. Anglais choix unique	30
b. Gestion	30
c. Droit	31
d. Management & Sciences Humaines	31
B. Semestre 8	32
1. UE4 Sciences fondamentales 2	32
a. Énergie 2	32
2. UE5 Sciences et techniques de l'information et de l'ingénierie 2	34
a. Traitement du signal et électrotechnique	34
b. Projet 4	35
3. UE6 Sciences Homme et Société 2	36
a. E2C	36
b. Risques et entreprises	36
c. Langues vivantes	37
4. UE7 Stage	38
a. Stage de 4ème année	38
5. UE8 Engagement personnel et citoyen	38
a. Engagement personnel et citoyen	38
III. Deuxième année parcours ingénierie des matériaux	38
A. Semestre 7	38
1. UE1 Sciences fondamentales 1	38
a. Méthodes numériques	38

b. Matière et rayonnements	39
c. Physico-chimie	40
2. UE2 Sciences et techniques de l'information et de l'ingénierie 1	41
a. Projet 3	41
b. Electrotechnique et automatique	42
3. UE3 Sciences Homme et Société 1	43
a. Anglais choix unique	43
b. Gestion	43
c. Droit	44
d. Management & Sciences Humaines	45
B. Semestre 8	45
1. UE4 Sciences fondamentales 2	45
a. Matière et analyse	45
2. UE5 Sciences et techniques de l'information et de l'ingénierie 2	47
a. Traitement du signal et électrotechnique	47
b. Projet 4	48
3. UE6 Sciences Homme et Société 2	49
a. E2C	49
b. Risques et entreprises	50
c. Langues vivantes	50
4. UE7 Stage	51
a. Stage de 4ème année	51
5. UE8 Engagement personnel et citoyen	51
a. Engagement personnel et citoyen	51
IV. Troisième année	51
A. Semestre 9	51
1. UE1 Poly'Compétences	51
a. Polytech'Imagerie numérique	51
b. Polytech'Management	52
c. Polytech'Mon projet 5A	52
d. Polytech'Contrat Pro	53
e. Polytech'Recherche	53
f. Polytech'Entrepreneuriat	54
g. Polytech'Mobilité Durable	54
2. UE2 Option Physique et Ingénierie des Matériaux	55
a. A1: choix et mise en oeuvre des matériaux	55
b. A2: interactions matière-rayonnement optronique	57
c. A3: physique des surfaces et interfaces	59
d. B1: Contrôles non destructifs	61
3. UE2 Option Energie	62
a. Module Énergie et énergétique	62
b. Module Énergies Renouvelables	64
c. Module Énergies fossiles carbonées et nucléaire	67
d. Module Stockage, transport et distribution de l'énergie électrique	69
e. Module Maîtrise des consommations d'énergie	71
4. UE3 Sciences Homme et Société (parcours Matériaux)	73
a. Expression et communication	73
b. Anglais	73
c. Insertion professionnelle	74
5. UE3 UE3 Sciences Homme et Société (option Energie)	74
a. Expression et communication	74
b. Anglais	75
c. Insertion professionnelle	75
d. Projet transversal	75
B. Semestre 10	76
1. UE4 Stage ou contrat pro	76
a. Stage	76
b. Alternant (pour les étudiants qui font un contrat pro)	76

I. Première année

A. Semestre 5 [30 ECTS | 30 Coef]

1. UE1 Sciences fondamentales 1 [12 ECTS | 12 Coef]

a. Décloisonnement scientifique

Code	37AX5DSC
Coef	2
Objectifs	Connaissance des échanges de matière et d'énergie au niveau macroscopique et de la structure de la matière à l'échelle microscopique.
Eléments de cours	Energétique Matière et matériaux
Prérequis	Niveau L2
Horaire encadré	26.5 h (16.5 CM + 10 TD + 0 TP)
Responsable	Fabrice Audonnet

a.1. Energétique

Code	370N5NRG
Coef	1
Objectifs	Maîtriser les principes de base de la thermodynamique et de l'énergétique des systèmes.
Acquis	-Comprendre les principes de la thermodynamique -Savoir écrire un bilan de conservation de la masse et de l'énergie et un bilan entropique -Être capable de modéliser les lois d'équilibre des corps purs et de l'air humide
Description	-Qu'est-ce que l'énergie? -Lois de conservation et bilans -Propriétés thermodynamiques des corps purs
Evaluation	C
Horaire encadré	13.5 h (7.5 CM + 6 TD + 0 TP)
Travail personnel	1 h
Enseignant	Christophe Vial

a.2. Matière et matériaux

Code	370N5MAM
Coef	1
Objectifs	Donner une vision globale de la constitution de la matière (protons, neutrons, électrons) jusqu'aux propriétés des matériaux
Acquis	-Comprendre/prédire les propriétés d'usage des matériaux. -Être apte à dialoguer/faire l'interface avec des spécialistes dans des domaines variés.
Description	-L'ingénieur et la chimie À partir du fil conducteur de la classification périodique des éléments sont présentées les parties suivantes : Configuration électronique et structure de Lewis ; Modèle VSEPR Orbitales atomiques et moléculaires Des atomes aux molécules; relation entre propriétés microscopiques et macroscopiques -Les formes cristallines -Les matériaux polymères
Références bibliographiques	Les cours de Paul Arnaud, Cours avec 350 questions et exercices corrigés, Françoise Rouquérol, Gilberte Chambaud, Roland Lissillour, Dunod, 6° édition, 2007, Arnaud Paul Chemistry, The Central Science, Brown TT, LeMay HE, Burste BE, Prentice-Hall International New York, 1997 Introduction à la chimie pour ingénieurs, Javet PA, Lerch P, Plattner E, PPUR Editions, Lausanne 1992 Atkins' Physical Chemistry, Oxford, 9th edition, 2010, Peter Atkins, Julio de Paula

Evaluation	C
Horaire encadré	13 h (9 CM + 4 TD + 0 TP)
Travail personnel	3 h
Enseignant	Fabrice Audonnet

b. Physique appliquée 1

Code	37EP5PA1
Coef	3
Objectifs	Maîtrise des outils mathématiques avancés nécessaires pour modéliser les phénomènes physiques fondamentaux. Application aux milieux continus ou discrets. Appréhension des fondamentaux et caractérisation d'un milieu fluide continu en mouvement.
Eléments de cours	Mécanique des fluides Soutien physique Electronique
Prérequis	Niveau L2
Horaire encadré	59.75 h (24 CM + 15.75 TD + 20 TP)
Responsable	Jean-Pierre Fontaine

b.1. Mécanique des fluides

Code	37EP5MF
Coef	3
Objectifs	Acquérir les concepts de base de la mécanique des fluides incompressibles.
Acquis	-Savoir caractériser un fluide : propriétés, régimes d'écoulement -Appliquer les théorèmes de conservation d'un fluide incompressible en mouvement (masse, quantité de mouvement, énergie) et les équations de Navier - Stokes.
Description	-Les fluides, définitions et propriétés -Physique des fluides -Hydrostatique des fluides -Cinématique des fluides -Dynamique des fluides: application aux fluides non visqueux et visqueux incompressibles
Références bibliographiques	Transport Phenomena, Bird RB, Stewart WE, Lighfoot EN, John Wiley, 2001 Cours et exercices de Mécanique des Fluides, Comolet R, Masson 1990 Mécanique des fluides : problèmes résolus avec rappels de cours, Desjardins D, Combarous M, Bonneton N, Dunod 2005 Hydrodynamique Physique, Guyon E, Hulin JP, Petit L, EDP Sciences, 2001
Evaluation	C
Horaire encadré	20.5 h (13.5 CM + 7 TD + 0 TP)
Travail personnel	1 h
Enseignant	Jean-Pierre Fontaine

b.2. Soutien physique

Objectifs	Rappel des connaissances de physique basique de niveau L1/L2.
Description	-Outils mathématiques -Mécanique du point: cinématique, dynamique -Optique ondulatoire -Electrostatique -Thermodynamique
Horaire encadré	20 h (0 CM + 20 TD + 0 TP)
Enseignants	Jean-Pierre Fontaine, Jonathan Lao, Joël Leymarie

b.1. Electronique

Coef	4
Eléments de cours	Cours Electronique TP Electronique
Horaire encadré	39.25 h (10.5 CM + 8.75 TD + 20 TP)
Responsable	Christelle Varenne

b.1.1. Cours Electronique

Code	37EU5ELE
Coef	2
Objectifs	Présenter les principaux composants électroniques : diode, transistor bipolaire, transistor à effet de champ, amplificateur opérationnel. Initier aux phénomènes de conduction dans ces composants de l'électronique.
Acquis	-Être capable d'analyser, comprendre des montages électroniques amplificateurs de base -Acquérir des réflexes pour le calcul des caractéristiques électriques de circuits électroniques amplificateurs
Description	- Du dopage d'un matériau semi-conducteur (SC intrinsèque, extrinsèque) - De la conduction dans une diode à jonction PN, des transistors (à jonction, à effet de champ, ...) - Des défauts et caractéristiques de l'amplificateur opérationnel réel - Description des montages amplificateurs classiques
Prérequis	Connaissance des lois de l'électrocinétique: convention dipôles passifs/actifs, lois de Kirchhoff, associations des dipôles passifs, dipôles actifs, etc
Références bibliographiques	Principes d'électronique, cours et exercices corrigés, Malvino AP, édition sciences Sup Dunod
Evaluation	C
Horaire encadré	19.25 h (10.5 CM + 8.75 TD + 0 TP)
Travail personnel	4 h
Enseignant	Christelle Varenne

b.1.2. TP Electronique

Code	37EU5ELE
Coef	1
Objectifs	Etude des caractéristiques réelles des composants les plus courants. Définition et calcul des montages analogiques de base en amplification et génération de signaux. Compréhension d'un montage en vue de son utilisation correcte et/ou son dépannage.
Acquis	-Mettre en oeuvre les montages d'amplificateurs et de générateurs de signaux simples -Comprendre, mesurer et caractériser leurs performances
Description	-Maîtrise de l'instrumentation sur un composant simple non linéaire et redressement -Amplificateurs à transistors bipolaires et à transistors à effet de champ -Montages de références à amplificateurs opérationnels -Génération de signaux et PWM
Prérequis	Cours d'électronique (37EU5ELE)
Evaluation	C
Horaire encadré	20 h (0 CM + 0 TD + 20 TP)
Travail personnel	5 h
Enseignant	Pascal Lafon

c. Physique de la matière 1

Code	37EPZPF1
Coef	4
Objectifs	Compréhension de la physique approfondie de la matière et maîtrise des lois et des règles du monde submicroscopique. Comprendre et analyser l'ordonnement des atomes dans les cristaux. Utilité de l'abstraction pour la modélisation des phénomènes de la physique moderne. De manière plus générale, ce module permet d'appréhender la connaissance actuelle en physique et en ingénierie dans le domaine des micro- et nano matériaux.
Eléments de cours	Physique quantique Cristallographie
Prérequis	Niveau L2
Horaire encadré	53.75 h (34.5 CM + 19.25 TD + 0 TP)
Responsable	Yamina André

c.1. Physique quantique

Code	37EP5PQ
Coef	3
Objectifs	Découvrir les fondements de la physique quantique et expliquer les notions introduites sans explication au cours des années d'études antérieures. Un des objectifs essentiels est la compréhension de la physique de l'électron. Cours fondamental dans une formation à la physique de la matière.
Acquis	-Comprendre la physique de l'infiniment petit et acquérir celle du monde nanoscopique -Relier l'abstraction des modèles à la réalité des observations des phénomènes de basse dimensionnalité
Description	-Fondements de la Physique Quantique -Formalisme quantique -Equation de Schrödinger et la quantification Systèmes à une dimension -Le moment cinétique -L'atome d'hydrogène -Le Spin
Prérequis	Mathématiques niveau L2 Physique de la matière niveau L2
Références bibliographiques	Physique quantique : introduction, Ch Ngô, H. Ngô, ed. Masson Physique quantique TOME 1 et TOME 2 Claude Cohen-Tannoudji CNRS Ch N'Go, H N'Go, Physique quantique : Introduction, ed. Masson
Evaluation	C
Horaire encadré	33 h (22.5 CM + 10.5 TD + 0 TP)
Travail personnel	10 h
Enseignant	Yamina André

c.2. Cristallographie

Code	37EZ5PS
Coef	2
Objectifs	L'objectif essentiel est la compréhension de l'agencement ordonné des atomes conduisant aux cristaux et aux minéraux. Un autre objectif est de savoir classer les cristaux en reconnaissant les symétries. Il s'agit de connaître l'histoire de la cristallographie et son évolution actuelle vers des champs précis comme les nanomatériaux ou les hétérostructures.
Acquis	-Acquérir les bases des matériaux ordonnés -Comprendre les lois de la cristallographie géométrique
Description	-Les états de la matière -Les lois fondamentales de la cristallographie -Les 7 systèmes cristallins -La projection stéréographique dans le réseau de Wulff -Les symétries d'orientations
Prérequis	Niveau L2 en Physique de la matière Mathématiques
Références bibliographiques	Cristallographie géométrique : de l'observation des cristaux aux lois des milieux cristallisés, François Mathieu, Eds Lavoisier Exercices et problèmes de cristallographie, François Mathieu chez Cépaduès Cristallographie, Schwarzenbach Dieter, Presses Polytechniques et universitaires romandes
Evaluation	CC
Horaire encadré	20.75 h (12 CM + 8.75 TD + 0 TP)
Travail personnel	15 h
Enseignant	Hélène de Baynast

d. TC Mathématiques 1

Code	37ON5MA1
Coef	3
Objectifs	Acquérir les fondamentaux mathématiques
Eléments de cours	Fondamentaux mathématiques Statistiques et probabilités
Prérequis	L1-L2 (fonctions usuelles de la variable réelle)
Horaire encadré	62 h (20 CM + 42 TD + 0 TP)

Responsables	Adeline Augier, Claire Schenkel
--------------	---------------------------------

d.1. Fondamentaux mathématiques

Code	370N5MA
Coef	2
Objectifs	Décider si une matrice est diagonalisable et donner sa diagonalisation le cas échéant. Utiliser la dérivée partielle et les opérateurs d'analyse vectorielle pour les fonctions de 2 ou 3 variables réelles. Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre
Acquis	Problèmes linéaires : * savoir les reconnaître, les mettre sous forme matricielle * savoir les résoudre * savoir déterminer les valeurs propres d'une matrice de taille 2 à 4 Analyse dans $\mathbb{R}^3$: * savoir utiliser et caractériser le produit vectoriel et le produit scalaire * calculer une dérivée partielle d'ordre 1 ou 2 * calculer le gradient, le rotationnel et la divergence de produits de fonctions Analyse dans $\mathbb{R}$: * reconnaître les primitives usuelles * intégrer par parties ou en faisant un changement de variables * résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre Dans ce module, il est demandé de savoir calculer en tenant compte des résultats théoriques et de savoir calculer avec des nombres complexes.
Description	Chapitres de ce cours : 1. Fonctions de plusieurs variables réelles 2. Espace vectoriel, produits de vecteurs 3. Analyse vectorielle 4. Primitives 5. Équations différentielles 6. Produit de matrices, systèmes linéaires 7. Bases de $\mathbb{R}^n$ 8. Déterminant d'une matrice carrée 9. Inversibilité d'une matrice, matrices semblables 10. Diagonalisation d'une matrice
Prérequis	L1-L2 (fonctions usuelles de la variable réelle)
Références bibliographiques	Chaîne Math adultes de Gilles Bailly-Maître Site OpenING
Evaluation	CC
Horaire encadré	46 h (20 CM + 26 TD + 0 TP)
Travail personnel	16 h
Responsables	Adeline Augier, Claire Schenkel
Enseignants	Adeline Augier, Claire Schenkel

d.2. Statistiques et probabilités

Code	370NP5STA
Coef	1
Objectifs	Former aux méthodes classiques en probabilités et statistique inférentielle.
Acquis	Savoir manipuler les variables aléatoires classiques Savoir déterminer un estimateur sans biais et calculer son EQM, construire un intervalle de confiance et un test paramétrique .
Description	Partie 1 : Probabilités - Dénombrements - Événements, espaces probabilisés - Calcul de probabilités, probabilités conditionnelles, formules des probabilités totales et de Bayes - Variables aléatoires : définitions, propriétés, espérance, variance - Construction de certaines lois classiques (normale, binomiale...) Partie 2 : Statistiques inférentielle

	- Modèle statistique. - Estimation, intervalles de confiance. - Tests d'hypothèses
Références bibliographiques	Pratique moderne des probabilités, Radix JC, Lavoisier, Paris 1991 Probabilités, analyse des données et statistique, Saporta G, Ed. technips 1990
Evaluation	CC
Horaire encadré	16 h (0 CM + 16 TD + 0 TP)
Travail personnel	6 h
Responsable	Stéphanie Léger
Enseignants	Adeline Augier, Laurent Beaudou, Stéphanie Léger, Claire Schenkel, Martin Metodiev

2. UE2 Sciences et techniques de l'information et de l'ingénierie 1 [9 ECTS | 9 Coef]

a. Projet 1

Code	37EP5PR1
Coef	5
Objectifs	Préparation à la fonction d'ingénieur à travers un cas concret de développement de produit manufacturé. Acquérir une démarche professionnelle. Acquérir les outils de communication technique : le dessin industriel. Acquérir une culture technologique.
Eléments de cours	Technologie Projet
Prérequis	Niveau scientifique et technologique L2
Horaire encadré	77.75 h (9 CM + 68.75 TD + 0 TP)
Responsables	Lionel Batier, Pascal Lafon

a.1. Technologie

Coef	1
Objectifs	Connaître les outils de communication technique : dessin industriel, schématisation cinématique ou technologique. Etude des liaisons mécaniques élémentaires et détermination du degré d'hyperstatisme d'un mécanisme. Etude des éléments standards d'un système mécanique : techniques d'assemblage, guidages, éléments roulants, étanchéité, utilisation des ajustements normalisés
Acquis	-Acquérir les outils nécessaires pour pouvoir communiquer durant un projet technique, règles du dessin industriel, lecture et élaboration d'un plan d'ensemble ou de définition -Acquérir une culture technologique générale en étudiant les caractéristiques d'utilisation des éléments standards présents dans un système mécanique
Description	-Démarche de conception d'un produit -Règles du dessin industriel -Etude des liaisons élémentaires -Détermination du degré d'hyperstatisme d'un mécanisme. -Guidages en rotation et en translation -Montage de roulements (dimensionnement en fatigue) -Utilisation des ajustements normalisés -Etanchéité
Prérequis	Niveau scientifique et technologique L2
Références bibliographiques	Guide du dessinateur industriel, A. Chevalier, Hachette Technique Guide des Sciences et technologies industrielles, Fanchon JL, Nathan
Evaluation	C
Horaire encadré	21.25 h (9 CM + 12.25 TD + 0 TP)
Travail personnel	4 h
Enseignant	Lionel Batier

a.2. Projet

Coef	2
Objectifs	Établir un cahier des charges et étudier théoriquement un système industriel.

	Rechercher des informations pertinentes, synthétiser ces informations, réaliser l'analyse fonctionnelle d'un produit, utiliser des modèles théoriques sur un cas concret et rédaction de documents techniques.
Acquis	-Méthode de rédaction d'un cahier des charges -Prise en main de logiciels de CAO -Méthodes de fabrication mécanique et électrique
Description	Présentation des phases d'un projet: -Phase 1 : Etude bibliographique -Phase 2 : Rédaction du Cahier des Charges Fonctionnel -Phase 3 : Etude théorique -Phase 4 : Réalisation
Prérequis	Niveau scientifique et technologique L2
Références bibliographiques	Guide des Sciences et technologies industrielles, FANCHON JL, Nathan
Evaluation	CC
Horaire encadré	56.5 h (0 CM + 56.5 TD + 0 TP)
Travail personnel	6 h
Enseignants	Lionel Batier, Benoît Boudour, Frédéric Joyard, Pascal Lafon

b. Socle informatique

Code	370N5SI
Coef	4
Objectifs	Maîtriser les principes de l'outil informatique Pour un étudiant ingénieur non informaticien il s'agit d'être capable d'être donneur d'ordre (maître d'ouvrage) sur des projets à caractère informatique et donc de les conduire à terme : - depuis l'établissement du cahier des charges fonctionnel (définir le besoin), - le choix et la validation de solutions justifiées préexistantes ou développées spécifiquement - jusqu'à la réception et l'exploitation des matériels et logiciels. De plus, il doit être capable de tirer profit des outils informatiques : avoir conscience de leurs possibilités, limites et évolution pour l'organisation, la diffusion de l'information et la communication. Il doit donc rester adaptable vis-à-vis des outils (software) et matériels (hardware) : avoir les capacités suffisantes pour s'approprier les outils d'analyse, de simulation et de validation. On note que les compétences et notions du socle informatique sont rencontrées, exploitées et approfondies au travers d'autres modules de la formation qui utilisent les outils logiciels, le réseau etc.
Eléments de cours	Algorithmique Langage de programmation
Horaire encadré	40.5 h (18.5 CM + 6 TD + 16 TP)
Responsable	Christophe de Vault

b.1. Algorithmique

Code	370N5SI
Coef	2
Objectifs	Être capable d'écrire des algorithmes simples Être capable d'interagir avec des développeurs
Acquis	Être capable de manipuler des concepts abstraits pour comprendre et d'échanger avec des développeurs Être capable d'appréhender les actions séquentielles, répétitives et leur imbrication . Être capable de valider à chaque étape du développement et de réceptionner un outil informatique (logiciels) . Être en mesure de transposer cette organisation hiérarchique de développement (besoin/solution/validation) à d'autres domaines que l'informatique . Être capable d'intégrer un système validé dans un système plus complexe en respectant les contraintes entrées/sorties et les protocoles et interfaces .

	Être capable d'utiliser un langage commun (pseudo-langage) pour formaliser un cahier des charges, appréhender un système/contexte inconnu pour le faire évoluer de manière à garantir des objectifs
Description	Variable et opération - Types simples et structurés - Expression Structures de contrôle conditionnelles et itératives (boucle) : pré-test, post-test, prédéfinie Sous-programme - Passage de paramètres, entrée/sortie-Notion de bloc fonctionnel La récursivité est introduite sur exemple Les fichiers
Références bibliographiques	Programmation structurée et structures de données élémentaires, Courtin Jacques, Kowarski Irène, Dunod, 1989 Initiation à la programmation, Delannoy, Claude, Eyrolles 1997
Evaluation	CC
Horaire encadré	14 h (8 CM + 6 TD + 0 TP)
Travail personnel	5 h
Responsable	Christophe de Vault
Enseignants	Christophe de Vault, Nancy El Rachkidy, Laurent Poughon, Mathilde Morvan

b.2. Langage de programmation

Code	370N5SI
Coef	1
Objectifs	Apprendre la syntaxe d'un langage de programmation structuré afin de mettre en oeuvre les algorithmes
Acquis	Savoir écrire des petits programmes . Être capable d'assembler des composants logiciels existants .
Description	Types simple et composé Structures de contrôles Sous-programmes Fichiers
Références bibliographiques	Programmation OpenOffice.org et LibreOffice, Macros OOoBASIC et API, Eyrolles 2011, Bernard Marcelly et Laurent Godard Le langage C, Delannoy, Claude, Eyrolles, 2002 Le Langage C : norme ANSI, Kernighan, Brian W. , Ritchie, Denis M, Masson, 1997
Evaluation	CC
Horaire encadré	26.5 h (10.5 CM + 0 TD + 16 TP)
Travail personnel	9 h
Responsable	Christophe de Vault
Enseignants	Marinette Bouet, Christophe de Vault, Nancy El Rachkidy, Laurent Poughon, Alexis Landrault, Mathilde Morvan

3. UE3 Sciences Homme et Société 1 [9 ECTS | 9 Coef]

a. DRS 1

Code	370X5D1
Coef	2
Objectifs	Sensibiliser nos élèves ingénieurs aux enjeux de la transition écologique et du développement durable
Description	L'équilibre et les limites de notre monde par une approche systémique sont étudiés. Les étudiants sont amenés à comprendre les ordres de grandeur et incertitudes par une analyse prospective et à co-construire des diagnostics et solutions. Pour cela ils ont recours à des modèles dont la structure (diagramme de causalité, boucles) est analysée au moyen d'outils (ex : Vensim) pour quantifier les évolutions. Présentation : - des enjeux climatiques - des limites planétaires - des transitions écologiques et énergétique - de l'écoconception - Fresque du climat

	+ Polytest : Ce test est créé par le Réseau Polytech et s'inspire du Sulitest. Il s'appuie sur les 17 ODD de l'ONU. Il permet aux étudiants de se positionner et d'améliorer leurs connaissances sur la compréhension des grands défis de notre monde en pleine transition pour un futur soutenable. + Présentations faites par des industriels
Evaluation	CC
Horaire encadré	22 h (14 CM + 8 TD + 0 TP)
Travail personnel	5 h
Responsable	Arnaud Diemer
Enseignants	Marinette Bouet, Stéphanie Léger, Arnaud Diemer, Alexandre Cabagnols, Catherine Creuly, Gaëlle Baudouin

b. Communication 1

Code	370N5CO1
Coef	3
Objectifs	Apprendre à s'exprimer à l'oral et à l'écrit en fonction des situations d'énonciation. Comprendre les relations de communications entre les humains. S'ouvrir à divers domaines culturels
Eléments de cours	E2C 1 Langue vivante 1
Horaire encadré	42 h (0 CM + 42 TD + 0 TP)
Responsable	Romy Sauvayre

b.1. E2C 1

Code	370N5EC1
Coef	1
Objectifs	Parfaire son expression en fonction de situations variées. Savoir s'adapter à différents publics. Acquérir et développer des capacités et techniques de communication générale et spécifique. Augmenter ses connaissances en français. Acquérir quelques éléments culturels supplémentaires.
Acquis	Parler avec ou sans note Préparer un diaporama Adapter son niveau de langue à la situation d'énonciation Savoir synthétiser un document Améliorer son niveau culturel Connaître et maîtriser diverses formes d'écrits Savoir chercher de l'information Maîtriser son expression non verbale
Description	Communication : l'école de Palo Alto, la communication non verbale. Exposés individuels avec ou sans supports. Prise de parole spontanée ou préparée. Exposés en binôme ou trinôme. Techniques d'écriture (écrit scientifique et technique ; rédaction d'article ; synthèse de document, écriture de fiction...) Revue de presse. Culture générale.
Evaluation	CC
Horaire encadré	16 h (0 CM + 16 TD + 0 TP)
Travail personnel	15 h
Responsable	Véronique Quanquin
Enseignant	Véronique Quanquin

b.1. Langue vivante 1

Coef	1
Eléments de cours	Anglais 1 Seconde langue 1 (facultative)
Horaire encadré	26 h (0 CM + 26 TD + 0 TP)
Responsable	Bénédicte Bousset

b.1.1. Anglais 1

Code	370N5AN1
Coef	1
Objectifs	Obtention du niveau B2 du Cadre Européen de Référence pour les langues : TOEIC 800
Acquis	Être capable de comprendre le contenu essentiel d'une discussion dans un cadre professionnel Être capable de s'exprimer avec aisance dans un cadre professionnel Être capable de comprendre le contenu d'un texte technique ou d'ordre général Être capable de s'exprimer correctement à l'écrit dans un contexte professionnel
Description	Remise à niveau et approfondissement grammatical et lexical Discussion à deux et en groupe Compréhension de documents oraux courts et longs, Introduction au test TOEIC Amélioration de la compréhension et de la réactivité surtout à l'oral
Evaluation	CC
Horaire encadré	26 h (0 CM + 26 TD + 0 TP)
Travail personnel	20 h
Responsable	Michelle Didier
Enseignants	Bénédicte Bousset, Michelle Didier, Bertrand Maillet

b.1.1.1. Seconde langue 1 (facultative)

Coef	0
Objectifs	Être capable de comprendre le contenu essentiel d'une discussion Être capable de s'exprimer selon son niveau dans un contexte spécifique Être capable de comprendre un document d'un ordre général Être capable d'écrire correctement dans un contexte personnel
Eléments de cours	Espagnol Allemand Italien
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)
Responsable	Romy Sauvayre

b.1.1.1.1. Espagnol

Coef	1
Objectifs	Être capable de comprendre le contenu essentiel d'une discussion Être capable de s'exprimer selon son niveau dans un contexte spécifique Être capable de comprendre un document d'un ordre général Être capable d'écrire correctement dans un contexte personnel
Description	- Géographie, économie, institution de L'Espagne et des pays d'Amérique Latine ; spécificités - Points grammaticaux sur les spécificités de la langue
Evaluation	CC
Horaire encadré	16 h (0 CM + 16 TD + 0 TP)
Travail personnel	15 h

b.1.1.1.2. Allemand

Coef	1
Objectifs	Être capable de comprendre le contenu essentiel d'une discussion Être capable de s'exprimer selon son niveau dans un contexte spécifique Être capable de comprendre un document d'un ordre général Être capable d'écrire correctement dans un contexte personnel
Description	- Compréhension et expression écrite - Compte-rendu de documents audio et vidéo, débats - Reprise des points grammaticaux en fonction des besoins
Evaluation	CC
Horaire encadré	16 h (0 CM + 16 TD + 0 TP)
Travail personnel	15 h

b.1.1.1.3. Italien

Coef	1
------	---

Objectifs	Être capable de comprendre le contenu essentiel d'une discussion Être capable de s'exprimer selon son niveau dans un contexte spécifique Être capable de comprendre un document d'un ordre général Être capable d'écrire correctement dans un contexte personnel
Description	- Introduction à la langue : grammaire, vocabulaire et spécificités culturelles pour niveau débutant. - Compréhension et expression écrite pour niveaux avancés. - Reprise des points grammaticaux pour les niveaux plus avancés - Culture générale, politique, éducation, histoire pour tous
Evaluation	CC
Horaire encadré	16 h (0 CM + 16 TD + 0 TP)
Travail personnel	15 h

c. Sciences sociales 1

Code	370N5SS
Coef	4
Objectifs	Découverte du monde des affaires à travers le prisme de l'économie et du droit.
Eléments de cours	Droit Economie
Horaire encadré	50.5 h (50.5 CM + 0 TD + 0 TP)
Responsable	Alexandre Cabagnols

c.1. Droit

Code	370N5DR
Coef	1
Objectifs	Souligner le fait que l'activité économique des entreprises dépend non seulement de règles économiques "pures" mais aussi de règles sociales. Le droit est un corpus de règles sociales formelles résultant de choix politiques et plus largement de choix de société. A cet égard le droit du travail est un exemple très intéressant : il a des effets non seulement sur la vie professionnelle de tout un chacun mais aussi sur l'activité économique des entreprises et finalement sur les performances en termes d'emploi des pays
Acquis	S'impregner de connaissances en Droit du Travail (Droit Social), en relation avec le métier d'ingénieur et le fonctionnement de l'entreprise .
Description	Le contrat du travail : environnement juridique ; embauche, temps de travail ; exécution, conclusion, rupture du contrat ; représentation salariale dans l'entreprise
Evaluation	CC
Horaire encadré	20 h (20 CM + 0 TD + 0 TP)
Travail personnel	6 h
Responsable	Alexandre Cabagnols
Enseignant	Françoise Roncolato

c.2. Economie

Code	370N5ECO
Coef	1
Objectifs	Comprendre la dimension systémique du fonctionnement de l'économie tant à l'échelle micro-économique (interactions stratégiques) que macroéconomique (transmission internationale des conjonctures et des politiques économique)
Acquis	Savoir ce qu'est l'économie et ce qui la distingue de la gestion Développer une vision systémique du fonctionnement de l'économie Comprendre les spécificités politiques des systèmes de régulation libéraux et de marché Savoir calculer une courbe d'offre et une courbe de demande à partir d'un carnet d'ordre Comprendre les mécanismes de formation des prix sur les marchés de gré à gré et centralisés Savoir comment se calcule le PIB et quelle est sa signification en termes de production de richesse, de distribution de revenus et de consommation Aborder les questions macro-économiques dans une perspective géopolitique

	Prévoir les conséquences des décisions nationales de politique économique sur les grandeurs macroéconomiques (PIB, consommation, emploi, taux d'intérêt, taux de change, balance commerciale)
Description	Qu'est-ce que l'économie ? Les différentes branches de l'économie. Economies libérales capitalistes de marchés : définition et spécificités Fonctionnement des marchés : offre, demande, calcul du prix et des quantités d'équilibre sur des marchés de gré à gré vs centralisés Comportements du consommateur et de l'entrepreneur, confrontation offre demande sur les marchés, interactions stratégiques Mesure de l'enrichissement à l'échelle de l'entreprise : le résultat Mesure de la richesse produite à l'échelle d'un pays et calcul du PIB Equilibre consommation - épargne et flux financiers internationaux Représenter le système macro-économique : le modèle IS/LM en économie fermée Représenter les interactions internationales : Le modèle IS/LM en économie ouverte
Références bibliographiques	BLANCHARD, Olivier. Macroéconomie 8e + Quizz. 8e édition. Montreuil: PEARSON, 2020.
Evaluation	CC
Horaire encadré	30.5 h (30.5 CM + 0 TD + 0 TP)
Travail personnel	30 h
Responsable	Alexandre Cabagnols
Enseignant	Alexandre Cabagnols

B. Semestre 6 [30 ECTS | 29 Coef]

1. UE4 Sciences fondamentales 2 [12 ECTS | 12 Coef]

a. Mathématiques 2

Code	370N6MA2
Coef	3
Objectifs	Optimisation sans contrainte de fonctions de 2 à 3 variables. Analyse de Fourier Selon la filière : * distributions et applications IMDS/GE * intégrales doubles ; résolution d'une EDP (corde vibrante) GC/GP
Acquis	Savoir réduire des matrices symétriques réelles dans une base orthonormée. Ecrire le développement de Taylor d'une fonction de une à deux variables réelles. Déterminer une limite en utilisant un DL. Déterminer les points critiques d'une fonction de 2 ou 3 variables et en déduire leur nature. Utiliser les propriétés classiques (parité, intégrale de fonction trigonométrique) du calcul intégral. Déterminer la série de Fourier d'une fonction périodique. Utiliser les théorèmes de Dirichlet et Parseval calculer la valeur d'une série numérique. Comprendre et utiliser la transformée de Fourier des fonctions Démontrer les propriétés de la transformée de Fourier. Filière IMDS/GE : * Connaître les distributions usuelles (peigne et impulsion de Dirac, distributions issues de fonctions localement intégrables). * Savoir dériver et convoluer des distributions classiques. * Retrouver un signal temporel à partir de son spectre périodique. Filière GC/GP * Savoir représenter une courbe du plan à partir de son équation cartésienne * Savoir décrire une forme simple (triangle, rectangle, ellipse) du plan * Savoir calculer une intégrale double sur une forme simple, si besoin en faisant un changement de variable * Savoir résoudre l'équation de la corde en utilisant les séries de Fourier
Description	Les chapitres de ce cours sont : * Diagonalisation des matrices symétriques et formes quadratiques * Optimisation

	* Séries de Fourier * Transformée de Fourier Filières IMDS/GE * Distributions * Introduction à l'échantillonnage Filières GC/GP * Intégrales doubles * EDP de la corde
Prérequis	Mathématiques 1
Evaluation	CC
Horaire encadré	48 h (20 CM + 28 TD + 0 TP)
Travail personnel	17 h
Responsables	Adeline Augier, Claire Schenkel
Enseignants	Adeline Augier, Claire Schenkel

b. Physique des champs

Code	37EP6PA2
Coef	4
Objectifs	Acquisitions des bases fondamentales de la physique de systèmes complexes faisant intervenir des phénomènes avancés en électromagnétisme, optique et thermique. Comprendre et analyser les contraintes d'une pièce mécanique soumise à des efforts externes et calculer les déformations induites et la limite à la rupture
Eléments de cours	Thermique Ondes et magnétisme Résistance des matériaux
Prérequis	Niveau L2
Horaire encadré	57.25 h (45 CM + 12.25 TD + 0 TP)
Responsable	Jean-Pierre Fontaine

b.1. Thermique

Code	37EP6TH
Coef	1
Objectifs	Connaître les divers modes de transfert de chaleur et leur modélisation.
Acquis	-Maîtrise des modes de transfert de chaleur de base -Savoir modéliser et résoudre un problème de thermique dans une configuration géométrique simple
Description	-Les divers modes de transfert de chaleur -Transmission de la chaleur par conduction en régime permanent ou transitoire -Convection thermique : naturelle ou forcée -Bases du rayonnement thermique: conséquence de l'effet de serre
Références bibliographiques	Fundamentals of Heat And Mass Transfer, Incropera Frank P., DeWitt David P, Bergman Theodore L., John Wiley & Sons, ed. 6, 2006 Transferts thermiques : introduction aux sciences des transferts, Taine J., Petit J.P., Dunod 2003
Evaluation	C
Horaire encadré	13.75 h (12 CM + 1.75 TD + 0 TP)
Travail personnel	8 h
Enseignant	Jean-Pierre Fontaine

b.2. Ondes et magnétisme

Code	37EW6ONM
Coef	2
Objectifs	Acquérir et comprendre les lois fondamentales de l'électromagnétisme au travers des équations de Maxwell. Conforter et amplifier les connaissances en optique ondulatoire et découvrir l'optique de Fourier.
Acquis	-Compréhension des propriétés magnétiques à l'échelle macroscopique -Savoir décrire la propagation des ondes planes électromagnétiques -Maîtrise des bases de l'optique ondulatoire et les phénomènes d'interférences et de diffraction

	-Analyser le fonctionnement de divers dispositifs : réseau (blazé ou non), interféromètres
Description	-Propriétés macroscopiques des milieux magnétiques -Equations de Maxwell. Structure des ondes et propagation (dans le vide et les milieux matériels) -Optique ondulatoire: cohérence temporelle, cohérence spatiale -Interférences localisées, lames minces -Phénomènes de diffraction -Diffraction par les réseaux, réseau d'amplitude et réseau de phase -Interféromètre de Michelson
Prérequis	Magnétostatique du vide Notions de propagation électromagnétique dans le vide
Références bibliographiques	Electromagnétisme: fondements et applications, Pérez J.Ph., Carles R., Fleckinger R., Editions Masson Exercices d'optique de Fourier avec rappels de cours, Marais B, Editions Dunod Optique géométrique, ondulatoire et polarisation (avec exercices et problèmes résolus), Pérez J.Ph., Editions Masson
Evaluation	CC
Horaire encadré	23.25 h (18 CM + 5.25 TD + 0 TP)
Travail personnel	8 h
Enseignant	Joël Leymarie

b.3. Résistance des matériaux

Code	37EP6RDM
Coef	2
Objectifs	Comprendre et analyser les sollicitations internes auxquelles une pièce mécanique peut être soumise. Calculer la limite à la rupture et les déformations de la pièce sous l'action de charges mécaniques externes.
Acquis	Acquérir les outils nécessaires pour pouvoir dimensionner une pièce mécanique, choisir son matériau, calculer les sollicitations mécaniques maximales auxquelles elle pourra être soumise et enfin calculer les déformations sous l'action de ces sollicitations.
Description	-Modélisation d'une action mécanique. -Rappel sur l'équilibre des systèmes mécaniques. -Hypothèses et domaine de validité des équations de la RDM. -Notion de coupure et détermination du torseur des actions mécaniques internes. -Notion de contraintes, contrainte normale et contrainte tangentielle. -Sollicitation simple: traction/compression, cisaillement torsion flexion -Système hyperstatique et principe de superposition. -Le cours est suivi d'études de cas permettant de mettre en oeuvre au travers de problèmes concrets les outils théoriques.
Références bibliographiques	Résistances des matériaux, Bazergui.T, Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal, Montréal 1999 Mécanique appliquée, P. Agati, N. Mattera, Dunod, 1996
Evaluation	C
Horaire encadré	20.25 h (15 CM + 5.25 TD + 0 TP)
Travail personnel	4 h
Enseignant	Lionel Batier

c. Physique de la matière 2

Code	37EP6PF2
Coef	5
Objectifs	Comprendre le passage du monde microscopique au monde macroscopique en utilisant les outils de la physique statistique. Savoir décrire les propriétés vibratoires et électroniques de la matière. Comprendre le cours de la matière jusqu'à l'échelle du femtomètre et en deçà Avoir de bonnes notions en physique nucléaire pour comprendre ses applications actuelles.

Éléments de cours	Physique statistique Physique du solide Energie nucléaire
Prérequis	cours de physique quantique S5 (37EP5PQ)
Horaire encadré	61.25 h (42 CM + 19.25 TD + 0 TP)
Responsable	Joël Leymarie

c.1. Physique statistique

Code	37EP6PST
Coef	2
Objectifs	Comprendre le monde macroscopique à partir du monde microscopique.
Acquis	-Savoir appliquer les principes de la physique statistique afin de décrire le comportement des fermions et des bosons dans la matière
Description	-Grands principes (postulats, espace de phase) -Ensembles micro-canonique/canonique/grand canonique ; applications -Statistiques quantiques et applications aux gaz d'électrons et de photons
Prérequis	Cours Physique quantique S5 (37EP5PQ) Cours Mathématiques S5 (37ON5MA1)
Références bibliographiques	Physique Statistique, C. Ngô et H. Ngô, Editions Dunod Éléments de Physique Statistique, S. Vaclair, InterEditions
Evaluation	C
Horaire encadré	27 h (16.5 CM + 10.5 TD + 0 TP)
Travail personnel	10 h
Enseignant	Joël Leymarie

c.2. Physique du solide

Code	37EU6CR
Coef	1
Objectifs	Connaître les propriétés électroniques et vibratoires des solides. Comprendre la structure de bandes électroniques dans les matériaux.
Acquis	-Analyser les propriétés vibratoires des solides -Comprendre les propriétés électroniques des isolants, semi-conducteurs et métaux
Description	-Propriétés vibratoires (vibrations de réseau) -Propriétés électroniques (états électroniques) : structures de bandes
Prérequis	Mécanique classique du point Cours physique quantique S5 (37EP5PQ) Cours mathématiques S5 (37ON5MA1)
Références bibliographiques	Introduction à la physique du solide, Kittel, Editions DUNOD Physique des semi-conducteurs, B. Sapoval et C. Hermann, Editions Ellipses
Evaluation	C
Horaire encadré	10.75 h (9 CM + 1.75 TD + 0 TP)
Travail personnel	5 h
Enseignant	Joël Leymarie

c.3. Energie nucléaire

Code	37EZ6ENN
Coef	2
Objectifs	Connaître le noyau atomique : constituants, interactions et forces à l'oeuvre, modèles physiques, stabilité du noyau. Désintégrations radioactives, réactions nucléaires : comment activer une réaction, comment libérer de l'énergie. Produire de l'énergie avec la fission et la fusion. Connaître les composants et mode de fonctionnement d'une installation électronucléaire. Interaction des rayonnements nucléaires avec la matière. Éléments de radioprotection.
Acquis	-Maîtriser les bases de la génération d'énergie par processus nucléaire -Connaître les différents types de réacteurs et leur fonctionnement -Connaître les effets des rayonnements nucléaires sur la matière
Description	-Rappel d'atomistique, modèles en couche du noyau et de la goutte liquide

	-La radioactivité: origine, raisons d'être des processus alpha, beta-, beta+, capture électronique, fission -Interactions rayonnements ionisants - matière -Bilans en énergie: fission et production d'énergie -Description d'une installation électronucléaire
Prérequis	Physique de la matière 1 (37EPZPF1)
Références bibliographiques	Manuel de radioactivité, Jacques Foos, ed. Hermann Physique moderne, Thornton & Rex, ed. de Boeck Physique, Hecht, ed. de Boeck
Evaluation	C
Horaire encadré	23.5 h (16.5 CM + 7 TD + 0 TP)
Travail personnel	8 h
Enseignant	Jonathan Lao

2. UE5 Sciences et techniques de l'information et de l'ingénierie 2 [11 ECTS | 11 Coef]

a. Ingénierie physique

Code	37EP6IPH
Coef	4
Objectifs	Relier les microstructures des matériaux à la résistance des matériaux. Maîtriser les techniques de caractérisations physico-chimiques des matériaux et les techniques d'observations métallographiques afin d'établir une corrélation entre les propriétés mécaniques, physico-chimiques et microstructurales.
Eléments de cours	Physico-chimie Métallurgie
Prérequis	Niveau L2
Horaire encadré	52 h (18 CM + 0 TD + 34 TP)
Responsable	Hélène de Baynast

a.1. Physico-chimie

Code	37EP6PHC
Coef	3
Eléments de cours	Physicochimie TP physico chimie
Horaire encadré	29 h (9 CM + 0 TD + 20 TP)
Responsable	Fabrice Audonnet

a.1.1. Physicochimie

Code	37EP6PHC
Coef	1
Objectifs	Servant de support aux travaux pratiques de physico-chimie.
Acquis	-Connaître les potentialités et les limitations des méthodes de mesure physicochimiques utilisant la réactivité chimique ou les propriétés physiques de la matière -Connaître les méthodes d'analyse des solutions aqueuses non-idéales
Description	-Domaines d'application de la physico-chimie : chimie analytique, mesure de propriétés physiques d'équilibre et de transport, prédiction de propriétés -Réactivité chimique de la matière : acido-basicité, complexation, précipitation, oxydo-réduction -Solutions idéales et non-idéales : exemple de la non-idéalité des solutions aqueuses en présence d'électrolytes -Méthodes chromatographiques en phase gaz et en phase liquide : technologie, étalonnage... Méthodes spectroscopiques : généralités et focus sur l'UV-Vis et l'IR -Méthodes thermiques (thermogravimétrie, calorimétries adiabatique et isotherme, DSC) -Méthodes thermomécaniques: rhéologie -Méthodes électro-analytiques: potentiométrie, ampérométrie, coulométrie, conductimétrie et pHmétrie
Evaluation	C
Horaire encadré	9 h (9 CM + 0 TD + 0 TP)

Travail personnel	3 h
Enseignant	Christophe Vial

a.1.2. TP physico chimie

Coef	2
Objectifs	Amplifier les connaissances en physico-chimie et en microscopie via la pratique. Mettre en application les cours de chimie et de physique fondamentale (quantique, cristallographie).
Acquis	-Utiliser les diverses techniques de mesure et d'analyse et leurs applications potentielles : dispositifs de mesure en électrochimie, chromatographie en phase gazeuse, spectrophotométrie UV, microscopie à effet tunnel et analyse thermique (ATG)
Description	-Electrochimie : *Dispositif de traitement de surface: génération d'ions cuivre et contrôle de la variation de la concentration en fonction du temps *Ionométrie : lois de Nernst et de Debye-Hückel -Analyses : *Spectrophotométrie UV : formation aux procédures d'étalonnage et analyse de concentrations de diverses solutions *Analyse ThermoGravimétrique (ATG) : détermination de taux d'hydratation, de composition chimique et calcul des énergies d'activation des réactions de décomposition *Chromatographie en phase gazeuse : formation aux dispositifs de distillation et analyse de mélanges en vue de la détermination de l'azéotrope. - Microscopie à effet Tunnel: mise en application des cours de physique quantique (étude de barrières de potentiel) et des cours de cristallographie. Détermination de la structure cristallographique et du paramètre de maille.
Prérequis	cours physico chimie (37EP6PHC)
Evaluation	CC
Horaire encadré	20 h (0 CM + 0 TD + 20 TP)
Travail personnel	5 h
Enseignants	Fabrice Audonnet, Yamina André, Jonathan Lao

a.2. Métallurgie

Coef	2
Eléments de cours	Métallurgie TP métallurgie
Horaire encadré	23 h (9 CM + 0 TD + 14 TP)
Responsable	Hélène de Baynast

a.2.1. Métallurgie

Code	37EP6MET
Coef	2
Objectifs	Connaître les défauts des cristaux afin d'en maîtriser les propriétés. Maîtriser les diagrammes d'équilibre de phases et la solidification des alliages binaires.
Acquis	-Connaître les défauts dans les cristaux et les propriétés mécaniques qui en découlent -Connaître les diagrammes de phases et les microstructures des alliages binaires -Appliquer ces connaissances à la métallurgie de l'aluminium
Description	-La diffusion des défauts ponctuels, lacunes, interstitiels, défauts de substitution -Les dislocations -Les diagrammes d'équilibre de phases -Les phénomènes de diffusion et de précipitation -La métallurgie de l'aluminium et ses alliages
Prérequis	Niveau L2/L3 en Physique de la matière (370N5MAM, 37EPZPF1)
Références bibliographiques	Métallurgie Générale, Bénard J, Michel A, Philibert J, Talbot J, Ed. Masson
Evaluation	C
Horaire encadré	12.5 h (9 CM + 0 TD + 3.5 TP)
Travail personnel	5 h

Enseignant	Hélène de Baynast
------------	-------------------

a.2.2. TP métallurgie

Coef	1
Objectifs	Maîtriser les diagrammes de phases à l'aide d'un exemple de fonderie. Relier les traitements thermiques et les traitements d'écrouissage des alliages d'aluminium à leur propriétés mécaniques.
Acquis	-Savoir faire le lien entre diagrammes de phases et observations métallographiques -Maîtriser les traitements thermiques et mécaniques des alliages d'aluminium en vue de contrôler leurs propriétés mécaniques -Maîtriser les techniques de préparation et d'observations métallographiques en vue d'interpréter les microstructures
Description	-Elaboration de pièces de fonderie et réalisation d'un diagramme d'équilibre de phases binaires -Etude des alliages durcissables par écrouissage: applications pour l'aluminium nuance 1050 -Etude des alliages durcissables par précipitation: applications pour l'alliage d'aluminium 2024.
Prérequis	Cours de cristallographie (37EZ5PS) Cours de métallurgie (37EP6MET)
Références bibliographiques	Matériaux tome 2, Microstructure et mise en oeuvre et conception, Ashby M, Jones D
Evaluation	CC
Horaire encadré	10.5 h (0 CM + 0 TD + 10.5 TP)
Enseignant	Hélène de Baynast

b. Projet 2

Code	37EP6PR2
Coef	5
Objectifs	Préparation à la fonction d'ingénieur à travers un cas concret de développement de produit manufacturé. Acquérir une démarche professionnelle. Appréhender le déroulement et la conduite d'un projet. Suivre la réalisation d'un projet, de l'analyse du besoin au prototype. Etude technologique et dossier technique via la CAO.
Eléments de cours	projet Conduite de projet
Prérequis	Niveau scientifique et technologique L2
Horaire encadré	88 h (12 CM + 28 TD + 48 TP)
Responsables	Lionel Batier, Pascal Lafon

b.1. projet

Coef	3
Objectifs	Mise en pratique de la démarche de projet. Partie étude. Appréhender le déroulement et la conduite d'un projet.
Acquis	-Établir un cahier des charges et étudier théoriquement un système industriel -Rechercher des informations pertinentes, synthétiser ces informations, réaliser l'analyse fonctionnelle d'un produit, utiliser des modèles théoriques sur un cas concret, rédaction de documents techniques -Méthodes de fabrication mécanique et électrique
Description	-Gestion temporelle et financière de projet -Formation à la technologie de construction -Etude bibliographique, veille technologique, étude d'antériorité -Etude fonctionnelle, rédaction du CdCF -Etude théorique, modélisation, recherche de solutions
Prérequis	CAO et technologie (37EP5PR1)
Références bibliographiques	Techniques de l'ingénieur ; revues scientifiques spécialisées IEEE ... ; Ouvrages universitaires technologiques Guide des Sciences et technologies industrielles, Fanchon JL, Nathan
Evaluation	CC

Horaire encadré	76 h (0 CM + 28 TD + 48 TP)
Travail personnel	8 h
Enseignants	Lionel Batier, Benoît Boudour, Frédéric Joyard, Pascal Lafon

b.2. Conduite de projet

Coef	1
Acquis	Connaître la méthodologie et les outils d'un projet industriel
Description	-Cours de gestion de projets -Les acteurs : maître d'ouvrage ou commanditaire -Maître d'oeuvre (chef de projet) -Les phases et jalons (étude d'opportunité, étude de faisabilité, conception, réalisation) -Les outils (analyse fonctionnelle et cahier des charges, analyse de risque, scénario de projet, organigramme technique, Pert et Gantt, suivi des coûts) -Appliquer ces différents outils au projet Génie Physique
Evaluation	CC
Horaire encadré	12 h (12 CM + 0 TD + 0 TP)
Enseignant	Thierry Ré (Senlio)

c. Modélisation

Code	370N6MAB
Coef	2
Objectifs	Consolider les connaissances des outils mathématiques et informatiques
Eléments de cours	Analyse numérique Bases de données
Horaire encadré	50 h (16 CM + 18 TD + 16 TP)
Responsables	Adeline Augier, Marinette Bouet

c.1. Analyse numérique

Code	370P6NUM
Coef	2
Objectifs	Résolution de systèmes linéaires
Acquis	Résoudre un système linéaire par une factorisation LU ou de façon itérative (Jacobi et Gauss Seidel) Écrire l'algorithme associé à la méthode choisie et donner un ordre de grandeur de sa complexité Approcher un nuage de points par la méthode des moindres carrés. Résoudre un problème de Cauchy via une méthode numérique usuelle (Euler explicite ou explicite, Crank-Nicholson) Calculer de façon approchée une intégrale. Déterminer numériquement les zéros d'une fonction par dichotomie, ou la méthode de Newton.
Description	Méthodes directes et itératives de résolution des systèmes linéaires Méthode des moindres carrés Intégration numérique Résolution d'équations non-linéaires Résolution numérique d'équations différentielles
Références bibliographiques	Analyse numérique, SCHATZMAN M, Inter-éditions, Paris Analyse numérique, J-P. DEMAILLY, EDP sciences, Collection Grenoble Sciences Optimisation et contrôle des systèmes linéaires, Bergounioux M, Dunod (2001)
Evaluation	CC
Horaire encadré	34 h (10 CM + 14 TD + 10 TP)
Travail personnel	25 h
Responsable	Adeline Augier
Enseignants	Adeline Augier, Claire Schenkel, Jean-Pierre Fontaine, Thierry Dubois, Francesco Vecil

c.2. Bases de données

Coef	1
Objectifs	Savoir définir et manipuler une base de données relationnelle

Acquis	Savoir mettre en oeuvre une base de données relationnelle (conception et création) Interroger une base de données relationnelle Appréhender un modèle Entité/Association Utiliser un logiciel d'aide à la modélisation de base de données
Description	Motivations Modèle Entité/Association (schéma E/A, sa traduction en relationnel) Modèle relationnel et Algèbre relationnelle Langage SQL (LDD, LMD)
Références bibliographiques	Bases de données, Gardarin G, Ed. Eyrolles - 2002 SQL pour Oracle, 2010, Soutou C., Eyrolles Ed.
Evaluation	CC
Horaire encadré	16 h (6 CM + 4 TD + 6 TP)
Travail personnel	6 h
Responsable	Marinette Bouet
Enseignants	Marinette Bouet, Stéphanie Léger, Nancy El Rachkidy, Théo Ducros

3. UE6 Sciences Homme et Société 2 [5 ECTS | 6 Coef]

a. Stratégie d'innovation

Code	370N6INN
Coef	1
Objectifs	Savoir réaliser une étude d'opportunité dans le cadre d'un projet d'innovation. Faire des recommandations de stratégie de développement technique et d'entrée sur le marché.
Acquis	Comprendre l'articulation entre intelligence économique et activités de veille Connaître les différentes catégories de veille en entreprise Gérer un projet de veille : l'organiser et le réaliser efficacement Réaliser une veille sociétale Réaliser une veille scientifique et technique Réaliser une veille marketing, concurrentielle et commerciale Collecter, partager et protéger l'information Durant un projet de veille Synthétiser l'information : Produire un compte rendu cohérent du travail de veille Analyser l'information : Faire un état des lieux stratégique à partir d'une veille Être force de proposition : Faire des recommandations stratégiques à partir d'un travail de veille
Description	Intelligence économique et veille Veille sociétale, veille scientifique, veille technologique et brevets Initiation à la gestion de projet Outils de recherche, de partage et protection des données Veille concurrentielle (aspects stratégiques, organisationnels et marketings)
Références bibliographiques	La veille technologique et l'intelligence économique, Édition : 5 (Paris: Presses Universitaires de France - PUF, 2010), Daniel Rouach, L'intelligence économique : Techniques & outils, Édition : 2e édition (Paris: ANSSANSSI "Se former à la cybersécurité ANSSI". cyber.gouv.fr. Consulté le 18 février 2025. https://cyber.gouv.fr/se-former-la-cybersecurite . Clech, Jérôme. La prospective stratégique: Une nouvelle approche pour améliorer la prise de décision. Paris: Hermann, 2023. Fontanet, Xavier, et Pierre Pupier. De la stratégie en entreprise. Paris: Manitoba/Belles lettres, 2024. Harbulot, Christian. La guerre économique au XXIe siècle. Versailles: VA, 2024. Leroy, Frédéric. Les stratégies de l'entreprise - 5e éd. 5e édition. Paris: Dunod, 2021.
Evaluation	CC
Horaire encadré	16.5 h (16.5 CM + 0 TD + 0 TP)
Travail personnel	16 h
Responsable	Alexandre Cabagnols
Enseignants	Alexandre Cabagnols, Jean-Sebastien Guez, Pascal Fourtin, Michel Cheminat

b. Hackathon

Coef	1
------	---

Objectifs	Hackathon animé en partenariat avec le PEPITE Auvergne A partir d'un projet d'innovation l'objectif est de réaliser en équipe une étude d'opportunité et de proposer une stratégie d'entrée techniquement réalisable et économiquement viable.
Acquis	Volet gestion de "projet finalisé" : - Découper le projet en jalon et identifier les livrables - Réaliser un Gantt - Répartir les tâches - Gérer un budget temp - Animer un collectif de travail et gérer les conflits - Protéger l'information stratégique - Communiquer sur le projet Volet veille externe : - Réaliser une veille socio-économique généraliste de type PESTELE - Réaliser une veille scientifique et technique - Réaliser une veille concurrentielle, marketing et commerciale - Synthétiser les résultats en appliquant une approche VUCA - Faire de la prospective pour identifier les principales tendances futures - Utiliser un gestionnaire de bibliographie, utiliser des outils de recherche d'information adaptés au type de veille, ne pas laisser de traces de ses recherches. Volet stratégie : - Identifier les forces et faiblesse des porteurs de projet - Caractériser l'environnement en termes d'opportunités /menaces - Imaginer différentes stratégies et sélectionner la meilleure à l'aide d'une matrice SWOT - Clarifier la vision, le métier, la mission et les facteurs de compétitivité - Etablir le Business Model associé à la stratégie choisie - Planifier le déploiement aux niveaux : technique, marketing, organisationnel et financier - Défendre ses choix devant un jury; pitcher
Description	Sur une semaine en partenariat avec le PEPITE ; des intervenants extérieurs sont invités chaque matin pour une plénière pour témoigner de leur expérience sur le sujet du jour. En dehors des plénières des tuteurs sont disponibles pour répondre aux questions des étudiants. Chaque jour un ou deux livrables intermédiaires sont remis et notés. Les projets d'innovation proviennent de 3 sources : - Lauréats du concours d'idées organisé à Polytech dans le cadre du cours de "Stratégie d'Innovation" - Etudiants entrepreneurs du PEPITE - Entreprises souhaitant proposer des projets Déroulement : - J1 après-midi : Formation des équipes, distribution des projets, planification du travail - J2, J3 toute la journée : veille socio-économique, veille scientifique et technique, veille concurrentielle, marketing et commerciale. - J4 : synthèse des veilles, formulation de stratégies, préparation des pitches - J5 matin : soutenances et remise de prix
Références bibliographiques	ANSS ANSSI « Se former à la cybersécurité ANSSI ». cyber.gouv.fr 2025. https://cyber.gouv.fr/se-former-la-cybersecurite. Dylewski, Philippe. Le Renseignement Offensif: 300 techniques, outils et astuces pour tout savoir sur tout le monde, dans les entreprises et ailleurs. AGAKURE Éditions, 2023. Fontanet, Xavier, et Pierre Pupier. De la stratégie en entreprise. Paris: Manitoba / Belles lettres, 2024.
Evaluation	CC
Horaire encadré	7.5 h (7.5 CM + 0 TD + 0 TP)

Travail personnel	24 h
Responsable	Alexandre Cabagnols
Enseignant	Alexandre Cabagnols

c. DRS2

Code	370X6D2
Coef	1
Objectifs	Sensibiliser nos élèves ingénieurs aux enjeux sociétaux Sensibiliser les étudiants à la RSE
Description	- Origine de la RSE - Qu'est-ce que la RSE ? - Cadre normatif - Volet social : Santé et gestion des risques au travail (en lien avec le référentiel BES&ST (Bases Essentielles en Santé & Sécurité au Travail)) - Etude de la maturité d'une entreprise en S&ST - Serious game consacré aux notions essentielles en santé et sécurité au travail (Autoformation INRS). + présentations faites par des industriels
Evaluation	CC
Horaire encadré	6 h (2 CM + 4 TD + 0 TP)
Travail personnel	10 h
Responsable	Marinette Bouet
Enseignants	Marinette Bouet, Stéphanie Léger, Catherine Creuly

d. Communication 2

Code	370N6CO2
Coef	3
Objectifs	Améliorer les compétences en communication, développer la confiance et l'autonomie en français et en langues étrangères
Eléments de cours	E2C 2 Langue vivante 2
Horaire encadré	40 h (0 CM + 40 TD + 0 TP)
Responsable	Véronique Quanquin

d.1. E2C 2

Code	370N6EC2
Coef	1
Objectifs	Parfaire son expression en fonction de situations variées. Savoir s'adapter à différents publics. Acquérir et développer des capacités et techniques de communication générale et spécifique. Augmenter ses connaissances en français. Acquérir quelques éléments culturels supplémentaires
Acquis	Parler avec ou sans note Préparer un diaporama Adapter son niveau de langue à la situation d'énonciation Savoir synthétiser un document Améliorer son niveau culturel Connaître et maîtriser diverses formes d'écrits Savoir chercher de l'information Maîtriser son expression non verbale
Description	Communication : l'école de Palo Alto, la communication non verbale. Exposés individuels avec ou sans supports. Prise de parole spontanée ou préparée. Exposés en binôme ou trinôme. Techniques d'écriture (écrit scientifique et technique ; rédaction d'article ; synthèse de document, écriture de fiction...) Revues de presse. Culture générale.
Evaluation	CC
Horaire encadré	16 h (0 CM + 16 TD + 0 TP)

Travail personnel	15 h
Responsable	Véronique Quanquin
Enseignant	Véronique Quanquin

d.1. Langue vivante 2

Coef	1
Eléments de cours	Anglais 2 Seconde langue 2 (facultative)
Horaire encadré	24 h (0 CM + 24 TD + 0 TP)
Responsable	Bénédicte Bousset

d.1.1. Anglais 2

Coef	1
Objectifs	Obtention du niveau B2 du Cadre Européen de Référence pour les langues : TOEIC 800
Acquis	Être capable de comprendre le contenu essentiel d'une discussion dans un cadre professionnel Être capable de s'exprimer avec aisance dans un cadre professionnel Être capable de comprendre le contenu d'un texte technique ou d'ordre général Être capable de s'exprimer correctement à l'écrit dans un contexte professionnel
Description	Remise à niveau et approfondissement grammatical et lexical Discussion à deux et en groupe Compréhension de documents oraux courts et longs, Introduction au test TOEIC Amélioration de la compréhension et de la réactivité surtout à l'oral
Evaluation	CC
Horaire encadré	24 h (0 CM + 24 TD + 0 TP)
Travail personnel	18 h
Responsable	Michelle Didier
Enseignants	Bénédicte Bousset, Michelle Didier, Bertrand Maillet

d.1.1.1. Seconde langue 2 (facultative)

Code	370U6LV2
Coef	1
Objectifs	Être capable de comprendre le contenu essentiel d'une discussion Être capable de s'exprimer selon son niveau dans un contexte spécifique Être capable de comprendre un document d'un ordre général Être capable d'écrire correctement dans un contexte personnel
Eléments de cours	Espagnol Allemand Italien
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)
Responsable	Romy Sauvayre

d.1.1.1.1. Espagnol

Code	370N6ESP
Coef	1
Objectifs	Être capable de comprendre le contenu essentiel d'une discussion Être capable de s'exprimer selon son niveau dans un contexte spécifique Être capable de comprendre un document d'un ordre général Être capable d'écrire correctement dans un contexte personnel
Description	- Géographie, économie, institution de L'Espagne et des pays d'Amérique Latine ; spécificités - Points grammaticaux sur les spécificités de la langue
Evaluation	CC
Horaire encadré	16 h (0 CM + 16 TD + 0 TP)
Travail personnel	15 h

d.1.1.1.2. Allemand

Code	370N6ALL
------	----------

Coef	1
Objectifs	Être capable de comprendre le contenu essentiel d'une discussion Être capable de s'exprimer selon son niveau dans un contexte spécifique Être capable de comprendre un document d'un ordre général Être capable d'écrire correctement dans un contexte personnel
Description	- Compréhension et expression écrite - Compte-rendu de documents audio et vidéo, débats - Reprise des points grammaticaux en fonction des besoins
Evaluation	CC
Horaire encadré	16 h (0 CM + 16 TD + 0 TP)
Travail personnel	15 h

d.1.1.3. Italien

Coef	1
Objectifs	Être capable de comprendre le contenu essentiel d'une discussion Être capable de s'exprimer selon son niveau dans un contexte spécifique Être capable de comprendre un document d'un ordre général Être capable d'écrire correctement dans un contexte personnel
Description	- Introduction à la langue : grammaire, vocabulaire et spécificités culturelles pour niveau débutant. - Compréhension et expression écrite pour niveaux avancés. - Reprise des points grammaticaux pour les niveaux plus avancés - Culture générale, politique, éducation, histoire pour tous
Horaire encadré	16 h (0 CM + 16 TD + 0 TP)
Travail personnel	15 h

4. UE7 Stage [2 ECTS | 0 Coef]

a. Stage de découverte de l'entreprise

Code	37EU6STG
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)

II. Deuxième année parcours énergie

A. Semestre 7 [30 ECTS | 29 Coef]

1. UE1 Sciences fondamentales 1 [12 ECTS | 12 Coef]

a. Méthodes numériques

Code	47EU7MEN
Coef	3
Objectifs	Mise en oeuvre de la simulation numérique des phénomènes de transport (MDF, MVF, MEF). Définition des possibilités, des limites et des contraintes d'une telle approche. Connaître les principes généraux sur les capteurs, les différents montages et leurs limites, ainsi que les problèmes que posent les mesures à distance.
Acquis	-Connaître les concepts fondamentaux pour effectuer des simulations numériques valides : précision (mathématique et numérique), stabilité, validation des résultats -Appréhender les phénomènes de transport par voie numérique : nonlinéarité, instationnarité, multi-dimensionnalité, multi-échelles -Connaître les 2 principales techniques utilisées dans le monde industriel pour les phénomènes de transport : la méthode des volumes finis et la méthode des éléments finis
Description	-Introduction à la modélisation et la simulation numérique -Méthodes de discrétisation et limites -Méthode des différences finies (MDF) -Méthode des résidus pondérés et formulation faible -Méthodes des volumes finis (MVF): configurations 1D, 2D, 3D, advection/diffusion -Méthodes d'éléments finis (MEF): approximation, équation de Poisson, énergie

Prérequis	Mathématiques 1 (370N5MA1) Mathématiques 2 (370N6MA2) Mécanique des fluides (37EP5MF)
Références bibliographiques	Une présentation de la Méthode des Eléments finis, Dhatt ,Touzot , Maloine, 1981 Computational Methods for Fluid Dynamics, Ferziger , Peric , Springer, 1999 Numerical Heat Transfer & Fluid Flow, Patankar SV, Mac Graw Hill, 1980 La Méthode des Eléments Finis, Zienkiewicz OC, Mac Graw Hill Finite Elements and Approximations, Zienkiewicz OC, Morgan K, John Wiley & Sons, 1983
Evaluation	C
Horaire encadré	36 h (13.5 CM + 10.5 TD + 12 TP)
Travail personnel	10 h
Responsable	Jean-Pierre Fontaine

b. Energie 1

Code	47EP7MR1
Coef	5
Objectifs	Conférer aux apprenants des compétences avancées dans le domaine de l'énergie, de la décarbonation et de la transition énergétique et écologique. Acquis de l'apprentissage : -Maîtriser les concepts et méthodes permettant le développement de la filière hydrogène pour la décarbonation de l'industrie et des transports, ainsi que pour le stockage de l'électricité (stratégies power-to-gaz) -Savoir utiliser les différentes technologies des batteries pour le stockage de l'énergie électrique, ainsi que maîtriser leur gestion électrique et thermique -Maîtriser le comptage énergétique comme outil pour l'établissement du bilan d'Energie, pour la supervision, et pour élaborer des politiques d'efficacité et de sobriété énergétique. Ceux-ci se traduisent par l'acquisition des compétences du bloc RNCP39559BC03 - Gérer et produire de l'énergie.
Eléments de cours	Comptage énergétique Technologies de batteries Hydrogène et décarbonation
Prérequis	cours de physicochimie S6 (37EP6PHC) cours de thermique S6 (37EP6TH)
Horaire encadré	68 h (50 CM + 14 TD + 4 TP)
Responsable	Christophe Vial

b.1. Comptage énergétique

Code	47EZ7COM
Coef	4
Objectifs	Présenter les principes, méthodes, outils (capteurs, compteurs, des classiques jusqu'aux objets connectés) du comptage énergétique, ce qui inclut les mesures de pression, température débit et hygrométrie, voire de tout paramètre influençant ou permettant d'estimer la consommation énergétique. Les applications recouvrent la modélisation de la demande, l'estimation des pertes ou des consommations non essentielles qu'il est susceptible de réduire par des approches d'efficacité ou de sobriété énergétique, ainsi que la mise en oeuvre de la démarche en vue d'obtenir la certification ISO-50001 sur le management de l'énergie.
Acquis	Connaître et maîtriser : -La définition du comptage. -Les exigences réglementaires. -Les différentes applications de comptage énergétique dans les domaines d'activité industrielles et tertiaires permettant de quantifier et d'analyser les consommations énergétique dans les bâtiments. -Les moyens et équipements (compteurs, capteurs, etc) à mettre en oeuvre pour identifier les postes de consommation, assurer le suivi le comptage et la mesure de l'énergie

	-Les méthodes permettant de mener des campagnes de mesure de la consommation énergétique de divers équipements et des mesures de températures, de pressions, d'hydrométrie (tout paramètre influençant la consommation des équipements d'un site). -Smart, 4.0 : développer, connaître, traquer et agir sur les consommations d'énergie -Une démarche et/ou méthode de suivi et de quantification d'une consommation énergétique -Le choix de la méthode et/ou des outils, permettant de quantifier et de suivre la consommation énergétique d'un site -Analyser et modéliser la demande énergétique sur une supervision Le but est de développer des compétences dans le domaine de l'énergie : -Mettre en oeuvre les concepts de bilan d'énergie prenant en compte les contraintes industrielles ou bâtimementaires ; -Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; -Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ; -Mettre en oeuvre les concepts d'efficacité et de sobriété énergétique permettant de réduire les besoins en énergie et d'améliorer l'impact environnemental de l'industrie.
Description	Cours assuré en totalité par un intervenant industriel incluant des cours magistraux et des TD sur le comptage énergétique, les principes physiques des capteurs et les avancées récentes avec des applications à des cas concrets. Les TD sont menés en groupes, chaque équipe présentant aux autres les résultats de ses propres travaux. Ce cours est susceptible d'être dispensé en anglais.
Evaluation	C
Horaire encadré	24 h (18 CM + 6 TD + 0 TP)
Enseignant	Thomas Rey (Michelin)

b.2. Technologies de batteries

Code	47EZ7TBA
Coef	3
Objectifs	Présenter les batteries et leurs technologies en couvrant à la fois les aspects matériaux, les caractéristiques électriques et leur management (électrique et thermique), ainsi que leur intégration dans une chaîne énergétique (véhicule électrique, électricité photovoltaïque, etc.). L'accent est mis à la fois sur les verrous en termes de matériaux (disponibilité, recyclage) et en termes énergétiques (densité énergétique, risques), ainsi que sur le rôle des batteries dans la décarbonation de l'économie et des transports.
Acquis	-Les piles, batteries et accumulateurs : historique, principe du stockage électrochimique de l'électricité -Les différents types de batteries et les capacités de stockage (densité énergétique) -Les matériaux pour les batteries -Les caractéristiques électriques des batteries -Les stacks de batteries, leur conception et leur management -Les risques, les systèmes de protection et la gestion thermique des batteries -Le rôle des batteries dans la décarbonation -Le recyclage des batteries Le but est de développer des compétences avancées dans le domaine de l'énergie : -améliorer l'intégration des énergies renouvelables et décarbonées dans le mix énergétique ; -analyser les besoins d'un projet industriel dans les domaines liés à la mise en oeuvre des matériaux et de l'énergie ; -mettre en oeuvre les concepts de bilan d'énergie prenant en compte les contraintes industrielles ou bâtimementaires ; -assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; -dimensionner un système énergétique et rédiger un cahier des charges technique répondant aux besoins d'un projet ; -concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ; -utiliser des outils de simulation et/ou de méthodes numériques.

Description	Cycle de cours alternant des volets théoriques et des conférences d'acteurs socio-économiques sur les besoins de la filière hydrogène. Les cours magistraux couvrent l'ensemble des acquis de l'apprentissage, les TD les aspects énergétiques (transport et utilisation) et les TP la compression. Il vise à dresser un panorama de l'état de développement de la filière hydrogène, de ses enjeux et de ses verrous technologiques et de fournir aux apprenants les compétences recherchées par la filière. Ce cours est susceptible d'être dispensé en anglais
Prérequis	Physicochimie S6 (37EP6PHC) Thermique S6 (37EP6TH)
Evaluation	C
Horaire encadré	22 h (10 CM + 8 TD + 4 TP)
Enseignants	Oussama Rejeb, Julian LAURENCE

b.3. Hydrogène et décarbonation

Code	47EZ7HYD
Coef	4
Objectifs	Partir des propriétés physiques et chimiques de l'hydrogène pour décrire les potentiels, les enjeux et les verrous de la filière hydrogène pour la production, le stockage, la conversion, la distribution et l'utilisation de l'hydrogène notamment dans l'industrie, le stockage de l'énergie électrique (power-to-gaz) et le secteur des transports. L'accent est mis sur l'utilisation de l'hydrogène comme outil de décarbonation.
Acquis	-Connaître et savoir estimer les propriétés physiques et chimiques de l'hydrogène -Connaître la demande et l'utilisation actuelles de l'hydrogène -Connaître et savoir choisir les voies de production et les couleurs de l'hydrogène avec un focus sur l'hydrogène vert et les voies alternatives renouvelables ou décarbonées -Savoir utiliser l'hydrogène comme outil de décarbonation -Savoir sélectionner une technologie de stockage de l'hydrogène -Connaître les risques spécifiques de l'hydrogène et savoir proposer des barrières -Connaître le concept de power-to-gaz et ses variantes (power-to-H2, power-CH4, power-to-NH3, etc.) -Connaître les technologies de transport de l'hydrogène -Connaître les voies de consommation: moteur thermique et pile à combustibles -Connaître les développements récents, les projets en cours, les perspectives et les freins Le but est de développer des compétences dans le domaine de l'énergie: -Connaître les différents modes de production de l'énergie ; -Améliorer l'intégration des énergies renouvelables et décarbonées dans le mix énergétique ; -Analyser les besoins d'un projet industriel dans les domaines liés à la mise en oeuvre des matériaux et de l'énergie ; -Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; -Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ; -Mettre en oeuvre les concepts d'efficacité et de sobriété énergétique permettant de réduire les besoins en énergie et d'améliorer l'impact environnemental de l'industrie ; -Utiliser des outils de simulation et/ou de méthodes numériques.
Description	Cours intégrant une part de cours inversé sur projet. Ce cours est susceptible d'être dispensé en anglais.
Prérequis	Physicochimie S6 (37EP6PHC)
Evaluation	CC
Horaire encadré	22 h (22 CM + 0 TD + 0 TP)
Enseignant	Christophe Vial

c. Physico-chimie

Code	47EP7PCH
Coef	4
Objectifs	Dresser un panorama des phénomènes d'interface gaz-solide et liquide-solide.

Eléments de cours	Physico-chimie interfaces TP physico-chimie
Horaire encadré	71.25 h (20.25 CM + 15 TD + 36 TP)
Responsable	Fabrice Audonnet

c.1. Physico-chimie interfaces

Code	47EP7PCC
Coef	2
Objectifs	Le contenu est divisé en quatre chapitres illustrés par des TD et en lien avec les travaux pratiques associés.
Acquis	-Caractériser les surfaces et les solides divisés, analyser la texture des solides par la méthode de l'adsorption à l'azote : isothermes expérimentales et modélisation de la physisorption; application à la chromatographie -Connaître les critères de mouillage, d'adhésion, d'ascension capillaire -Connaître les phénomènes électrochimiques en solution à l'équilibre et hors équilibre
Description	-Introduction à la science des surfaces -Interfaces gaz-solide: phénomène d'adsorption -Interfaces liquide-solide et gaz-liquide-solide: mouillabilité, énergie de surface, adsorption -Interfaces liquide-solide: électrochimie (équilibres et cinétique)
Prérequis	Physicochimie S6 (37EP6PHC)
Evaluation	C
Horaire encadré	35.25 h (20.25 CM + 15 TD + 0 TP)
Travail personnel	10 h
Enseignant	Christophe Vial

c.2. TP physico-chimie

Code	47EP7PCT
Coef	3
Objectifs	Initiation aux techniques de caractérisation industrielles et de recherche de divers matériaux (métaux, verres, polymères, matériaux semi-conducteurs, matériaux poreux, etc...).
Acquis	-Maîtriser les principales techniques de caractérisation des matériaux -Mesurer les propriétés physico-chimiques des métaux, polymères et poudres -Pratiquer les principales techniques de préparation des échantillons
Description	Etude des interfaces, composition chimique, propriétés thermiques, propriétés mécaniques, rhéologiques et morphologiques
Prérequis	Physico-chimie S6 (37EP6PHC)
Evaluation	CC
Horaire encadré	36 h (0 CM + 0 TD + 36 TP)
Travail personnel	6 h
Enseignants	Fabrice Audonnet, Yamina André, Jonathan Lao

2. UE2 Sciences et techniques de l'information et de l'ingénierie 1 [10 ECTS | 2 Coef]

a. Projet 3

Code	47EP7PRO
Coef	1
Objectifs	Mise en pratique de la démarche professionnelle. Partie réalisation. Appréhender le déroulement et la conduite d'un projet. Suivre la réalisation d'un projet, de l'analyse du besoin au prototype. Renforcements sur la méthodologie et les outils de conduite de projet.
Acquis	-Utiliser des moyens de fabrication mécaniques et électriques -Fabriquer des pièces et ensembles mécaniques et électriques
Description	-Préparation à la fabrication, Bureau des méthodes -Détermination des besoins de matériel et interaction avec les fournisseurs et suivi des commandes, -Fabrication des sous-ensembles mécaniques (usinage, soudage)

	-Fabrication des sous-ensembles électrique (conception de circuit, fabrication et test)
Prérequis	Projet S5 (37EP5PR1) Projet S6 (37EP6PR2)
Références bibliographiques	Techniques de l'ingénieur ; revues scientifiques spécialisées IEEE ... ; Ouvrages universitaires technologiques polycopiés spécifiques internes
Evaluation	CC
Horaire encadré	88.5 h (0 CM + 0 TD + 88.5 TP)
Travail personnel	9 h
Responsables	Lionel Batier, Pascal Lafon
Enseignants	Lionel Batier, Benoît Boudour, Frédéric Joyard, Pascal Lafon

b. Electrotechnique et automatique

Code	47EP7EEA
Coef	1
Objectifs	Connaissances de base en automatique, électronique et électrotechnique qui permettront au futur ingénieur physicien de discuter et faire travailler des spécialistes de ces disciplines.
Eléments de cours	Electrotechnique Automatique
Prérequis	Physique appliquée 2 (37EP6PA2)
Horaire encadré	64.75 h (31.5 CM + 17.25 TD + 16 TP)
Responsable	Benoît Boudour

b.1. Electrotechnique

Code	47EP7TRC
Coef	3
Objectifs	Mise en pratique des concepts fondamentaux en électrotechnique et en électronique de puissance.
Acquis	-Connaître les différents modules actionneurs correspondant au transport de l'énergie électrique, et à sa transformation -Réaliser le bilan énergétique correspondant à l'association de machines électriques avec leur convertisseur et la charge associée et être capable de dimensionner un dispositif électrique associé à une charge
Description	-Magnétisme, Transformateurs -Systèmes triphasés -Machine à courant continu (moteur, génératrice), Moteur asynchrone, Machine synchrone (moteur et alternateur) -Introduction à l'électronique de puissance: composants spécifiques Thyristor IGBT MosF et redresseur commandé, hacheur, onduleur.
Prérequis	Connaissance des lois de l'électricité généralisé, connaissance de base du magnétisme et de la force de Laplace et de l'induction
Références bibliographiques	L'essentiel d'électrotechnique: sciences appliquées Electrotechnique wildy sybil 4eme édition
Evaluation	C
Horaire encadré	24.75 h (19.5 CM + 5.25 TD + 0 TP)
Travail personnel	10 h
Enseignant	Benoît Boudour

b.2. Automatique

Code	47EP7AUC
Coef	5
Objectifs	Savoir modéliser des systèmes physiques élémentaires et être capable de concevoir et réaliser des asservissements continus (cours). Etude des asservissements linéaires élémentaires sur des cas pratiques (TP).
Acquis	-Connaître les outils d'analyses des performances des systèmes continus (cours) -Mettre en oeuvre des techniques continues ou numériques de correction (cours) -Savoir, concevoir et réaliser des asservissements continus et échantillonnés sur des systèmes élémentaires(TP)
Description	COURS -Introduction Systèmes bouclés Notions de boucle -Notions de zéros et de pôles

	-Représentation fréquentielle dans les plans de Black ET Bode -Stabilité et Précision -Régulation et asservissement Poursuite et régulation -Principales actions de correcteurs continus (P, PI, PD, PID), correcteur échantillonné (méthode polynomiale) -Exemples appliqués aux systèmes continus -Introduction à la représentation d'états TP -Éléments de base des systèmes asservis -Systèmes asservis en boucle fermée -Asservissement de vitesse avec PID analogique -Asservissement de système non linéaire
Prérequis	Mathématiques de premier cycle (algèbre linéaire notamment) et Transformée de Laplace
Evaluation	CC
Horaire encadré	40 h (12 CM + 12 TD + 16 TP)
Travail personnel	10 h
Responsable	Romuald Aufrère

3. UE3 Sciences Homme et Société 1 [8 ECTS | 15 Coef]

a. Anglais choix unique

Code	47EP7LVU
Coef	4
Objectifs	Maîtriser l'anglais en situation de vie courante, niveau B2/C1 (ALTE).
Acquis	-Être capable de suivre et comprendre un exposé scientifique et des conversations et situations de la vie courante. -Être capable de s'exprimer avec aisance dans la vie courante et dans un contexte professionnel (stage). -Être capable de comprendre un texte de presse et de spécialité. -Être capable de s'exprimer à l'écrit convenablement (e-mail, lettres, articles)
Description	-Remédiation TOEIC si nécessaire -Travail sur textes/vidéos/enregistrements audio dans le domaine de spécialisation -Revue de presse/exposés -Débats et discussions
Références bibliographiques	Documents vidéo/texte/audio authentiques Ouvrages spécifiques TOEIC
Evaluation	CE
Horaire encadré	26 h (0 CM + 26 TD + 0 TP)
Responsable	Bertrand Maillet
Enseignants	Michelle Didier, Bertrand Maillet

b. Gestion

Code	47EP7GES
Coef	4
Objectifs	Initiation à l'analyse financière visant à donner des outils pour anticiper l'impact financier des décisions techniques, organisationnelles, marketing et commerciales qui relèvent du métier d'ingénieur. Deux types d'impacts sont explicitement distingués: impacts sur l'espérance de rentabilité et impacts sur la prise de risque.
Acquis	Identifier les conséquences financières des décisions d'investissement, des stratégies commerciales et des choix techniques et organisationnels sur la situation financière de l'entreprise : -connaître les objectifs de la comptabilité -connaître les concepts de base de la comptabilité -savoir lire un compte de résultat -savoir analyser un compte de résultat -savoir lire un bilan -savoir analyser un bilan

	-exploiter les documents comptables pour faire des calculs simples permettant de d'évaluer la situation de l'entreprise en termes de performances/risques d'exploitation, de rentabilité des capitaux et de prise de risque financier -établir un lien clair entre d'une part décisions techniques, organisationnelles, marketing et commerciales et d'autre part espérance de rentabilité et la prise de risque -faire des recommandations à une entreprises pour améliorer son ratio rentabilité / risque
Description	Les cours magistraux permettent de poser les bases de l'analyse financière et d'expliquer sa place dans les sciences de gestion. Les TD visent à découvrir les notions fondamentales de cette discipline à travers une application numérique réalisée sur les données d'entreprises dont les comptes sont disponibles en ligne. CM : - Qu'est-ce que la gestion ? - Business model, proposition de valeur et stratégie d'entreprise - Concepts fondamentaux de comptabilité : tableau emploi / ressources, débits / crédits, bilan et compte de résultat, plan comptable, exercice comptable, inventaire. TD : 1. Comment conduire une analyse financière ? 2. Le bilan : actif et passifs 3. Le compte de résultat : produits et charges 4. Les soldes intermédiaires de gestion et l'effet ciseaux 5. Calcul du seuil de rentabilité et analyse de la prise de risque opérationnel 6. Besoin en fonds de roulement et notions apparentées : FDR, BFR et trésorerie 7. Capacité de remboursement, liquidité et solvabilité 8. Analyse de la rentabilité des entreprises, effet de levier de l'endettement 9. Synthétiser les indicateurs et suggérer un plan d'action 10. Soutenance : Simulation d'une assemblée générale lors de laquelle les étudiants présentent leur analyse de la situation financière et les mesures prioritaires qu'ils envisagent de mettre en oeuvre au cours du prochain exercice.
Références bibliographiques	Quiry, Pascal, Yann Le Fur, et Pierre Vernimmen. Finance d'entreprise 2025. 23e éd. Paris-La Défense: Dalloz, 2024.
Evaluation	CC
Horaire encadré	26 h (6 CM + 20 TD + 0 TP)
Travail personnel	10 h
Enseignant	Alexandre Cabagnols

c. Droit

Code	47EP7DRT
Coef	2
Objectifs	Initiation au droit de la propriété intellectuelle et sensibilisation aux enjeux du sujet pour l'entreprise.
Acquis	-Comprendre la structuration du droit de la propriété intellectuelle au niveau national et international -Savoir lire et évaluer des brevets sous l'angle juridique -Savoir rédiger un brevet Savoir déposer un brevet -Savoir défendre un brevet -Comprendre les droits attachés aux logiciels
Evaluation	C
Horaire encadré	14 h (14 CM + 0 TD + 0 TP)
Travail personnel	4 h
Enseignant	Julie Masdeu

d. Management & Sciences Humaines

Code	47EW7PSY
Coef	5

Objectifs	Initiation à la sociologie, à la psychologie et au management. L'objectif principal est d'amener l'étudiant à identifier et à comprendre les mécanismes qui influencent l'Homme afin de faciliter son insertion future dans le monde du travail, de développer des stratégies intégrant cette compréhension de l'humain, développer ses capacités à manager des équipes ou des projets tout en préservant la qualité de vie au travail (QVT).
Acquis	-Manager des collaborateurs (management d'équipe) et des groupes d'individus (management transversal) -Acquérir les outils psychologiques et sociologiques facilitant la prise de décision, la négociation et l'adaptation de l'ingénieur au monde du travail -Gérer sa communication verbale, non verbale et sa posture d'écoute -Animer des réunions -Gérer le conflit -Savoir écouter -Être force de proposition
Description	-Introduction : présentation du plan, de l'évaluation et du site du cours en ligne -Initiation à la psychologie .Définition et histoire de la sociologie Normes sociales, déviance et socialisation .Stratification sociale et déterminismes sociaux .Les implicites dans la communication (mise en situation) .Initiation à la psychologie .Définition et histoire de la psychologie Le conformisme .La soumission à l'autorité -Engagement et la soumission librement consentie Stéréotypes .Les représentations sociales, stéréotypes et discriminations .Dynamique de groupe et leadership (mise en situation) -Initiation au management .Les fonctions du manager .Le management situationnel .Les attentes du collaborateur -L'entretien professionnel : écoute active, gestion de la posture, questionner, recruter -Argumentation et négociation -Exercices pratiques de management d'équipe, d'écoute active, d'argumentation, de négociation, de prise de parole en public, de gestion de conflit, de recrutement (en tant que candidat et de recruteur), de conduite de réunion (réunion de prise de décision, de résolution de problème, de négociation avec les instances représentatives du personnel)
Références bibliographiques	Support d'exercices mis en ligne (ENT) Liste de questions de recruteurs, lettre de motivation, exemples de CV, mode d'emploi pour constituer son profil LinkedIn, pour rédiger son CV Vidéos (diffusées en cours et mises en ligne) Questions interactives collectées au moyen de boîtiers interactifs de vote
Horaire encadré	36 h (7 CM + 29 TD + 0 TP)
Travail personnel	10 h
Enseignants	Romy Sauvayre, Alexandre Perrot

B. Semestre 8 [30 ECTS | 27 Coef]

1. UE4 Sciences fondamentales 2 [5 ECTS | 5 Coef]

a. Energie 2

Code	47EP8MR2
Coef	1
Objectifs	Conférer aux apprenants des compétences avancées dans le domaine de l'énergie, de la décarbonation et de la transition énergétique et écologique. Acquis de l'apprentissage : -connaître les principes et procédés de la production d'électricité par la filière nucléaire -connaître la réglementation et les risques radiologiques liés aux matières fissiles et aux déchets -déterminer la topologie d'un écoulement gaz-liquide et ses pertes de charge

	-modéliser et simuler l'ébullition de l'eau dans un évaporateur Ceux-ci se traduisent par l'acquisition des compétences du bloc RNCP39559BC03 - Gérer et produire de l'énergie.
Eléments de cours	Thermohydraulique Ingénierie nucléaire Energie nucléaire
Prérequis	Mécanique des fluides S5 Thermique S6 Méthodes numériques S7
Horaire encadré	71.5 h (50.5 CM + 17 TD + 4 TP)
Responsable	Christophe Vial

a.1. Thermohydraulique

Code	47EZ8TH
Coef	5
Objectifs	Fournir aux apprenants les connaissances et compétences permettant de comprendre, décrire, modéliser et simuler les écoulements diphasiques isothermes et en présence d'un transfert de chaleur. L'accent est mis sur les écoulements diphasiques gaz-liquide et la production de vapeur avec pour application les générateurs de vapeur dans le domaine du nucléaire.
Acquis	-Rappels de mécanique des fluides: équations de Navier-Stokes et notion de perte de charge -Rappels de thermique: conduction, convection forcée et libre, et rayonnement -Écoulements diphasiques: descriptions lagrangienne et eulérienne des écoulements -Définitions et configurations d'écoulements diphasiques et conditions d'interface gaz-liquide -Modèle pseudo-homogène, modèle à flux de dérive, modèles à deux fluides -Calculs des pertes de charge en écoulement diphasique -Tables de l'eau et ébullition en réservoir ou en convection forcée; notion de taux de vide et de qualité d'une vapeur -Notion de crise d'ébullition Le but est de développer les compétences dans le domaine de l'énergie: -Mettre en oeuvre les concepts de bilan d'énergie prenant en compte les contraintes industrielles ou bâtimentaires; -Dimensionner un système énergétique et rédiger un cahier des charges technique répondant aux besoins d'un projet; -Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques; -Utiliser des outils de simulation et/ou de méthodes numériques.
Description	Ce cours s'appuie sur les cours de mécanique des fluides, d'énergétique et de thermique des semestres S5 et S6. Il comporte à la fois des cours théoriques (16h CM), des exercices et des séances d'applications sur logiciel afin de mettre en oeuvre les acquis de l'apprentissage (10h TD et 4h TP sur les pertes de charge, le calcul des évaporateurs et la simulation des écoulements). Ce cours est susceptible d'être dispensé en anglais.
Prérequis	Mécanique des fluides S5 (37EP5MF) Thermique S6 (37 EP6TH) Méthodes numériques S7 (47EU7MN)
Evaluation	C
Horaire encadré	30 h (16 CM + 10 TD + 4 TP)
Enseignants	Christophe Vial, Jalil Ouazzani (Arcofluid)

a.2. Ingénierie nucléaire

Code	47EZ8INN
Coef	2
Objectifs	Définir le rôle de l'ingénieur dans le secteur du nucléaire. Rappeler les notions de base sur l'énergie nucléaire (atome, radioactivité et ses applications, les radionucléides et leur période radioactive, les rayonnements, les effets du rayonnement, les unités).

	Définir le fonctionnement d'une centrale nucléaire (les différentes générations de réacteurs, principe fonctionnement du réacteur REP, les périphériques du réacteur...) Connaître le cycle du combustible. Connaître les risques radiologiques, leurs conséquences et la réglementation spécifique en France.
Acquis	Les acquis permettent d'accéder à des postes d'ingénieur dans le secteur du nucléaire comme: -l'exploitation d'une tranche -la maintenance (hydraulique, mécanique, électrique...) de tranche, la formation aux métiers du nucléaire dont le démantèlement et la sûreté Le but est de développer les compétences dans le domaine de l'énergie: -connaître les différents modes de production de l'énergie -améliorer l'intégration des énergies renouvelables et décarbonées dans le mix énergétique
Description	Le contenu est présenté sous la forme de cours-conférences assurés exclusivement par des industriels du secteur du nucléaire (INGEROP, EDF) et suivi d'une évaluation.
Horaire encadré	18 h (18 CM + 0 TD + 0 TP)
Travail personnel	5 h
Enseignant	François Lauprêtre (Ingerop)

a.3. Energie nucléaire

Code	37EZ6ENN
Coef	2
Objectifs	Connaître le noyau atomique : constituants, interactions et forces à l'oeuvre, modèles physiques, stabilité du noyau. Désintégrations radioactives, réactions nucléaires : comment activer une réaction, comment libérer de l'énergie. Produire de l'énergie avec la fission et la fusion. Connaître les composants et mode de fonctionnement d'une installation électronucléaire. Interaction des rayonnements nucléaires avec la matière. Éléments de radioprotection.
Acquis	-Maîtriser les bases de la génération d'énergie par processus nucléaire -Connaître les différents types de réacteurs et leur fonctionnement -Connaître les effets des rayonnements nucléaires sur la matière
Description	-Rappel d'atomistique, modèles en couche du noyau et de la goutte liquide -La radioactivité: origine, raisons d'être des processus alpha, beta-, beta+, capture électronique, fission -Interactions rayonnements ionisants - matière -Bilans en énergie: fission et production d'énergie -Description d'une installation électronucléaire Cours dispensé pour la dernière fois cette année en 4A car déplacé en 3A cette même année.
Prérequis	Physique de la matière 1 (37EPZPF1)
Références bibliographiques	Manuel de radioactivité, Jacques Foos, ed. Hermann Physique moderne, Thornton & Rex, ed. de Boeck Physique, Hecht, ed. de Boeck
Evaluation	C
Horaire encadré	23.5 h (16.5 CM + 7 TD + 0 TP)
Travail personnel	8 h
Enseignant	Jonathan Lao

2. UE5 Sciences et techniques de l'information et de l'ingénierie 2 [4 ECTS | 2 Coef]

a. Traitement du signal et électrotechnique

Code	47EZ8PIM TTS
Coef	1
Éléments de cours	Traitement du signal TP Electrotechnique

Horaire encadré	42 h (14 CM + 6 TD + 22 TP)
Responsable	Benoît Boudour

a.1. Traitement du signal

Code	47EZ8TTS
Coef	1
Objectifs	Acquisition des bases et des problématiques du traitement du signal sur des signaux continus et échantillonnés.
Acquis	-Comprendre l'aspect et l'intérêt de l'analyse fréquentielle sur des signaux continus -Savoir appliquer les notions d'énergie et de puissance sur des signaux -Comprendre le passage du temporel au fréquentiel -Comprendre les spécificités de l'échantillonnage et les impacts sur les signaux étudiés -Sensibiliser aux conditions d'échantillonnage dans une optique de reconstruction et de filtrage du signal
Description	Décomposition en série de Fourier - Transformée de Fourier - Reconstruction de signaux avec des bases incomplètes - Concept d'énergie et de puissance sur des signaux - Ouverture au théorème de Plancherel et égalité de Parseval - Base de l'analyse spectrale et des problématiques de l'échantillonnage - Étude des cas de repliement de spectre et condition de Shannon
Prérequis	Mathématiques 1 (370N5MA1)
Références bibliographiques	- https://www.math.u-bordeaux.fr/~eprovenzi/include/Poly_TransFourier.pdf - https://www.math.u-bordeaux.fr/~smarques/cours/Physique/exosup/fourier.pdf - https://lipn.univ-paris13.fr/~poinsot/Cours/2014-2015/MOUT/Chapitre6_beamer.pdf
Evaluation	C
Horaire encadré	20 h (14 CM + 6 TD + 0 TP)
Travail personnel	5 h
Enseignant	Thomas FERAUD

a.2. TP Electrotechnique

Code	47EP8TRT
Coef	1
Objectifs	Mise en pratique des concepts fondamentaux en électrotechnique et en électronique de puissance.
Acquis	-Établir un bilan énergétique -Maîtriser un matériel spécifique pour la mesure en électrotechnique -Être capable de mettre en oeuvre un banc moteur avec une charge en fonctionnement nominal et d'effectuer un ensemble de mesures avec son exploitation -Critiquer les résultats obtenus par un simulateur
Description	-Transformateur monophasé -Moteur à courant continu -Moteur asynchrone -Simulation de redressement commandé et non commandé -Traitement du signal au travers d'un onduleur autonome
Evaluation	CC
Horaire encadré	22 h (0 CM + 0 TD + 22 TP)
Travail personnel	7 h
Enseignants	Benoît Boudour, Christophe Pasquier

b. Projet 4

Code	47ER8PRO
Coef	1
Éléments de cours	Projet 4 Sécurité et fiabilité des systèmes complexes
Horaire encadré	53 h (2 CM + 2 TD + 49 TP)
Responsables	Lionel Batier, Pascal Lafon

b.1. Projet 4

Coef	1
Objectifs	Mise en pratique de la démarche professionnelle. Essais et évaluation du prototype. Renforcements sur la méthodologie et les outils de conduite de projet. Retour sur conception.
Acquis	-Gérer la logistique des différentes tâches d'assemblage des composants -Savoir réaliser des interfaces mécanique/électrique -Définir et mettre en place les protocoles de validation
Description	-Assemblage des éléments -Test des sous-ensembles -Réalisation d'un protocole d'essais du prototype -Essais et rédaction du dossier technique du prototype
Evaluation	CC
Horaire encadré	49 h (0 CM + 0 TD + 49 TP)
Travail personnel	5 h
Responsables	Lionel Batier, Pascal Lafon
Enseignants	Lionel Batier, Benoît Boudour, Frédéric Joyard, Pascal Lafon

b.2. Sécurité et fiabilité des systèmes complexes

Coef	1
Objectifs	Appréhender les enjeux de la sécurité et fiabilité des systèmes complexes. Connaître les méthodes principales.
Acquis	Mettre en oeuvre une méthode de sûreté de fonctionnement dans le cadre d'un projet
Description	-Analyse de risque -Analyse des modes de défaillance -Arbres de défaillance -Fiabilité -Sécurité fonctionnelle
Prérequis	Méthodes de conception
Horaire encadré	4 h (2 CM + 2 TD + 0 TP)
Enseignant	Nicolas Godlewski

3. UE6 Sciences Homme et Société 2 [3 ECTS | 3 Coef]

a. E2C

Code	47EP8E2C
Coef	1
Objectifs	Ce cours vise à développer les compétences en communication écrite et orale des étudiants ingénieurs, en mettant l'accent sur la capacité à transmettre des idées complexes de manière claire, structurée et professionnelle.
Acquis	Rédiger un document synthétique (rapport) en suivant des consignes spécifiques Réaliser une présentation synthétique au moyen d'un support numérique (PowerPoint ou Canvas) Synthétiser un savoir complexe (travaux scientifiques) ou une activité professionnelle.
Description	Ce cours de communication s'adresse aux étudiants ingénieurs et se concentre sur le développement des compétences nécessaires pour communiquer efficacement dans un contexte professionnel ou scientifique. À travers des exercices pratiques, les étudiants apprennent à structurer leurs idées, à rédiger des rapports clairs et concis, et à concevoir des présentations visuelles impactantes. Une attention particulière est portée à la synthèse d'informations complexes, qu'il s'agisse de résultats de recherche scientifique ou d'expériences professionnelles.
Prérequis	E2C 3A 370N5EC1
Evaluation	CC
Horaire encadré	14 h (0 CM + 14 TD + 0 TP)
Travail personnel	4 h
Responsable	Romy Sauvayre
Enseignant	Myriam Doghmi

b. Risques et entreprises

Coef	1
Objectifs	Eveiller les élèves aux risques sur leur futurs lieux de stage/travail.
Acquis	-Connaitre les enjeux de la prévention au travail -Savoir détecter les risques -Savoir se comporter
Description	-Sondage -Echanges -Prise de conscience au travers d'histoires vraies -Travaux de réflexion en sous-groupe.
Prérequis	Initiation à la sécurité en projet
Références bibliographiques	INRS/OPPBTP/travailler.gouv.fr
Horaire encadré	3 h (3 CM + 0 TD + 0 TP)
Enseignant	Agnès Molherat (Actium)

c. Langues vivantes

Code	47AP8LVX
Coef	1
Eléments de cours	Anglais choix unique Anglais LV1 et LV2 au choix
Horaire encadré	26 h (0 CM + 26 TD + 0 TP)

c.1. Anglais choix unique

Code	47AP8LVU
Coef	1
Objectifs	Maîtriser l'anglais en situation de vie courante, niveau B2/C1 (ALTE).
Acquis	-Être capable de suivre et comprendre un exposé scientifique et des conversations et situations de la vie courante -Être capable de s'exprimer avec aisance dans la vie courante et dans un contexte professionnel (stage) -Être capable de comprendre un texte de presse et de spécialité -Être capable de s'exprimer à l'écrit convenablement (e-mail, lettres, articles)
Description	Remédiation TOEIC si nécessaire Travail sur textes/vidéos/enregistrements audio dans le domaine de spécialisation Revue de presse/exposés Débats et discussions
Références bibliographiques	Documents vidéo/texte/audio authentiques Ouvrages spécifiques TOEIC
Evaluation	C
Horaire encadré	26 h (0 CM + 26 TD + 0 TP)
Responsable	Bertrand Maillet
Enseignants	Michelle Didier, Bertrand Maillet

c.1. Anglais LV1 et LV2 au choix

Code	47AP8AUT
Coef	1
Eléments de cours	Seconde langue
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)

c.1.1. Seconde langue

Code	47AP8LV2
Coef	1
Eléments de cours	Allemand Espagnol Autre langue LV2
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)
Responsable	Romy Sauvayre

c.1.1.1. Allemand

Code	47AP8ALL
------	----------

Coef	1
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)

c.1.1.2. Espagnol

Code	47AP8ESP
Coef	1
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)

c.1.1.3. Autre langue LV2

Code	47AP8ALV
Coef	1
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)

4. UE7 Stage [17 ECTS | 17 Coef]

a. Stage de 4ème année

Code	1
Coef	17
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)

5. UE8 Engagement personnel et citoyen [1 ECTS | 0 Coef]

a. Engagement personnel et citoyen

Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)
-----------------	--------------------------

III. Deuxième année parcours ingénierie des matériaux

A. Semestre 7 [30 ECTS | 29 Coef]

1. UE1 Sciences fondamentales 1 [12 ECTS | 12 Coef]

a. Méthodes numériques

Code	47EU7MEN
Coef	3
Objectifs	Mise en oeuvre de la simulation numérique des phénomènes de transport (MDF, MVF, MEF). Définition des possibilités, des limites et des contraintes d'une telle approche. Connaître les principes généraux sur les capteurs, les différents montages et leurs limites, ainsi que les problèmes que posent les mesures à distance.
Acquis	-Connaître les concepts fondamentaux pour effectuer des simulations numériques valides : précision (mathématique et numérique), stabilité, validation des résultats -Appréhender les phénomènes de transport par voie numérique : nonlinéarité, instationnarité, multi-dimensionnalité, multi-échelles -Connaître les 2 principales techniques utilisées dans le monde industriel pour les phénomènes de transport : la méthode des volumes finis et la méthode des éléments finis
Description	-Introduction à la modélisation et la simulation numérique -Méthodes de discrétisation et limites -Méthode des différences finies (MDF) -Méthode des résidus pondérés et formulation faible -Méthodes des volumes finis (MVF): configurations 1D, 2D, 3D, advection/diffusion -Méthodes d'éléments finis (MEF): approximation, équation de Poisson, énergie
Prérequis	Mathématiques 1 (37ON5MA1) Mathématiques 2 (37ON6MA2) Mécanique des fluides (37EP5MF)

Références bibliographiques	Une présentation de la Méthode des Eléments finis, Dhatt ,Touzot , Maloine, 1981 Computational Methods for Fluid Dynamics, Ferziger , Peric , Springer, 1999 Numerical Heat Transfer & Fluid Flow, Patankar SV, Mac Graw Hill, 1980 La Méthode des Eléments Finis, Zienkiewicz OC, Mac Graw Hill Finite Elements and Approximations, Zienkiewicz OC, Morgan K, John Wiley & Sons, 1983
Evaluation	C
Horaire encadré	36 h (13.5 CM + 10.5 TD + 12 TP)
Travail personnel	10 h
Responsable	Jean-Pierre Fontaine

b. Matière et rayonnements

Code	47EP7MR1
Coef	5
Objectifs	Atteindre un niveau de compétence en analyse des matériaux, notamment à l'aide de rayonnements. Savoir faire la relation entre les résultats des méthodes physiques et l'état ou l'élaboration des matériaux.
Eléments de cours	Diffraction de rayons X, microscopie électronique Métallurgie Physique du solide
Prérequis	Physique de la matière 1 (37EP5PF1) Physique des champs (37EP6PA2)
Horaire encadré	65.75 h (39 CM + 12.25 TD + 14.5 TP)
Responsable	Joël Leymarie

b.1. Diffraction de rayons X, microscopie électronique

Code	47EP7DRX
Coef	4
Objectifs	Présentation des fondements de la diffraction des rayons X dans les cristaux et prise en compte de l'effet de réduction des dimensions sur les clichés de diffraction. Introduction au fonctionnement du microscope électronique à balayage.
Acquis	Maîtriser la compréhension et l'analyse du phénomène de diffraction des rayons X dans les cristaux Connaître le principe de fonctionnement d'un microscope électronique à balayage
Description	-Production et détection des rayons X -Diffraction des rayons X dans les cristaux -Relâchement des conditions de diffraction -Microscopie électronique à balayage : principe de fonctionnement et applications, spectrométrie en énergie des rayons X
Prérequis	Mathématiques S5 (37ON5MAM)
Références bibliographiques	Initiation à la Physique du solide , J. Cazaux, Editions Masson Analyse structurale et chimique des matériaux, J.-P. Eberhart, Editions Dunod Cristallographie géométrique et radio-cristallographie J.J. Rousseau, A. Gibaud Editions Dunod
Evaluation	CC
Horaire encadré	23.75 h (12 CM + 5.25 TD + 6.5 TP)
Travail personnel	8 h
Enseignants	Jonathan Lao, Joël Leymarie

b.2. Métallurgie

Code	47EP7MET
Coef	3
Objectifs	Connaissance des alliages fer-carbone (fontes/aciers) et maîtrise des traitements thermiques des aciers permettant de concevoir un matériau ayant des propriétés structurales et mécaniques définies. Connaissance et mise en oeuvre des diagrammes hors équilibres pour les traitements thermiques pour les aciers. Acquisition des notions de solidification pour les pièces moulées ou soudées.
Acquis	-Maîtriser les traitements thermiques et mécaniques des aciers en vue de contrôler leurs propriétés mécaniques

	-Maîtriser les techniques de préparation et d'observations métallographiques en vue d'interpréter les microstructures -Connaître les fontes et les aciers et leurs propriétés en fonction des éléments d'addition, de leur vitesse de solidification et des traitements thermiques
Description	-Etude de diagrammes de phases et microstructures des alliages Fe-C -Rôle des éléments d'addition -Diagrammes hors équilibre (TTT et TRC) Traitements thermiques : trempes, recuits, revenus -Solidification des pièces moulées ou soudées -Observations de pièces cémentées et de pièces revêtues (en TP) -Observations de pièces en aciers refroidis lentement et en aciers trempés (en TP)
Prérequis	Métallurgie S6 (37EP6MET)
Références bibliographiques	Précis de métallurgie, Gérard Maeder et Jean Barralis, Edition AFNOR , ISBN Nathan : 978-2-09-501448-3 Aide-mémoire Métallurgie -4e édition, Métaux et alliages comportements mécaniques, traitements thermiques, Guy Murry, Robert Lévêque, Dunod, EAN 9782100847877
Evaluation	CC
Horaire encadré	18.75 h (9 CM + 1.75 TD + 8 TP)
Travail personnel	15 h
Enseignant	Hélène de Baynast

b.3. Physique du solide

Code	47EP7PSO
Coef	4
Objectifs	Développement d'approches microscopiques afin de décrire les propriétés macroscopiques de la matière: chaleur spécifique des solides, polarisabilité statique des diélectriques et propriétés magnétiques des milieux aimantés.
Acquis	Analyser les propriétés thermiques, diélectriques et magnétiques des solides à partir de la connaissance de leurs propriétés microscopiques
Description	-Chaleur spécifique des solides -Propriétés microscopiques des milieux diélectriques: polarisabilité, polarisation spontanée, piezoélectricité -Propriétés microscopiques des milieux magnétiques: dia- et para- magnétisme; ferro-,anti-ferro- et ferri-magnétisme
Prérequis	Physique quantique S5 (37EP5PQ) Physique statistique S6 (37EP6PST)
Références bibliographiques	Physique du solide, M. Brousseau, Masson Initiation à la Physique du solide, J. Cazaux, Masson Introduction à la physique du solide, C. Kittel, Dunod
Evaluation	C
Horaire encadré	23.25 h (18 CM + 5.25 TD + 0 TP)
Travail personnel	8 h
Enseignant	Joël Leymarie

c. Physico-chimie

Code	47EP7PCH
Coef	4
Objectifs	Dresser un panorama des phénomènes d'interface gaz-solide et liquide-solide.
Eléments de cours	Polymères Physico-chimie interfaces TP physico-chimie
Horaire encadré	81.25 h (30.25 CM + 15 TD + 36 TP)
Responsable	Fabrice Audonnet

c.1. Polymères

Objectifs	Donner une vue générale des propriétés physico-chimiques des matériaux polymères et de leurs applications.
Acquis	Connaître la problématique des matériaux polymères : structure, propriétés, mise en oeuvre
Description	-Historique et économie des matières plastiques.

	-Les domaines d'utilisation et les propriétés générales. -Structures, typologie, transitions. -Forces intermoléculaires et propriétés physiques. -Rhéologie et propriétés mécaniques. -Les principaux matériaux polymères et leurs applications. Cours à dispenser à partir de 2025-2026 en 4A (en 3A avant 2024)
Références bibliographiques	Matières Plastiques, BOSTN J, Tech & Doc, 1982 Polymères, OUDET C, Masson, 1994 Properties of polymers, Van KREVELEN DW, Elsevier, 1972
Evaluation	C
Horaire encadré	10 h (10 CM + 0 TD + 0 TP)
Enseignant	(Michelin) à définir

c.2. Physico-chimie interfaces

Code	47EP7PCC
Coef	2
Objectifs	Le contenu est divisé en quatre chapitres illustrés par des TD et en lien avec les travaux pratiques associés.
Acquis	-Caractériser les surfaces et les solides divisés, analyser la texture des solides par la méthode de l'adsorption à l'azote : isothermes expérimentales et modélisation de la physisorption; application à la chromatographie -Connaître les critères de mouillage, d'adhésion, d'ascension capillaire -Connaître les phénomènes électrochimiques en solution à l'équilibre et hors équilibre
Description	-Introduction à la science des surfaces -Interfaces gaz-solide: phénomène d'adsorption -Interfaces liquide-solide et gaz-liquide-solide: mouillabilité, énergie de surface, adsorption -Interfaces liquide-solide: électrochimie (équilibres et cinétique)
Prérequis	Physicochimie S6 (37EP6PHC)
Evaluation	C
Horaire encadré	35.25 h (20.25 CM + 15 TD + 0 TP)
Travail personnel	10 h
Enseignant	Christophe Vial

c.3. TP physico-chimie

Code	47EP7PCT
Coef	3
Objectifs	Initiation aux techniques de caractérisation industrielles et de recherche de divers matériaux (métaux, verres, polymères, matériaux semi-conducteurs, matériaux poreux, etc...).
Acquis	-Maîtriser les principales techniques de caractérisation des matériaux -Mesurer les propriétés physico-chimiques des métaux, polymères et poudres -Pratiquer les principales techniques de préparation des échantillons
Description	Etude des interfaces, composition chimique, propriétés thermiques, propriétés mécaniques, rhéologiques et morphologiques
Prérequis	Physico-chimie S6 (37EP6PHC)
Evaluation	CC
Horaire encadré	36 h (0 CM + 0 TD + 36 TP)
Travail personnel	6 h
Enseignants	Fabrice Audonnet, Yamina André, Jonathan Lao

2. UE2 Sciences et techniques de l'information et de l'ingénierie 1 [10 ECTS | 2 Coef]

a. Projet 3

Code	47EP7PRO
Coef	1
Objectifs	Mise en pratique de la démarche professionnelle. Partie réalisation.

	Appréhender le déroulement et la conduite d'un projet. Suivre la réalisation d'un projet, de l'analyse du besoin au prototype. Renforcements sur la méthodologie et les outils de conduite de projet.
Acquis	-Utiliser des moyens de fabrication mécaniques et électriques -Fabriquer des pièces et ensembles mécaniques et électriques
Description	-Préparation à la fabrication, Bureau des méthodes -Détermination des besoins de matériel et interaction avec les fournisseurs et suivi des commandes, -Fabrication des sous-ensembles mécaniques (usinage, soudage) -Fabrication des sous-ensembles électrique (conception de circuit, fabrication et test)
Prérequis	Projet S5 (37EP5PR1) Projet S6 (37EP6PR2)
Références bibliographiques	Techniques de l'ingénieur ; revues scientifiques spécialisées IEEE ... ; Ouvrages universitaires technologiques photocopiés spécifiques internes
Evaluation	CC
Horaire encadré	88.5 h (0 CM + 0 TD + 88.5 TP)
Travail personnel	9 h
Responsables	Lionel Batier, Pascal Lafon
Enseignants	Lionel Batier, Benoît Boudour, Frédéric Joyard, Pascal Lafon

b. Electrotechnique et automatique

Code	47EP7EEA
Coef	1
Objectifs	Connaissances de base en automatique, électronique et électrotechnique qui permettront au futur ingénieur physicien de discuter et faire travailler des spécialistes de ces disciplines.
Eléments de cours	Electrotechnique Automatique
Prérequis	Physique appliquée 2 (37EP6PA2)
Horaire encadré	64.75 h (31.5 CM + 17.25 TD + 16 TP)
Responsable	Benoît Boudour

b.1. Electrotechnique

Code	47EP7TRC
Coef	3
Objectifs	Mise en pratique des concepts fondamentaux en électrotechnique et en électronique de puissance.
Acquis	-Connaître les différents modules actionneurs correspondant au transport de l'énergie électrique, et à sa transformation -Réaliser le bilan énergétique correspondant à l'association de machines électriques avec leur convertisseur et la charge associée et être capable de dimensionner un dispositif électrique associé à une charge
Description	-Magnétisme, Transformateurs -Systèmes triphasés -Machine à courant continu (moteur, génératrice), Moteur asynchrone, Machine synchrone (moteur et alternateur) -Introduction à l'électronique de puissance: composants spécifiques Thyristor IGBT MosF et redresseur commandé, hacheur, onduleur.
Prérequis	Connaissance des lois de l'électricité généralisé, connaissance de base du magnétisme et de la force de Laplace et de l'induction
Références bibliographiques	L'essentiel d'électrotechnique: sciences appliquées Electrotechnique wildy sybil 4eme édition
Evaluation	C
Horaire encadré	24.75 h (19.5 CM + 5.25 TD + 0 TP)
Travail personnel	10 h
Enseignant	Benoît Boudour

b.2. Automatique

Code	47EP7AUC
Coef	5

Objectifs	Savoir modéliser des systèmes physiques élémentaires et être capable de concevoir et réaliser des asservissements continus (cours). Etude des asservissements linéaires élémentaires sur des cas pratiques (TP).
Acquis	-Connaître les outils d'analyses des performances des systèmes continus (cours) -Mettre en oeuvre des techniques continues ou numériques de correction (cours) -Savoir, concevoir et réaliser des asservissements continus et échantillonnés sur des systèmes élémentaires(TP)
Description	COURS -Introduction Systèmes bouclés Notions de boucle -Notions de zéros et de pôles -Représentation fréquentielle dans les plans de Black ET Bode -Stabilité et Précision -Régulation et asservissement Poursuite et régulation -Principales actions de correcteurs continus (P, PI, PD, PID), correcteur échantillonné (méthode polynomiale) -Exemples appliqués aux systèmes continus -Introduction à la représentation d'états TP -Eléments de base des systèmes asservis -Systèmes asservis en boucle fermée -Asservissement de vitesse avec PID analogique -Asservissement de système non linéaire
Prérequis	Mathématiques de premier cycle (algèbre linéaire notamment) et Transformée de Laplace
Evaluation	CC
Horaire encadré	40 h (12 CM + 12 TD + 16 TP)
Travail personnel	10 h
Responsable	Romuald Aufrère

3. UE3 Sciences Homme et Société 1 [8 ECTS | 15 Coef]

a. Anglais choix unique

Code	47EP7LVU
Coef	4
Objectifs	Maîtriser l'anglais en situation de vie courante, niveau B2/C1 (ALTE).
Acquis	-Être capable de suivre et comprendre un exposé scientifique et des conversations et situations de la vie courante. -Être capable de s'exprimer avec aisance dans la vie courante et dans un contexte professionnel (stage). -Être capable de comprendre un texte de presse et de spécialité. -Être capable de s'exprimer à l'écrit convenablement (e-mail, lettres, articles)
Description	-Remédiation TOEIC si nécessaire -Travail sur textes/vidéos/enregistrements audio dans le domaine de spécialisation -Revues de presse/exposés -Débats et discussions
Références bibliographiques	Documents vidéo/texte/audio authentiques Ouvrages spécifiques TOEIC
Evaluation	CE
Horaire encadré	26 h (0 CM + 26 TD + 0 TP)
Responsable	Bertrand Maillet
Enseignants	Michelle Didier, Bertrand Maillet

b. Gestion

Code	47EP7GES
Coef	4
Objectifs	Initiation à l'analyse financière visant à donner des outils pour anticiper l'impact financier des décisions techniques, organisationnelles, marketing et commerciales qui relèvent du métier d'ingénieur. Deux types d'impacts sont explicitement distingués: impacts sur l'espérance de rentabilité et impacts sur la prise de risque.

Acquis	Identifier les conséquences financières des décisions d'investissement, des stratégies commerciales et des choix techniques et organisationnels sur la situation financière de l'entreprise : -connaître les objectifs de la comptabilité -connaître les concepts de base de la comptabilité -savoir lire un compte de résultat -savoir analyser un compte de résultat -savoir lire un bilan -savoir analyser un bilan -exploiter les documents comptables pour faire des calculs simples permettant de d'évaluer la situation de l'entreprise en termes de performances/risques d'exploitation, de rentabilité des capitaux et de prise de risque financier -établir un lien clair entre d'une part décisions techniques, organisationnelles, marketing et commerciales et d'autre part espérance de rentabilité et la prise de risque -faire des recommandations à une entreprises pour améliorer son ratio rentabilité / risque
Description	Les cours magistraux permettent de poser les bases de l'analyse financière et d'expliquer sa place dans les sciences de gestion. Les TD visent à découvrir les notions fondamentales de cette discipline à travers une application numérique réalisée sur les données d'entreprises dont les comptes sont disponibles en ligne. CM : - Qu'est-ce que la gestion ? - Business model, proposition de valeur et stratégie d'entreprise - Concepts fondamentaux de comptabilité : tableau emploi / ressources, débits / crédits, bilan et compte de résultat, plan comptable, exercice comptable, inventaire. TD : 1. Comment conduire une analyse financière ? 2. Le bilan : actif et passifs 3. Le compte de résultat : produits et charges 4. Les soldes intermédiaires de gestion et l'effet ciseaux 5. Calcul du seuil de rentabilité et analyse de la prise de risque opérationnel 6. Besoin en fonds de roulement et notions apparentées : FDR, BFR et trésorerie 7. Capacité de remboursement, liquidité et solvabilité 8. Analyse de la rentabilité des entreprises, effet de levier de l'endettement 9. Synthétiser les indicateurs et suggérer un plan d'action 10. Soutenance : Simulation d'une assemblée générale lors de laquelle les étudiants présentent leur analyse de la situation financière et les mesures prioritaires qu'ils envisagent de mettre en oeuvre au cours du prochain exercice.
Références bibliographiques	Quiry, Pascal, Yann Le Fur, et Pierre Vernimmen. Finance d'entreprise 2025. 23e éd. Paris-La Défense: Dalloz, 2024.
Evaluation	CC
Horaire encadré	26 h (6 CM + 20 TD + 0 TP)
Travail personnel	10 h
Enseignant	Alexandre Cabagnols

c. Droit

Code	47EP7DRT
Coef	2
Objectifs	Initiation au droit de la propriété intellectuelle et sensibilisation aux enjeux du sujet pour l'entreprise.
Acquis	-Comprendre la structuration du droit de la propriété intellectuelle au niveau national et international -Savoir lire et évaluer des brevets sous l'angle juridique -Savoir rédiger un brevet Savoir déposer un brevet -Savoir défendre un brevet -Comprendre les droits attachés aux logiciels
Evaluation	C
Horaire encadré	14 h (14 CM + 0 TD + 0 TP)
Travail personnel	4 h

Enseignant	Julie Masdeu
------------	--------------

d. Management & Sciences Humaines

Code	47EW7PSY
Coef	5
Objectifs	Initiation à la sociologie, à la psychologie et au management. L'objectif principal est d'amener l'étudiant à identifier et à comprendre les mécanismes qui influencent l'Homme afin de faciliter son insertion future dans le monde du travail, de développer des stratégies intégrant cette compréhension de l'humain, développer ses capacités à manager des équipes ou des projets tout en préservant la qualité de vie au travail (QVT).
Acquis	-Manager des collaborateurs (management d'équipe) et des groupes d'individus (management transversal) -Acquérir les outils psychologiques et sociologiques facilitant la prise de décision, la négociation et l'adaptation de l'ingénieur au monde du travail -Gérer sa communication verbale, non verbale et sa posture d'écoute -Animer des réunions -Gérer le conflit -Savoir écouter -Être force de proposition
Description	-Introduction : présentation du plan, de l'évaluation et du site du cours en ligne -Initiation à la psychologie .Définition et histoire de la sociologie Normes sociales, déviance et socialisation .Stratification sociale et déterminismes sociaux .Les implicites dans la communication (mise en situation) .Initiation à la psychologie .Définition et histoire de la psychologie Le conformisme .La soumission à l'autorité -Engagement et la soumission librement consentie Stéréotypes .Les représentations sociales, stéréotypes et discriminations .Dynamique de groupe et leadership (mise en situation) -Initiation au management .Les fonctions du manager .Le management situationnel .Les attentes du collaborateur -L'entretien professionnel : écoute active, gestion de la posture, questionner, recruter -Argumentation et négociation -Exercices pratiques de management d'équipe, d'écoute active, d'argumentation, de négociation, de prise de parole en public, de gestion de conflit, de recrutement (en tant que candidat et de recruteur), de conduite de réunion (réunion de prise de décision, de résolution de problème, de négociation avec les instances représentatives du personnel)
Références bibliographiques	Support d'exercices mis en ligne (ENT) Liste de questions de recruteurs, lettre de motivation, exemples de CV, mode d'emploi pour constituer son profil LinkedIn, pour rédiger son CV Vidéos (diffusées en cours et mises en ligne) Questions interactives collectées au moyen de boîtiers interactifs de vote
Horaire encadré	36 h (7 CM + 29 TD + 0 TP)
Travail personnel	10 h
Enseignants	Romy Sauvayre, Alexandre Perrot

B. Semestre 8 [30 ECTS | 29 Coef]

1. UE4 Sciences fondamentales 2 [5 ECTS | 5 Coef]

a. Matière et analyse

Code	47EP8MR2
Coef	1
Objectifs	Comprendre le cœur de la matière jusqu'à l'échelle du femtomètre et en deçà.

	Savoir analyser des matériaux divers en connaissant les principes des méthodes employées. Comprendre l'interaction rayonnement-matière.
Eléments de cours	Spectroscopie Spectrométrie de masse à haute résolution Energie nucléaire
Horaire encadré	50 h (36 CM + 14 TD + 0 TP)
Responsable	Yamina André

a.1. Spectroscopie

Code	47EP8SPE
Coef	1
Objectifs	Comprendre les principes physiques de méthodes spectroscopiques couramment utilisées. Connaissance des appareillages. Applications et interprétations de résultats.
Acquis	-Connaître les méthodes d'analyse spectroscopique -Choisir la spectroscopie en fonction du matériau -Préparation des échantillons selon la nature du matériau
Description	-Spectroscopie et approche quantique : introduction aux méthodes d'approximation (perturbations et méthodes variationnelles) -Spectroscopie de vibration infrarouge -Spectres Raman -Spectroscopies électroniques -Spectroscopie de Fluorescence X -Symétrie Physique et Spectroscopie
Prérequis	Mécanique quantique S5 (37EP5PQ) Physique statistique S6 (37EP6PST) cours physique du solide S6 et S7 (37EP6PF2) (47EP7PSO) physicochimie 3A et 4A (37EP6PHC) (47EP7PCH)
Références bibliographiques	Spectroscopie éditions Dunod (licence 3ème année, masters, écoles d'ingénieurs)
Evaluation	C
Horaire encadré	21 h (16.5 CM + 4.5 TD + 0 TP)
Travail personnel	5 h
Enseignant	Yamina André

a.2. Spectrométrie de masse à haute résolution

Coef	1
Objectifs	Comprendre les principes physiques des méthodes de spectrométrie de masse. Découverte non exhaustive des appareillages. Applications et interprétations de résultats. Être capable de choisir la bonne technique d'analyse selon les besoins.
Acquis	-Connaître les méthodes d'analyse par spectrométrie de masse -Choisir la méthode en fonction du type d'analyses et de la nature du matériau
Description	Spectrométrie de masse : Théorie de base et overview des méthodes utilisées couramment dans l'industrie et la recherche -analyse élémentaire -analyse isotopique -principe de la datation par radiochronomètres
Prérequis	Physicochimie 3A et 4A (37EP6PHC) (47EP7PCH) Cours de spectroscopie associé
Références bibliographiques	Techniques de l'ingénieur
Evaluation	CC
Horaire encadré	5.5 h (3 CM + 2.5 TD + 0 TP)
Travail personnel	1 h
Enseignant	Delphine Auclair

a.3. Energie nucléaire

Code	37EZ6ENN
------	----------

Coef	2
Objectifs	Connaître le noyau atomique : constituants, interactions et forces à l'oeuvre, modèles physiques, stabilité du noyau. Désintégrations radioactives, réactions nucléaires : comment activer une réaction, comment libérer de l'énergie. Produire de l'énergie avec la fission et la fusion. Connaître les composants et mode de fonctionnement d'une installation électronucléaire. Interaction des rayonnements nucléaires avec la matière. Éléments de radioprotection.
Acquis	-Maîtriser les bases de la génération d'énergie par processus nucléaire -Connaître les différents types de réacteurs et leur fonctionnement -Connaître les effets des rayonnements nucléaires sur la matière
Description	-Rappel d'atomistique, modèles en couche du noyau et de la goutte liquide -La radioactivité: origine, raisons d'être des processus alpha, beta-, beta+, capture électronique, fission -Interactions rayonnements ionisants - matière -Bilans en énergie: fission et production d'énergie -Description d'une installation électronucléaire Cours dispensé pour la dernière fois cette année en 4A car déplacé en 3A cette même année.
Prérequis	Physique de la matière 1 (37EPZPF1)
Références bibliographiques	Manuel de radioactivité, Jacques Foos, ed. Hermann Physique moderne, Thornton & Rex, ed. de Boeck Physique, Hecht, ed. de Boeck
Evaluation	C
Horaire encadré	23.5 h (16.5 CM + 7 TD + 0 TP)
Travail personnel	8 h
Enseignant	Jonathan Lao

2. UE5 Sciences et techniques de l'information et de l'ingénierie 2 [4 ECTS | 4 Coef]

a. Traitement du signal et électrotechnique

Code	47EZ8PIM TTS
Coef	1
Éléments de cours	logique Traitement du signal TP Electrotechnique
Horaire encadré	54 h (22 CM + 10 TD + 22 TP)
Responsable	Benoît Boudour

a.1. logique

Coef	1
Objectifs	Introduire les bases de la logique numérique. Comprendre les systèmes de numération et le codage des nombres. Concevoir et analyser des circuits logiques combinatoires et séquentiels. Appréhender l'architecture générale d'une machine programmable.
Acquis	-Maîtriser les principaux systèmes de numération -Être capable de simplifier des fonctions logiques et de les réaliser sous forme de circuits combinatoires -Comprendre et mettre en oeuvre des bascules, registres et compteurs -Avoir une vision globale de l'architecture d'une machine séquentielle programmable
Description	-Généralités - Introduction à la logique numérique et ses applications -Représentation des nombres: systèmes de numération et codage des nombres -Logique combinatoire: variables et fonctions logiques, tables de vérité, -Opérateurs logiques et théorèmes de simplification: circuits combinatoires (portes, multiplexeurs, décodeurs, adders, ALU?) - Logique séquentielle: bascules (RS, JK, D, T), registres et compteurs, architecture d'une machine programmable (principe général)

Références bibliographiques	-Cours de logique L2-EEA-EUPI-UCA par François BERRY -Strandh et al. (2005) « Architecture de l'ordinateur », Dunod -Mercier et al. « Bit après bit : Numérisation, Arithmétique Binaire, Logique Combinatoire ». Ellipses
Evaluation	C
Horaire encadré	12 h (8 CM + 4 TD + 0 TP)
Enseignant	Kamel Abdelouahab

a.2. Traitement du signal

Code	47EZ8TTS
Coef	1
Objectifs	Acquisition des bases et des problématiques du traitement du signal sur des signaux continus et échantillonnés.
Acquis	-Comprendre l'aspect et l'intérêt de l'analyse fréquentielle sur des signaux continus -Savoir appliquer les notions d'énergie et de puissance sur des signaux -Comprendre le passage du temporel au fréquentiel -Comprendre les spécificités de l'échantillonnage et les impacts sur les signaux étudiés -Sensibiliser aux conditions d'échantillonnage dans une optique de reconstruction et de filtrage du signal
Description	Décomposition en série de Fourier - Transformée de Fourier - Reconstruction de signaux avec des bases incomplètes - Concept d'énergie et de puissance sur des signaux - Ouverture au théorème de Plancherel et égalité de Parseval - Base de l'analyse spectrale et des problématiques de l'échantillonnage - Étude des cas de repliement de spectre et condition de Shannon
Prérequis	Mathématiques 1 (37ON5MA1)
Références bibliographiques	- https://www.math.u-bordeaux.fr/~eprovenzi/include/Poly_TransFourier.pdf - https://www.math.u-bordeaux.fr/~smarques/cours/Physique/exosup/fourier.pdf - https://lipn.univ-paris13.fr/~poinsot/Cours/2014-2015/MOUT/Chapitre6_beamer.pdf
Evaluation	C
Horaire encadré	20 h (14 CM + 6 TD + 0 TP)
Travail personnel	5 h
Enseignant	Thomas FERAUD

a.3. TP Electrotechnique

Code	47EP8TRT
Coef	1
Objectifs	Mise en pratique des concepts fondamentaux en électrotechnique et en électronique de puissance.
Acquis	-Établir un bilan énergétique -Maîtriser un matériel spécifique pour la mesure en électrotechnique -Être capable de mettre en oeuvre un banc moteur avec une charge en fonctionnement nominal et d'effectuer un ensemble de mesures avec son exploitation -Critiquer les résultats obtenus par un simulateur
Description	-Transformateur monophasé -Moteur à courant continu -Moteur asynchrone -Simulation de redressement commandé et non commandé -Traitement du signal au travers d'un onduleur autonome
Evaluation	CC
Horaire encadré	22 h (0 CM + 0 TD + 22 TP)
Travail personnel	7 h
Enseignants	Benoît Boudour, Christophe Pasquier

b. Projet 4

Code	47ER8PRO
Coef	1

Eléments de cours	Projet 4 Sécurité et fiabilité des systèmes complexes
Horaire encadré	53 h (2 CM + 2 TD + 49 TP)
Responsables	Lionel Batier, Pascal Lafon

b.1. Projet 4

Coef	1
Objectifs	Mise en pratique de la démarche professionnelle. Essais et évaluation du prototype. Renforcements sur la méthodologie et les outils de conduite de projet. Retour sur conception.
Acquis	-Gérer la logistique des différentes tâches d'assemblage des composants -Savoir réaliser des interfaces mécanique/électrique -Définir et mettre en place les protocoles de validation
Description	-Assemblage des éléments -Test des sous-ensembles -Réalisation d'un protocole d'essais du prototype -Essais et rédaction du dossier technique du prototype
Evaluation	CC
Horaire encadré	49 h (0 CM + 0 TD + 49 TP)
Travail personnel	5 h
Responsables	Lionel Batier, Pascal Lafon
Enseignants	Lionel Batier, Benoît Boudour, Frédéric Joyard, Pascal Lafon

b.2. Sécurité et fiabilité des systèmes complexes

Coef	1
Objectifs	Appréhender les enjeux de la sécurité et fiabilité des systèmes complexes. Connaître les méthodes principales.
Acquis	Mettre en oeuvre une méthode de sûreté de fonctionnement dans le cadre d'un projet
Description	-Analyse de risque -Analyse des modes de défaillance -Arbres de défaillance -Fiabilité -Sécurité fonctionnelle
Prérequis	Méthodes de conception
Horaire encadré	4 h (2 CM + 2 TD + 0 TP)
Enseignant	Nicolas Godlewski

3. UE6 Sciences Homme et Société 2 [3 ECTS | 3 Coef]

a. E2C

Code	47EP8E2C
Coef	1
Objectifs	Ce cours vise à développer les compétences en communication écrite et orale des étudiants ingénieurs, en mettant l'accent sur la capacité à transmettre des idées complexes de manière claire, structurée et professionnelle.
Acquis	Rédiger un document synthétique (rapport) en suivant des consignes spécifiques Réaliser une présentation synthétique au moyen d'un support numérique (PowerPoint ou Canvas) Synthétiser un savoir complexe (travaux scientifiques) ou une activité professionnelle.
Description	Ce cours de communication s'adresse aux étudiants ingénieurs et se concentre sur le développement des compétences nécessaires pour communiquer efficacement dans un contexte professionnel ou scientifique. À travers des exercices pratiques, les étudiants apprennent à structurer leurs idées, à rédiger des rapports clairs et concis, et à concevoir des présentations visuelles impactantes. Une attention particulière est portée à la synthèse d'informations complexes, qu'il s'agisse de résultats de recherche scientifique ou d'expériences professionnelles.

Prérequis	E2C 3A 370N5EC1
Evaluation	CC
Horaire encadré	14 h (0 CM + 14 TD + 0 TP)
Travail personnel	4 h
Responsable	Romy Sauvayre
Enseignant	Myriam Doghmi

b. Risques et entreprises

Coef	1
Objectifs	Eveiller les élèves aux risques sur leur futurs lieux de stage/travail.
Acquis	-Connaitre les enjeux de la prévention au travail -Savoir détecter les risques -Savoir se comporter
Description	-Sondage -Echanges -Prise de conscience au travers d'histoires vraies -Travaux de réflexion en sous-groupe.
Prérequis	Initiation à la sécurité en projet
Références bibliographiques	INRS/OPPBTP/travailler.gouv.fr
Horaire encadré	3 h (3 CM + 0 TD + 0 TP)
Enseignant	Agnès Molherat (Actium)

c. Langues vivantes

Code	47AP8LVX
Coef	1
Eléments de cours	Anglais choix unique Anglais LV1 et LV2 au choix
Horaire encadré	26 h (0 CM + 26 TD + 0 TP)

c.1. Anglais choix unique

Code	47AP8LVU
Coef	1
Objectifs	Maîtriser l'anglais en situation de vie courante, niveau B2/C1 (ALTE).
Acquis	-Être capable de suivre et comprendre un exposé scientifique et des conversations et situations de la vie courante -Être capable de s'exprimer avec aisance dans la vie courante et dans un contexte professionnel (stage) -Être capable de comprendre un texte de presse et de spécialité -Être capable de s'exprimer à l'écrit convenablement (e-mail, lettres, articles)
Description	Remédiation TOEIC si nécessaire Travail sur textes/vidéos/enregistrements audio dans le domaine de spécialisation Revue de presse/exposés Débats et discussions
Références bibliographiques	Documents vidéo/texte/audio authentiques Ouvrages spécifiques TOEIC
Evaluation	C
Horaire encadré	26 h (0 CM + 26 TD + 0 TP)
Responsable	Bertrand Maillet
Enseignants	Michelle Didier, Bertrand Maillet

c.1.1. Anglais LV1 et LV2 au choix

Code	47AP8AUT
Coef	1
Eléments de cours	Seconde langue
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)

c.1.1.1. Seconde langue

Code	47AP8LV2
Coef	1

Eléments de cours	Allemand Espagnol Autre langue LV2
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)
Responsable	Romy Sauvayre

c.1.1.1.1. Allemand

Code	47AP8ALL
Coef	1
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)

c.1.1.1.2. Espagnol

Code	47AP8ESP
Coef	1
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)

c.1.1.1.3. Autre langue LV2

Code	47AP8ALV
Coef	1
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)

4. UE7 Stage [17 ECTS | 17 Coef]

a. Stage de 4ème année

Code	1
Coef	17
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)

5. UE8 Engagement personnel et citoyen [1 ECTS | 0 Coef]

a. Engagement personnel et citoyen

Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)
-----------------	--------------------------

IV. Troisième année

A. Semestre 9 [30 ECTS | 27 Coef]

1. UE1 Poly'Compétences [6 ECTS | 6 Coef]

a. Polytech'Imagerie numérique

Code	570N9INU
Coef	1
Objectifs	Introduire les concepts et techniques élémentaires permettant de comprendre, d'analyser et de mettre en oeuvre des applications de traitement des images numériques et, plus généralement, de vision artificielle.
Acquis	Connaître les bases mathématiques et physiques du traitement d'images et de la vision par ordinateur Connaître les principales applications du traitement d'images et de la vision par ordinateur Savoir développer une application de traitement d'images
Description	Cours Introduction au traitement d'images et à la vision par ordinateur [14 h] - Image Coding and Processing - Detectors and Descriptors - Introduction to Deep Learning Note : tous les supports sont en anglais, le cours peut aussi être dispensé en anglais Cours / séminaires / conférences spécialisés et/ou orientés application [16 h] - Vision Industrielle (Michelin, Optomachine...)

	- Perception pour la conduite autonome (Sherpa) - Imagerie médicale - Apprentissage profond pour la vision TP Introduction au traitement d'images et à la vision par ordinateur [12 h] - Amélioration d'image par des techniques d'histogramme et modification de couleurs, - systèmes stéréoscopiques et modèles de caméras - Détecteurs de points d'intérêt - stéréo-vision Projet [32 h] Chaque année, plusieurs sujets, adressant un ou plusieurs aspects du cours seront proposés. Le travail sur ces projets se fera en binôme et mettra à contribution les différents aspects de la formation. Exemples de sujets - Isuivi multi-objets, - Détection d'objets par apprentissage profond, - Localisation planaire pour la réalité augmentée
Evaluation	CC
Horaire encadré	75 h (0 CM + 75 TD + 0 TP)

b. Polytech'Management

Code	570P9MHO
Coef	1
Objectifs	L'objectif de cette polycompétence est de renforcer les compétences en management acquises en 4e année en axant davantage sur le management transversal et sur la conduite de projet.
Acquis	Savoir manager, accompagner, motiver, communiquer, négocier et constituer son équipe Animer des réunions Gérer les conflits Savoir écouter, négocier Être force de proposition Identifier les risques psychosociaux et le stress au travail
Description	Description des différents modèles d'organisation et de leurs effets sur le salarié La motivation au travail ou comment amener un salarié à s'investir dans son travail Gestion de la qualité de vie au travail Management situationnel, intergénérationnel, interculturel Conduite de réunion, animation d'équipe, gestion des conflits Les entretiens avec des professionnels Conduite de projet
Evaluation	CC
Horaire encadré	75 h (0 CM + 75 TD + 0 TP)
Responsable	Romy Sauvayre
Enseignants	Romy Sauvayre, Jessica GABLE, Pauline CHAILLOT, Isabelle LECONTE

c. Polytech'Mon projet 5A

Code	570P9MOP
Coef	1
Acquis	Savoir mener un projet : proposition et défense du sujet, planning, gestion de groupe, choix stratégiques dans la réalisation, présentation des résultats et bilan Savoir travailler en équipe pluridisciplinaire : échanger et travailler ensemble avec un objectif commun Savoir mettre en pratique les connaissances acquises pour atteindre l'objectif de réalisation initial
Description	Au cours du S8 : ? Constitution d'un groupe (constitué par des étudiants d'au moins 2 spécialités différentes) autour du porteur de projet Le projet résulte d'une démarche personnelle de la part du porteur de projet. ? Présentation/défense du sujet devant un jury qui valide ou non le projet comme étant éligible à la Polycompétence "Polytech'Mon projet 5A" Au cours du S9 ? Réalisation du projet sous la tutelle d'un enseignant référent

	? Présentation des résultats et bilan par rapport aux objectifs initiaux
Evaluation	CC
Horaire encadré	75 h (0 CM + 75 TD + 0 TP)
Responsable	Laurent Poughon
Enseignant	Laurent Poughon

d. Polytech'Contrat Pro

Code	570T9CP
Coef	1
Objectifs	La polycompétence « Contrat de Professionnalisation » consiste en une formation par alternance entre une entreprise d'accueil et Polytech. Elle permet donc aux étudiants ingénieur de mettre un pied dans le monde professionnel dès le début de leur 5ème année. Il est à noter que l'étudiant possède alors le statut de salarié, reçoit une rémunération et est chargé de mener à bien une mission liée à une problématique d'entreprise ayant un caractère novateur pour l'entreprise.
Acquis	Apprentissage du monde de l'entreprise, Montée en compétences, Autonomie ?
Description	Lié à la problématique de l'entreprise.
Evaluation	CC
Horaire encadré	75 h (0 CM + 75 TD + 0 TP)
Responsable	Marinette Bouet

e. Polytech'Recherche

Code	570P9REH
Coef	1
Objectifs	Découvrir les métiers de la recherche par un suivi en parallèle d'un Master de l'Université Clermont Auvergne
Acquis	Acquérir des compétences spécifiques dans un domaine scientifique précis Être capable de mettre en place un projet de recherche
Description	MASTER accessibles en 2024/2025 : Génie Biologique : - Master MAE - Master Microbiologie - Master Chimie - Master Nutrition - DU Pharmacie Génie Civil : - Master MAE - Master Génie Civil Génie Électrique : - Master MAE - Master Energie - Master Perception Artificielle et Robotique (PAR) - Master Systèmes Embarqués pour le Traitement du Signal, des Images et du Son (SETSYS) Ingénierie Mathématique et Data Science : - Master MAE - Master Mathématiques - Master Informatique parcours ICS (international of computer science) Génie Physique : - Master MAE - Master Energie - Master Physique Fondamentale - Master Physique et Technologies des Rayonnements pour l'Industrie et la Physique Médicale (PTR-IPM)
Evaluation	CC

Horaire encadré	75 h (0 CM + 75 TD + 0 TP)
-----------------	----------------------------

f. Polytech'Entrepreneuriat

Code	570P9ENT
Coef	1
Objectifs	Donner des outils pratiques permettant de développer un projet d'innovation et/ou de création d'entreprise.
Acquis	Concevoir, administrer et traiter une étude de marché Proposer une stratégie marketing, concevoir un business model Réaliser une étude d'opportunité Concevoir, administrer et traiter une étude marketing Coconcevoir la solution avec les utilisateurs Elaborer une stratégie marketing, concevoir un business model Faire un plan de commercialisation Articuler prévisions marketings et prévisions financières Établir les principaux documents financiers prévisionnels Choisir le statut juridique (dans le cas de la création) Identifier des modes de financement Rédiger et présenter un business plan, pitcher
Description	Le cours se fonde sur une pédagogie par projet qui s'appuie sur une idée de projet réel ou fictif. Le projet peut être réalisé seul ou en équipe. Il permet de mettre en pratique les différentes méthodes présentées en cours. En fin de parcours les étudiants rendent un business plan et font un pitch. Les cours est structuré comme suit : 1- Analyse de l'environnement 2- Etude marketing et validation de la solution technique 3- Elaboration d'un business model 4- Plan marketing et plan de production 5- Choix des statuts 6- Prévisionnels financiers 7- Identifier des pistes de financement 8- Rédiger un business plan et préparation du pitch
Prérequis	Avoir une idée de projet réel ou fictif sur lequel travailler seul ou en équipe durant le cours qui est tourné vers l'application.
Références bibliographiques	Bland, D.J., Osterwalder, A., 2019. Testing Business Ideas: A Field Guide for Rapid Experimentation. Wiley. Knapp, J., Zeratsky, J., Kowitz, B., 2016. SPRINT: how to solve big problems and test new ideas in just five days. Bantam Press. Maurya, A., 2012. Running Lean, Second Edition. O'Reilly. Osterwalder, A., Pigneur, Y., 2010. Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ. Osterwalder, A., Pigneur, Y., Bernarda, G., Smith, A., Papadakos, T., 2014. Value Proposition Design: How to Create Products and Services Customers Want. John Wiley & Sons, Hoboken. Ries, E., 2011. The lean startup. Penguin Business.
Evaluation	CC
Horaire encadré	75 h (0 CM + 75 TD + 0 TP)
Travail personnel	30 h
Responsable	Alexandre Cabagnols
Enseignants	Alexandre Cabagnols, Dieter HILLAIRET, Christian Lingemann

g. Polytech'Mobilité Durable

Code	570V9MD
Coef	1
Acquis	Les briques technologiques liées à la traction électrique dans les véhicules. Les briques technologiques liées à l'aide à la mobilité, la navigation autonome. Les sources de production et de stockage de l'électricité pour la mobilité. Les enjeux sociétaux et psychologiques liés à la mobilité de demain. Être capable de réaliser des comparaisons et des calculs énergétiques liés aux véhicules.

Description	Calculs énergétiques autour du véhicule Technologie pour la mobilité autonome ou assistée La chaîne de traction électrique Alimentation en énergie primaire du véhicule Logistique autour de la mobilité Adaptation des infrastructures Projet
Evaluation	CC
Horaire encadré	80 h (67 CM + 0 TD + 13 TP)
Travail personnel	20 h
Responsable	Christophe Pasquier

2. UE2 Option Physique et Ingénierie des Matériaux [16 ECTS | 16 Coef]

a. A1: choix et mise en oeuvre des matériaux

Code	57EP9MOM
Coef	4
Objectifs	Connaître les principaux matériaux utilisés dans l'industrie : leur élaboration, leur mise en oeuvre, leurs performances.
Eléments de cours	Mise en oeuvre des matériaux métalliques Céramiques Matériaux Composites Phénomènes de transfert Endommagement et défectologie
Prérequis	Physique Appliquée 1 (37EP5PA1) Physique des champs (37EP6PA2) Matière et Rayonnements 1 (47EP7MR1) Thermique (37EP6TH) Métallurgie 4A (47EP7MET)
Horaire encadré	38 h (26 CM + 4 TD + 8 TP)
Responsable	Jean-Pierre Fontaine

a.1. Mise en oeuvre des matériaux métalliques

Coef	3
Objectifs	Connaître les différentes étapes de mise en oeuvre des matériaux métalliques depuis l'extraction du minerai jusqu'au produit fini, en tenant compte du recyclage.
Acquis	Connaître les techniques de mise en oeuvre des matériaux ferreux (fonte, acier) et de l'aluminium : purification, mise à la nuance et mise en forme.
Description	-Elaboration de la fonte -De la fonte à l'acier -Elaboration de l'aluminium -Procédés de mise en forme (laminage, forgeage, matriçage) -Aspects mécaniques, thermiques, thermochimiques de la mise en oeuvre -Métallurgie des poudres (Aubert et Duval) -Etude des aciers pour l'aéronautique-Industrialisation d'un acier Maraging (Constellium) -Impression 3D métal (3D Systems) -Métallurgie du Titane
Références bibliographiques	Matériaux T1 et T2, Ashby M, Jones D, Elsevier, Dunod Editeur Metals Handbooks, volume14 Metalworking, ASM Handbooks, ASM Handbooks
Evaluation	C
Horaire encadré	30 h (28 CM + 0 TD + 2 TP)
Travail personnel	20 h
Responsable	Hélène de Baynast
Enseignants	Hélène de Baynast, Erembert Nizery (Constellium), Louis-Marie Rabbe (Constellium), Jean-Christophe Glez (Aubert&Duval), Elissa Roche (3D System), Alessia Biagi (Aubert&Duval)

a.2. Céramiques

Coef	1
------	---

Objectifs	Description des céramiques et de leurs procédés de fabrication.
Acquis	Connaître le matériau céramique, son processus d'élaboration et ses applications autres que le domaine de l'électronique.
Description	Les céramiques : -Propriétés -Procédés de mise en forme
Références bibliographiques	Procédés de mise en forme des céramiques, Chartier Th, SPCTS - UMR CNRS 6638 - Limoges
Horaire encadré	8 h (8 CM + 0 TD + 0 TP)
Enseignant	Fabrice Rossignol SPCTS-UMRCNRS Limoges

a.3. Matériaux Composites

Coef	2
Objectifs	Description des matériaux composites et de leurs utilisations.
Acquis	Connaître le matériau composite, son procédé d'élaboration et de ses applications
Description	Les matériaux composites : -Propriétés -Procédés de fabrication -Domaines d'applications
Evaluation	C
Horaire encadré	7.5 h (7.5 CM + 0 TD + 0 TP)
Enseignant	Pierre Mihailovic (PM Composites)

a.4. Phénomènes de transfert

Coef	4
Objectifs	Fondamentaux des phénomènes de transfert en génie des procédés utilisés en sciences pour l'ingénieur.
Acquis	-Maîtriser les bases physiques des phénomènes de transport (fluide, chaleur, masse) dans un mélange -Etre capable de modéliser le problème physique, après hypothèses justifiées, puis de le résoudre pour des configurations simplifiées
Description	-Equations de conservation -Echangeurs de chaleur -Transfert de matière : loi de Fick (phases gazeuse, liquide, solide)
Références bibliographiques	Transport Phenomena, Bird RB, Stewart WE, Lighfoot EN, John Wiley, 2001 Phénomènes de Transport et leurs résolutions numériques, Saatdjian E, Polytechnica, 1998
Evaluation	C
Horaire encadré	13.5 h (9.5 CM + 4 TD + 0 TP)
Enseignant	Jean-Pierre Fontaine

a.5. Endommagement et défectologie

Coef	3
Objectifs	Comprendre les mécanismes de l'endommagement pour analyser et prévenir la rupture prématurée de pièces, de structure, de machines.
Acquis	-Connaître et pratiquer les différentes techniques d'investigations permettant de remonter à la cause de l'endommagement -Identifier les mécanismes de l'endommagement et les causes possibles de rupture (erreur de dimensionnement, ou d'utilisation, problèmes de traitement thermiques ou mauvais choix des matériaux)
Description	-Procédures à suivre pour résoudre un problème d'endommagement -Principaux modes d'endommagements (rupture brutale, par fatigue, fluage) -Techniques d'investigations scientifiques -Préventions de l'endommagement et mesures correctives
Prérequis	Métallurgie 4A (47EP7MET) RDM 3A (37EP6RDM)
Références bibliographiques	Metals Handbook, volume 12 Fractography, ASM Handbooks, ASM Handbooks Metals Handbook, volume 19, Fatigue and Fracture, ASM Handbooks, ASM Handbooks Métallurgie Générale, Bernard J, Michel 1, Philibert J, Talbot J, Ed. Masson
Evaluation	CC

Horaire encadré	17 h (9 CM + 0 TD + 8 TP)
Enseignant	Hélène de Baynast

b. A2: interactions matière-rayonnement optronique

Code	57EP9OEL
Coef	4
Objectifs	Etude approfondie des matériaux pour l'optoélectronique et la microélectronique basée sur des enseignements complémentaires. Un des objectifs est de relier la connaissance fondamentale à celle appliquée de ce secteur très actuel.
Eléments de cours	Processus optiques Matériaux innovants Céramiques fonctionnelles pour l'énergie et l'électronique Croissance cristalline et nanophysique Optoélectronique Effets de l'irradiation dans les matériaux
Prérequis	Physique de la Matière 1 S5 (37EP5PF1) Physique des champs S6 (37EP6PA2) Physique de la Matière 2 S6 (37EP6PF2)
Horaire encadré	69 h (56 CM + 13 TD + 0 TP)
Responsable	Joël Leymarie

b.1. Processus optiques

Coef	2
Objectifs	Présentation générale des différents processus d'interaction lumière-matière: diffusion, réflexion, absorption et transmission. Analyse des phénomènes linéaires au travers du modèle de l'oscillateur harmonique classique et introduction à l'approche semi-quantique.
Acquis	Savoir identifier et décrire les différents phénomènes d'interaction de la lumière avec la matière dans les solides
Description	-Absorption, transmission, réflexion, diffusion -Modèle classique de l'oscillateur harmonique: théorie classique de la constante diélectrique -Transitions interbandes dans les solides -Principe des lasers -Applications aux semi-conducteurs
Prérequis	Physique de la Matière 2 (37EP6PF2) Mécanique quantique S5 (37EP5PQ)
Références bibliographiques	Physique des semi-conducteurs et des composants électroniques, H.Mathieu, Editions Dunod Optoélectronique, B.Winter, E.Rosencher, Editions Dunod
Evaluation	C
Horaire encadré	13.5 h (9.5 CM + 4 TD + 0 TP)
Travail personnel	5 h
Enseignant	Joël Leymarie

b.2. Matériaux innovants

Coef	1
Objectifs	Présentation de la nouvelle génération de composants à base de matériaux en couches minces, couches 2 D et nanostructures. Les nouvelles technologies pour les mesures des propriétés électroniques et optiques.
Acquis	-S'initier à l'ingénierie de l'élaboration des composants microélectroniques et la technique des différents tests. -S'initier au secteur complexe de l'optoélectronique. -S'initier au secteur de la microélectronique.
Description	-Impact de la thermodynamique de surface dans la fabrication de composants en couches minces -Avancée en microscopie électronique à haute résolution in-situ -Procédés de contrôles en défautologie chez STMicroelectronics Ce cours est susceptible d'être dispensé en anglais.

	Certaines parties de ce cours sont dispensées en classe inversée.
Prérequis	Matière et Rayonnements 1 (47EP7MR1) Matière et Rayonnements 2 (47Ep8MR2)
Evaluation	C
Horaire encadré	13 h (11 CM + 2 TD + 0 TP)
Enseignants	Yamina André, Frank Glas, Georges BREMOND, Nathan Tronchet (ST)

b.3. Céramiques fonctionnelles pour l'énergie et l'électronique

Coef	1
Objectifs	Description des céramiques et de leurs applications pour l'électronique et l'électrotechnique
Acquis	-Connaître les propriétés des céramiques pour l'électronique -Connaître leur importance aujourd'hui dans le domaine de l'électronique et leur avenir
Description	-Le marché des céramiques pour l'énergie et l'électronique -Comportement électrique des matériaux céramiques -Les céramiques conductrices Les céramiques semi-conductrices -Les matériaux céramiques isolants
Références bibliographiques	Ceramic materials for electronic, Buchanan RC Principles of electro ceramics, Hench LL Ceramic dielectrics and capacitors, Herbert JM Materials in microelectronic and optoelectronic packaging, Ling HC, Niwa K, Shukla VN Electronic materials from silicon to organics, Miller LS, Mullin JB Ferroelectric materials and their applications, Yuhuan Xu
Evaluation	C
Horaire encadré	8 h (8 CM + 0 TD + 0 TP)
Enseignant	Pierre-Marie Geffroy

b.4. Croissance cristalline et nanophysique

Coef	2
Objectifs	Description des technologies industrielles de synthèse épitaxiale et exploitation de la croissance cristalline au dépôt et au façonnage de la matière.
Acquis	-Acquérir l'ingénierie des techniques de dépôt de matériaux semi-conducteurs -Acquérir les bases de l'exploitation pratique de la thermodynamique des changements de phase -Connaître les apports de la nanophysique pour les applications futures
Description	-Connaissance des filières de la micro- et de l'optoélectronique -L'épitaxie: définition, techniques existantes -Ingénierie des procédés VPE et MBE -Thermodynamique des réactions et physique du façonnage de la matière par dépôt: cristallogénèse et contrôle des morphologies aux échelles micrométrique et nanométrique
Prérequis	Energétique (370N5NRG) Physique fondamentale 2 (37EP6PF2) Physique du solide (47EP7PSO)
Références bibliographiques	Physique de la croissance cristalline - J. Villain et A. Pimpinelli - Ed. Eyrolles
Evaluation	C
Horaire encadré	9 h (7 CM + 2 TD + 0 TP)
Travail personnel	3 h
Enseignant	Evelyne GIL

b.5. Optoélectronique

Coef	2
Objectifs	Description des composants optoélectroniques à base de matériaux semi-conducteurs. Description des composants détecteurs de lumière. Description des composants émetteurs de lumière.
Acquis	-Maîtriser les principes théoriques qui régissent le fonctionnement des composants optroniques tels que les photodétecteurs de lumière, les composants photovoltaïques et les diodes lasers -Analyser le fonctionnement d'un composant optoélectronique

Description	-L'absorption de la lumière (les photodétecteurs) -L'émission de la lumière (les diodes électroluminescentes et diodes lasers) -Transport et affichage de la lumière (dispositifs CCD et guides d'ondes) -Visite d'une entreprise Ce cours est susceptible d'être dispensé en anglais. Certaines parties de ce cours sont dispensées en classe inversée
Prérequis	Matière et Rayonnements 1 (47EP7MR1) Matière et Rayonnements 2 (47EP8MR2)
Références bibliographiques	Physique des semi-conducteurs et des composants électroniques, Cours 2ème cycle - écoles d'ingénieurs, Mathieu Henry, Dunod - 5ème édition Optoélectronique, cours et exercices 2ème et 3ème cycles - écoles d'ingénieurs, Rosencher Emmanuel, Winter Borge, Dunod 2ème édition
Evaluation	C
Horaire encadré	16.5 h (13.5 CM + 3 TD + 0 TP)
Travail personnel	4 h
Enseignant	Yamina André

b.6. Effets de l'irradiation dans les matériaux

Coef	1
Objectifs	Acquérir un savoir général concernant les effets des rayonnements sur la matière, du point de vue des interactions physiques, de l'incidence sur les propriétés du matériau, et des applications technologiques.
Acquis	-Connaître et comprendre les effets d'une irradiation et le comportement des matériaux soumis irradiation -Connaître les applications dans l'industrie nucléaire et autres secteurs technologiques
Description	-Interaction particule-matière, mécanisme d'endommagement -Défauts d'irradiation : création, évolution au cours du temps, effets microscopiques et macroscopiques. Applications.
Prérequis	Matière et Rayonnements 2 (47EP8MR2)
Références bibliographiques	Science des matériaux pour le nucléaire, Clément Lemaignan, Édition: Les Ulis : EDP Sciences, DL 2004 Basic phenomena of the particle-matter interaction, E. Balanzat , S. Bouffard, Solid State Phenomena 30 & 31 (1993), p 7-74 Ion-Solid Interactions: Fundamentals and Applications, Michael Nastasi, James Mayer, J.K. Hirvonen, coll, Cambridge Solid State Science Series - ed. Cambridge University Press
Evaluation	C
Horaire encadré	9 h (7 CM + 2 TD + 0 TP)
Travail personnel	3 h
Enseignant	Jonathan Lao

c. A3: physique des surfaces et interfaces

Code	57EP9SIT
Coef	3
Objectifs	Approfondir les connaissances en physicochimie des interfaces acquises précédemment par des cours de spécialisation sur : -les méthodes avancées d'analyse des états de surface -la réactivité des interfaces et son application à la catalyse hétérogène -la corrosion et les méthodes de protection
Eléments de cours	Analyse des états de surface Corrosion et traitement de surfaces Surfaces, interfaces et catalyse hétérogène
Prérequis	Matière et Rayonnements 1 (47EP7MR1) Physico-chimie (47EP7PC) Matière et Rayonnements 2 (47EP8MR2)
Horaire encadré	41.5 h (28.5 CM + 6 TD + 7 TP)
Responsable	Christophe Vial

c.1. Analyse des états de surface

Coef	1
------	---

Objectifs	Décrire les techniques permettant l'analyse des états de surface en environnement industriel.
Acquis	-Connaître les principes des mécanismes d'interaction de surface -Maîtriser quelques techniques de caractérisation physico-chimiques de mesure de surface spécifique et spectroscopies électroniques appliquées aux structures fibres/métal
Description	-Surfaces et interfaces -Genèse d'un modèle de la surface des noirs de carbone -La mesure de l'énergie de surface appliquée aux charges -Analyse de la surface des renforts
Horaire encadré	9 h (6 CM + 0 TD + 3 TP)
Enseignant	Marie Capron (Michelin)

c.2. Corrosion et traitement de surfaces

Coef	1
Objectifs	Comprendre les phénomènes de corrosion et la mise en oeuvre des traitements de surface
Acquis	-Comprendre les mécanismes de corrosion sèche et humide -Utiliser les diagrammes d'Ellingham et de Pourbaix pour analyser la stabilité des matériaux -Identifier et proposer des stratégies de protection contre la corrosion adaptées aux environnements industriels -Mettre en oeuvre des méthodes de caractérisation et de prévention de la corrosion -Connaître la théorie des phénomènes de corrosion (sèche et humide) et des traitements de surface pour les éviter -Mise en pratique expérimentale
Description	Ce cours explore les phénomènes de corrosion et les traitements de surface en combinant théorie et applications pratiques. -Corrosion sèche : Thermodynamique des oxydes métalliques, utilisation des diagrammes d'Ellingham, étude des hautes températures et applications industrielles (métallurgie, pétrochimie, aéronautique?) -Corrosion humide : Processus électrochimiques, diagrammes de Pourbaix, facteurs influençant la corrosion et méthodes de protection (revêtements, inhibition, protection cathodique?) -Approche pédagogique : classes inversées pour favoriser l'autonomie, études de cas par groupes et un TP d'application (incluant la spectroscopie d'impédance électrochimique)-Mécanismes de base
Evaluation	CC
Horaire encadré	16 h (10 CM + 2 TD + 4 TP)
Travail personnel	3 h
Enseignant	Fabrice Audonnet

c.3. Surfaces, interfaces et catalyse hétérogène

Coef	1
Objectifs	Connaître les problématiques de la catalyse hétérogène en partant des phénomènes se déroulant à l'échelle moléculaire à l'interface fluide-solide jusqu'au réacteur industriel : -la catalyse hétérogène et ses applications industrielles -les catalyseurs solides, leur formulation, leurs propriétés (texture, structure...) et leur cycle de vie le réacteur catalytique à l'échelle du grain: aspects thermodynamiques et cinétiques de la chimisorption, microcinétique et cinétiques physiques -le réacteur catalytique à l'échelle macroscopique: macrocinétique, mécanique des fluides et thermique, critères de choix d'un réacteur (lits fixe, fluidisé, circulant et variantes)
Acquis	-Connaître le champ d'action et les limites de l'application de la catalyse hétérogène -Connaître les critères et les outils quantitatifs de choix et de dimensionnement des réacteurs catalytiques -Identifier les critères d'analyse des étapes limitantes chimiques et physiques des réactions catalytiques
Description	Cours magistral illustré par un polycopié et par des travaux dirigés

Prérequis	Physico-chimie (47EP7PCC)
Références bibliographiques	Chimie des surfaces et catalyse, Somorjai GA, Ediscience, 1995
Evaluation	C
Horaire encadré	16.5 h (12.5 CM + 4 TD + 0 TP)
Enseignant	Christophe Vial

d. B1: Contrôles non destructifs

Code	57EP9CND
Coef	5
Objectifs	Connaître l'ensemble des contrôles non destructifs actuellement disponibles afin d'être capable de choisir le contrôle adapté à un problème donné.
Eléments de cours	Principe des contrôles non destructifs TP industriels CND et simulations
Prérequis	Physique des champs (37EP6PA2) Physique de la Matière 2 (37EPZPF2) Matière et Rayonnements 1 (47EP7MR1) Matière et Rayonnements 2 (47EP8MR2)
Horaire encadré	102.5 h (45.5 CM + 6 TD + 51 TP)
Responsable	Jonathan Lao

d.1. Principe des contrôles non destructifs

Coef	3.75
Objectifs	Connaître et comprendre les principes physiques des contrôles non destructifs actuellement disponibles afin d'être capable de choisir le contrôle adapté à un problème donné.
Acquis	-Connaître l'ensemble des techniques de CND utilisées dans l'industrie, tant du point de vue théorique que pratique -Maîtriser le choix de la technique CND -Former et accompagner les opérateurs
Description	-Introduction aux C.N.D. -Ressuage -Magnétoscopie -Courants de Foucault -Radiographie X et gamma - Contrôle par rayonnements ionisants -Tomographie aux RX -Ultrasons -Emission acoustique - analyse vibratoire -Radioprotection -Les normes et les CND
Références bibliographiques	CND, GE 20/317 Escadron avion, 15/12/1982 Techniques Tendances, Innovation 128, le CND : technologies, applications et marché, janvier 1995 Institut de la soudure, CND, Charbonnier André, mai 1993 Science et Vie n° 936, sept 1995, Guillemot H Le CND par ultrasons, Jean Perdijon Les contrôles non destructifs en général, le ressuage, la radiologie, les ultrasons, la magnétoscopie, Les cahiers du CETIM holographie industrielle, Smigielski Paul, teknea, 1994
Evaluation	CC
Horaire encadré	77 h (45.5 CM + 6 TD + 25.5 TP)
Travail personnel	15 h
Enseignants	Pascal Lafon, Jonathan Lao, Marilyne Ravel (AIA), Stéphane Blanc (AIA), Eric Poyet (AIA), Patrice Echalié (BrownEurope), Pierre-Emmanuel Richy (Aubert&duval)

d.2. TP industriels CND et simulations

Coef	1.25
Objectifs	Amplifier les connaissances en CND via la pratique. Visiter des sites industriels.
Acquis	Prendre en main de vrais instruments industriels et inspecter des pièces industrielles (aéronautique, métallurgie)
Description	-Travaux Pratiques de Radiographie, Ultrasons, Courants de Foucault, Magnétoscopie sur site industriel (AIA)

	- Session de travaux pratiques dédiée aux ultrasons sur site industriel (Aubert & Duval) - Travaux pratiques de simulation en tomographie et de traitement post-CND au moyen d'un logiciel industriel
Prérequis	Cours de CND associé
Evaluation	CC
Horaire encadré	25.5 h (0 CM + 0 TD + 25.5 TP)
Travail personnel	3 h
Enseignants	Marilyne Ravel (AIA), Eric Poyet (AIA), Pierre-Emmanuel Richy (Aubert&duval), Safir Lazar (Testia), Boris Michalska (Testia)

3. UE2 Option Energie [16 ECTS | 16 Coef]

a. Module Énergie et énergétique

Code	570P9NEE
Coef	4
Objectifs	Les objectifs sont de connaître et maîtriser les outils quantitatifs permettant d'estimer les performances des systèmes de production, de conversion et d'utilisation de l'énergie quels que soient les domaines et secteurs considérés. Connaissances : - Les sources et les vecteurs d'énergie, ainsi que les procédés de conversion - Les principaux cycles de production d'énergie mécanique (moteurs) et d'électricité les principaux cycles de production de froid et des pompes à chaleur - Les méthodes de cogénération/trigénération (froid, énergie mécanique, électricité. L'analyse exergétique et les outils d'estimation d'efficience Acquis de l'apprentissage : - Etablir un bilan énergétique d'un appareil, d'un atelier ou d'un bâtiment Diagnostiquer les sources de perte et d'irréversibilités - Concevoir un système énergétique - Optimiser le fonctionnement d'installation et d'unités existantes Proposer des solutions minimisant les coûts internes et externes Au niveau de l'option, ceux-ci se traduisent dans les compétences suivantes : - Mettre en oeuvre les concepts de bilan d'énergie prenant en compte les contraintes industrielles ou bâtementaires ; - Dimensionner un système énergétique et rédiger un cahier des charges technique répondant aux besoins d'un projet ; - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ; - Utiliser des outils de simulation et/ou de méthodes numériques.
Eléments de cours	Notions et ordres de grandeur Analyse énergétique des Systèmes Travaux pratiques d'énergétique Efficacité énergétique et outils d'aide à la décision
Horaire encadré	62 h (0 CM + 62 TD + 0 TP)
Responsable	Christophe Vial

a.1. Notions et ordres de grandeur

Coef	1
Objectifs	L'objectif est de présenter un panorama des gisements de consommations de

	l'énergie à l'échelle mondiale européenne et française, et de relier ces gisements aux besoins, aux ressources disponibles et aux capacités de production par voies renouvelables et non-renouvelables en se plaçant dans un contexte à historique, technologique et économique. En parallèle, cette approche sera mise à profit afin de présenter ou de rappeler les unités et ordres de grandeur de l'énergie et de l'entropie, de replacer ces notions dans l'histoire des sciences et de lier ces grandeurs macroscopiques à leur origine microscopique en reliant ces notions aux ruptures technologiques qui ont conduit aux systèmes de production et de conversion d'énergie utilisés de nos jours.
Acquis	- Maîtriser les unités SI et unités d'usage de l'énergie et des grandeurs associées - Maîtriser les ordres de grandeur des consommations d'énergie pour les applications et secteurs usuels (estimation rapide, détection d'erreurs...) - Connaître les différentes ressources primaires et énergies secondaires du mix énergétique - Connaître l'origine microscopique des grandeurs macroscopiques de l'énergie Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Dimensionner un système énergétique et rédiger un cahier des charges technique répondant aux besoins d'un projet - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques
Description	Cycle de trois cours-conférences. L'évaluation des acquis est réalisée dans le cadre d'un examen commun pour le module.
Evaluation	CC
Horaire encadré	10 h (0 CM + 10 TD + 0 TP)
Responsable	Christophe Vial
Enseignants	Francesco Vecil, Mathilde Morvan, Joël Leymarie

a.2. Analyse énergétique des Systèmes

Coef	2
Objectifs	Les objectifs sont de développer une approche générale permettant l'analyse par les bilans de matière, d'énergie et d'entropie de tout système énergétique. L'approche sera mise en oeuvre et illustrée par des exemples courants et permettre d'appréhender les notions suivantes : - Les sources et les vecteurs d'énergie, ainsi que les procédés de conversion - Les principaux cycles de production d'énergie mécanique (moteurs) et d'électricité - Les principaux cycles de production de froid et des pompes à chaleur - Les méthodes de cogénération/trigénération (froid, énergie mécanique, électricité)
Acquis	- Etablir un bilan énergétique d'un appareil, d'un atelier ou d'un bâtiment - Diagnostiquer les sources de perte et d'irréversibilités - Concevoir un système énergétique, éventuellement au moyen d'un logiciel dédié Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Mettre en oeuvre les concepts de bilan d'énergie prenant en compte les contraintes industrielles ou bâtimentaires ; - Dimensionner un système énergétique et rédiger un cahier des charges technique répondant aux besoins d'un projet ; - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ; - Utiliser des outils de simulation et/ou de méthodes numériques.
Description	Les cours théoriques sont supportés par des travaux dirigés utilisant des outils de calcul simples (tableurs et autres) des outils de simulation dédiés (Thermosolver, Cyclepad, DWSIM...). L'ensemble sert de support aux modules dans lesquels le bilan d'énergie est utilisé directement ou indirectement. L'évaluation repose sur un examen écrit qui porte également sur l'ensemble du module.
Prérequis	Énergie et énergétique : notions et ordres de grandeur
Evaluation	CC
Horaire encadré	26 h (0 CM + 26 TD + 0 TP)
Responsable	Christophe Vial
Enseignant	Christophe Vial

a.3. Travaux pratiques d'énergétique

Coef	1
Objectifs	L'objectif est la mise en oeuvre des connaissances et compétences acquises dans les autres cours du module Energie et énergétique
Acquis	- Acquérir le volet pratique des savoirs acquis dans les cours précédents du point de vue théorique au moyen d'outils de simulations et de modélisation. Le but est d'acquérir les compétences spécifiques de l'option que sont : - Les sources et les vecteurs d'énergie, ainsi que les procédés de conversion - Les principaux cycles de production d'énergie mécanique (moteurs) et d'électricité les principaux cycles de production de froid et des pompes à chaleur - Les méthodes de cogénération/trigénération (froid, énergie mécanique, électricité)
Description	Cinq installations sont étudiées sur cinq séances parmi : - Analyse énergétique/exergétique d'une machine frigorifique à cycle de compression de vapeur - Analyse énergétique/exergétique d'échangeurs de chaleur à plaques et à tubes/calandre Thermique : comparaison entre chauffage direct et indirect - Equilibres thermodynamiques : exemple de l'humidification de l'air - Pompes : application à la mesure de la perte de charge et des calculs de puissance de pompes Compression multi-étagée : étude d'un compresseur et des effets thermiques résultat de la compression des gaz Evaluation à partir des comptes-rendus écrits des TP.
Prérequis	Analyse énergétique des Systèmes Énergie et énergétique : notions et ordres de grandeur Efficacité énergétique et outils d'aide à la décision
Evaluation	CC
Horaire encadré	20 h (0 CM + 20 TD + 0 TP)
Responsable	Christophe Vial
Enseignants	Christophe Vial, Pascal Lafon

a.4. Efficacité énergétique et outils d'aide à la décision

Coef	1
Objectifs	Les objectifs sont de connaître et savoir utiliser deux outils d'aide à la décision dans le domaine de l'optimisation énergétique que sont : - L'analyse exergétique - La méthode du pincement pour le calcul des réseaux de chaleur
Acquis	- Optimiser les systèmes énergétiques, en particulier les réseaux de chaleur - Savoir utiliser la notion d'exergie. Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Mettre en oeuvre les concepts de bilan d'énergie prenant en compte les contraintes industrielles ou bâtementaires ; - Dimensionner un système énergétique et rédiger un cahier des charges technique répondant aux besoins d'un projet ; - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ; - Utiliser des outils de simulation et/ou de méthodes numériques.
Description	Cet enseignement constitué de cours et de TD en lien avec les travaux pratiques du module : - Le cours sur la méthode du pincement est illustré par un TD utilisant le logiciel Hint - Le cours sur l'analyse exergétique est mis en oeuvre dans les travaux pratiques L'évaluation repose sur un examen écrit qui porte également sur l'ensemble du module.
Prérequis	Analyse énergétique des Systèmes
Evaluation	CC
Horaire encadré	6 h (0 CM + 6 TD + 0 TP)
Responsable	Christophe Vial
Enseignant	Christophe Vial

b. Module Énergies Renouvelables

Code	570P9NER
Coef	3
Objectifs	L'objectif est de présenter les différentes formes des énergies renouvelables : - bioénergies - éolien - hydraulique - solaire, leurs potentialités respectives et leurs limitations actuelles, ainsi que d'introduire les notions de développement durables d'écologie industrielle et d'économie circulaire. Les acquis de l'apprentissage incluent un aperçu des méthodes et outils qui permettent de calculer les installations de production correspondant à ces énergies. Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Mettre en oeuvre les concepts de bilan d'énergie prenant en compte les contraintes industrielles ou bâtementaires ; - Dimensionner un système énergétique et rédiger un cahier des charges technique répondant aux besoins d'un projet ; - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ; - Utiliser des outils de simulation et/ou de méthodes numériques ; - Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement.
Eléments de cours	Historique et généralités Energie hydraulique et technologies associées Energie Solaire Energie Eolienne Bioénergies NRJ Développement durable et écologie industrielle
Horaire encadré	42 h (0 CM + 42 TD + 0 TP)
Responsable	Yamina André

b.1. Historique et généralités

Coef	0.5
Objectifs	L'objectif est de présenter les différents modes de production d'énergies renouvelables (bioénergies, éolien, géothermie, hydraulique, solaire) en les replaçant dans le contexte historique (évolution des connaissances et des technologies) jusqu'à un état de l'art actualisé.
Acquis	Le but est d'acquérir les compétences spécifiques de l'option que sont : - Améliorer l'intégration des énergies renouvelables dans le mix énergétique - Analyser les différents modes de production d'énergie
Description	Cours introductif offrant un panorama des énergies renouvelables, de leurs avantages et de leurs limitations Evaluation dans le cadre d'un examen global regroupant tous les volets du module sur les énergies renouvelables.
Horaire encadré	4 h (0 CM + 4 TD + 0 TP)
Responsable	Lionel Batier
Enseignant	Lionel Batier

b.2. Energie hydraulique et technologies associées

Coef	0.5
Objectifs	L'objectif est de rappeler ou de fournir les bases théoriques de la mécanique des fluides nécessaires à l'hydraulique, puis de les appliquer aux centrales hydroélectriques en distinguant grande, petite et hydraulique. Le cours couvre également : - les aspects technologiques (turbines, pompes, vannerie...) - les aspects réglementaires
Acquis	- Maîtriser les bases de la mécanique des fluides utiles à l'hydraulique - Connaître les méthodes de calcul d'un réseau hydraulique - Connaître les technologies associées à l'hydraulique (pompage, tuyauterie...) Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Connaître les différents modes de production de l'énergie ;

	- Améliorer l'intégration des énergies renouvelables et décarbonées dans le mix énergétique ; - Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; - Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement.
Description	Cours d'hydraulique complété par des applications au pompage et mélange en ligne et par une description détaillée des systèmes de production d'hydroélectricité. Evaluation dans le cadre d'un examen global regroupant tous les volets du module sur les énergies renouvelables
Horaire encadré	10 h (0 CM + 10 TD + 0 TP)
Responsable	Christophe Vial
Enseignants	Christophe Vial, Jean-Paul CHABARD

b.3. Energie Solaire

Coef	0.5
Objectifs	L'objectif est de présenter un panorama à l'échelle française et européenne des méthodes de conversion de l'énergie solaire en distinguant solaire thermique et solaire photovoltaïque, puis en s'intéressant au gisement (rayonnement en fonction de l'implantation) ainsi qu'aux matériaux, aux technologies de captage et à leur rendement. Les problématiques de l'intermittence, du stockage et de l'intégration au réseau électrique sont également abordées.
Acquis	- Connaître les méthodes d'estimation de l'énergie solaire reçue - Savoir dimensionner des panneaux solaires pour la thermique ou le photovoltaïque Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Connaître les différents modes de production de l'énergie ; - Améliorer l'intégration des énergies renouvelables et décarbonées dans le mix énergétique ; - Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; - Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement.
Description	Evaluation dans le cadre d'un examen global regroupant tous les volets du module sur les énergies renouvelables.
Horaire encadré	6 h (0 CM + 6 TD + 0 TP)
Responsable	Yamina André
Enseignants	Yamina André, Manon COTE, Valentin LABRUQUERE

b.4. Energie Eolienne

Coef	0.5
Objectifs	Il s'agit de fournir un état de l'art concernant l'énergie éolienne. En pratique le contenu couvre les points suivants : - Gisement et état des lieux - Théorie et technologies de la conversion - Problématique de l'intermittence et du raccordement au réseau Réglementation spécifique - Perspectives de développement
Acquis	Connaître les méthodes de calcul d'une éolienne ou d'une ferme éolienne en tenant compte des potentialités (exposition...) et des limitations (réglementation, raccordement, besoin en stockage...) Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Connaître les différents modes de production de l'énergie ; - Améliorer l'intégration des énergies renouvelables et décarbonées dans le mix énergétique ; - Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; - Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement.
Description	Evaluation dans le cadre d'un examen global regroupant tous les volets du module sur les énergies renouvelables.
Horaire encadré	6 h (0 CM + 6 TD + 0 TP)
Responsable	Lionel Batier

Enseignants	Lionel Batier, Manon COTE
-------------	---------------------------

b.5. Bioénergies NRJ

Coef	0.5
Objectifs	L'objectif est de définir les différentes méthodes de production de bioénergies en partant de la ressource jusqu'au vecteur énergétique et en considérant à la fois les processus, les procédés et les produits. Le cours traitera successivement les points suivants : - La biomasse-énergie : les ressources, les processus biologiques et les procédés de conversion La méthanisation et le biogaz - Les biocarburants de 1ère, de 2ème et de 3ème générations par voies biologique et thermochimique.
Acquis	- Savoir utiliser la biomasse comme ressource énergétique - Savoir intégrer des processus et procédés biologiques dans un système de production d'énergie Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que s nt : - Connaître les différents modes de production de l'énergie ; - Améliorer l'intégration des énergies renouvelables et décarbonées dans le mix énergétique ; - Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; - Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement.
Description	Mise à niveau en biologie et bioprocédés par des intervenants du département génie biologique, puis présentation de la ressource biomasse et des voies de production de chaleur, de biogaz et de biocarburants de 2ème et de 3ème générations à partir de cette ressource. Evaluation globale dans le cadre d'un examen regroupant tous les volets du module sur les énergies renouvelables. Possibilité de visite optionnelle du méthaniseur du site METHELEC.
Horaire encadré	10 h (0 CM + 10 TD + 0 TP)
Responsable	Samir Taha
Enseignants	Christophe Vial, Pierre Fontanille, Samir Taha

b.6. Développement durable et écologie industrielle

Coef	0.5
Objectifs	L'objectif est de définir les principaux concepts du développement durable, de les intégrer dans une approche "écologie industrielle" et "écologie territoriale" applicable au secteur de l'énergie, puis de décrire les outils permettant de prendre en compte les impacts écologiques et environnementaux des choix technologiques (Analyse du Cycle de Vie, ACV...).
Acquis	- Connaître les concepts de développement durable et d'écologie industrielle - Connaître les outils associés à ces concepts (ACV...) Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que s nt : - Connaître les différents modes de production de l'énergie ; - Améliorer l'intégration des énergies renouvelables et décarbonées dans le mix énergétique ; - Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; - Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement.
Description	Cours assuré par des intervenants extérieurs, en partie dans le cadre du Centre d'Excellence Jean Monnet ERASME sur le développement durable de l'UCA. Evaluation dans le cadre d'un examen global regroupant tous les volets du module sur les énergies renouvelables
Horaire encadré	6 h (0 CM + 6 TD + 0 TP)
Responsable	Arnaud Diemer
Enseignants	Arnaud Diemer, Stéphane LEFEBVRE

c. Module Énergies fossiles carbonées et nucléaire

Code	570P9NFC
Coef	3

Objectifs	L'objectif est de : - connaître les combustibles fossiles carbonés et nucléaires (origine, ressources, traitements, cycles de vie...) ; - savoir comment et dans quels secteurs ils sont mis en oeuvre définir les technologies qui leur sont associées ; -connaître les enjeux et perspectives les concernant. Pour les combustibles fossiles, un accent est mis sur le gaz naturel (exploitation du réseau, utilisation dans le cadre de l'efficacité énergétique...) et la capture et le stockage du CO₂. Pour l'énergie nucléaire, il est mis sur la problématique des déchets et celle des réacteurs nucléaires du futur. Ces acquis permettront de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Connaître les différents modes de production de l'énergie ; - Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ; - Utiliser des outils de simulation et/ou de méthodes numériques.
Eléments de cours	Energies fossiles carbonées Energie Nucléaire
Horaire encadré	50 h (0 CM + 50 TD + 0 TP)
Responsable	Christophe Vial

c.1. Energies fossiles carbonées

Coef	2
Objectifs	L'objectif est de connaître les savoir-faire, enjeux et perspectives des secteurs gazier et pétrolier, ainsi que de définir le fonctionnement d'une raffinerie et des principaux procédés pétrochimiques à partir de leurs opérations unitaires. Un accent est mis sur le gaz, ses métiers, son réseau de distribution et ses applications à l'efficacité énergétique au niveau national.
Acquis	- Analyser un procédé pétrolier, gazier ou pétrochimique à partir de son diagramme process (PID) opérations unitaires qui le constituent - Connaître les méthodes de la capture, du stockage et du stockage du CO₂ - Connaître le secteur gazier (exploitation, affaires, technologie) Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Connaître les différents modes de production de l'énergie ; - Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ; - Utiliser des outils de simulation et/ou de méthodes numériques.
Description	Il s'agit d'un cycle de cours-conférences associant des intervenants académiques et des industriels (GRDF). L'évaluation consiste en un examen écrit.
Evaluation	C
Horaire encadré	19 h (0 CM + 19 TD + 0 TP)
Responsable	Christophe Vial
Enseignants	Christophe Vial, Fabrice Audonnet

c.2. Energie Nucléaire

Coef	1
Objectifs	Les objectifs des cours de base sont de : - Définir le fonctionnement d'une centrale nucléaire (les différentes générations de réacteurs, principe fonctionnement du réacteur REP, les périphériques du réacteur...) - Connaître le cycle du combustible - Connaître les risques radiologiques, leurs conséquences et la réglementation spécifique en France Des cours avancés traitent spécifiquement : - de la gestion quotidienne d'une centrale nucléaire - de la sûreté des installations nucléaires

	- du démantèlement des centrales L'analyse énergétique quantitative n'est pas abordée, car traitée dans le module « énergie et énergétique ».
Acquis	Les acquis correspondent aux objectifs du cours. Ils permettent d'accéder à des postes d'ingénieur dans le secteur du nucléaire comme - l'exploitation d'une tranche - la maintenance (hydraulique, mécanique, électrique...) de tranche - la formation aux métiers du nucléaire dont le démantèlement et la sûreté Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Connaître les différents modes de production de l'énergie ; - Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques.
Description	Le contenu, essentiellement sous forme de cours-conférences, est assuré exclusivement par des industriels du secteur du nucléaire (EDF, INGEROP, ORANO). Une visite de centrale nucléaire (CNPE) est également proposée chaque année aux étudiants.
Evaluation	Examen final, Écrit
Horaire encadré	31 h (0 CM + 31 TD + 0 TP)
Responsable	Christophe Vial
Enseignants	Vincent BOREL, Pierre Chazoule, Christian GLORENNEC, Adam NDAFIDI

d. Module Stockage, transport et distribution de l'énergie électrique

Code	570P9NSD
Coef	3
Objectifs	L'objectif est de définir les outils, méthodes et technologies de transport, distribution et stockage de l'énergie électrique, qu'elle soit produite par voie nucléaire, à partir de combustibles fossiles ou de sources renouvelables. L'UE est divisée en trois EC qui traitent : - des notions fondamentales du génie électrique - du transport et de la distribution de l'électricité et de leur monitoring des technologies de stockage et de leurs limitations Les savoirs acquis dans ces EC ont pour but de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Améliorer l'intégration des énergies renouvelables et décarbonées dans le mix énergétique ; - Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ; - Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement ; - Mener une veille technologique sur les méthodes et dispositifs innovants ; - Communiquer à l'écrit ou à l'oral au niveau national ou international.
Eléments de cours	Energie électrique Transport et distribution de l'électricité Stockage de l'énergie électrique
Horaire encadré	43 h (0 CM + 43 TD + 0 TP)
Responsable	Jean-Pierre Fontaine

d.1. Energie électrique

Coef	1
Objectifs	L'objectif est de rappeler les notions de base du génie électrique et de décrire les éléments technologiques indispensables au fonctionnement d'un réseau électrique de transport et de distribution, ou de le faire connaître aux non-spécialistes.
Acquis	- Connaître les bases du génie électrique HT pour non-spécialistes - Connaître les technologies associées aux réseaux électriques de transport et de distribution (transformateur, disjoncteur, sectionneur...) - Connaître les principes de fonctionnement de base d'un réseau électrique

	Le but est d'intégrer ces aspects afin de développer les compétences spécifiques suivantes parmi celles de l'option : - Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement ; - Mener une veille technologique sur les méthodes et dispositifs innovants ; - Communiquer à l'écrit ou à l'oral au niveau national ou international.
Description	Le cours est accompagné d'un projet tutoré qui couvre la totalité du volume de travail collaboratif (pas de TD ou de TP présentiels). Le projet est présenté sous la forme de cours inversé.
Evaluation	CC, présentation + rapport
Horaire encadré	24 h (0 CM + 24 TD + 0 TP)
Enseignant	Pascal Andre

d.2. Transport et distribution de l'électricité

Coef	1
Objectifs	L'objectif est de connaître les problématiques suivantes : - la nouvelle organisation du secteur électrique (dérégulation du réseau de distribution français dans marché concurrentiel) - les chemins de l'électricité de la centrale au client (exploitation d'un réseau public de distribution) - la transition énergétique : le raccordement des producteurs d'énergies renouvelables et rôle du réseau électrique - l'analyse de la qualité d'un réseau et les méthodes de planification et études technico-économiques - les outils de gestion et mesure (le smart-metering)
Acquis	- Concevoir et analyser un réseau de distribution de l'électricité - Connaître les méthodes de raccordement des productions renouvelables délocalisées - Connaître les outils technico-économiques de planification de l'évolution d'un réseau - Connaître les outils récents de monitoring Le but est de développer les compétences spécifiques suivantes : - Améliorer l'intégration des énergies renouvelables et décarbonées dans le mix énergétique ; - Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électrique.
Description	Cycle de cours-conférences assuré exclusivement par des intervenants industriels dont ENEDIS. Visites de l'ACR (Agence Régionale de Conduite poste source HTA et du Centre d'Appel d'Urgence ENEDIS).
Prérequis	Energie électrique
Horaire encadré	9 h (0 CM + 9 TD + 0 TP)

d.3. Stockage de l'énergie électrique

Coef	1
Objectifs	L'objectif est de définir les méthodes et technologies de stockage de l'énergie électrique actuelles ou prospectives. L'essentiel du contenu sera consacré aux avantages et limitations des technologies de stockage électrochimique (piles, batteries, accumulateurs...), ainsi qu'au tandem électrolyse-piles à combustibles dans le cadre du power-gaz, la STEP (stockage hydraulique) étant présentée dans le cas du module sur les Energies Renouvelables). Sur le volet prospectif, l'accent sera mis sur le vecteur Hydrogène.
Acquis	- Connaître les avantages et limitations des différents outils de stockage de l'énergie - Connaître les méthodologies de choix et de dimensionnement des stockages de type batteries, de l'hydrogène et piles à combustibles Le but est de développer les compétences spécifiques suivantes : - Assurer la maintenance de systèmes énergétiques ; - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ;

	- Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement.
Description	Ensemble de cours-conférences par des intervenants académiques et industriels. Evaluation couplée au projet d'énergie électrique du même module.
Prérequis	Energie électrique S9 Energie hydraulique et technologies associées S9
Evaluation	Commune avec Energie Electrique
Horaire encadré	10 h (0 CM + 10 TD + 0 TP)
Responsable	Jean-Pierre Fontaine
Enseignants	Jean-Pierre Fontaine, Fabrice Audonnet, Katia ARAUJO SA SILVA

e. Module Maîtrise des consommations d'énergie

Code	570P9NMC
Coef	3
Objectifs	L'objectif est d'approfondir deux des grands chapitres de la consommation d'énergie: - le bâtiment en général et l'habitat en particulier - l'industrie Un focus est mis sur le volet "économie de l'énergie" en partant de l'échelle mondiale jusqu'au contrat au niveau de l'entreprise, en passant par une description des marchés de l'énergie. Le but est d'acquérir des savoirs permettant de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Améliorer l'intégration des énergies renouvelables et décarbonées dans le mix énergétique ; - Mettre en oeuvre les concepts de bilan d'énergie prenant en compte les contraintes industrielles ou bâtimentaires ; - Analyser les besoins d'un projet industriel dans les domaines liés à la mise en oeuvre des matériaux et de l'énergie - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ; - Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement ; - Communiquer à l'oral ou à l'écrit au niveau national ou international.
Eléments de cours	Energie et Société L'énergie dans l'industrie L'énergie et le bâtiment
Horaire encadré	64 h (0 CM + 64 TD + 0 TP)
Responsable	Gaëlle Baudouin

e.1. Energie et Société

Coef	1
Objectifs	Le premier objectif est de présenter le rôle que joue l'énergie sur la Société, de démontrer comment elle a modelé le monde actuel, et en particulier d'analyser les liens entre l'énergie, le réchauffement climatique et le développement durable. Le deuxième objectif est de présenter les marchés de l'énergie d'un point de vue géopolitique et économique en partant de l'état des réserves, des besoins croissants et des différents scénarios d'évolution, puis en faisant un focus sur les marchés de l'énergie, les enjeux et les risques économiques et politiques à l'échelle mondiale. Le troisième objectif est de présenter les procédures de définition et de négociation de contrats appliquées au secteur de l'énergie, en partant des parties prenantes, puis en décrivant le déroulement d'un appel d'offre, ainsi que les techniques de maîtrise des risques, de suivi de prestation, de retour d'expérience et de renégociation.
Acquis	- Connaître les outils de la politique énergétique et les leviers de la transition énergétique - Savoir définir un cahier des charges et rédiger un appel d'offre dans le cadre d'un contrat énergie Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement ;

	- Analyser les besoins d'un projet industriel dans les domaines liés à la mise en oeuvre des matériaux et de l'énergie ; - Communiquer à l'oral ou à l'écrit au niveau national ou international.
Description	Cycle de cours-conférences assuré par intervenants extérieurs (Michelin...). Evaluation en commun avec le cours énergie dans l'Industrie du même module.
Prérequis	Énergie et énergétique : notions et ordres de grandeur S9
Evaluation	Examen final, Écrit
Horaire encadré	18 h (0 CM + 18 TD + 0 TP)
Enseignants	Christophe Vial, Christian Ngô (Edmonium Conseil), Thomas Rey (Michelin), Bruno Gayral (CEA)

e.2. L'énergie dans l'industrie

Coef	1
Objectifs	- Connaître les problématiques de l'énergie, du froid et de l'eau dans l'industrie Connaître les contraintes réglementaires associées aux utilités - Appliquer les outils de l'énergétique (bilan d'énergie...) - Appliquer les notions d'efficacité énergétique industrielle - Estimer les besoins en énergie avec un logiciel de simulation de procédés - Focus sur l'éclairage et ses méthodes de dimensionnement qui représente 9% de la consommation d'électricité de l'industrie
Acquis	- Etablir les bilans de matière et d'énergie appliqués à l'industrie - Manager la gestion du froid et de la vapeur dans l'industrie - Utiliser des logiciels de simulation comme outils d'aide à la décision - Manager la politique d'efficacité énergétique dans l'industrie Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que sont : - Améliorer l'intégration des énergies renouvelables et décarbonées dans le mix énergétique ; - Mettre en oeuvre les concepts de bilan d'énergie prenant en compte les contraintes industrielles ou bâtimentaires ; - Analyser les besoins d'un projet industriel dans les domaines liés à la mise en oeuvre des matériaux et de l'énergie ; - Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement.
Description	Cycle de cours-conférences assurés par des intervenants académiques et industriels. Les cours sont supportés par des travaux dirigés informatisés utilisant le logiciel DWSIM. L'évaluation des acquis est couplée à Énergie et société du même module.
Prérequis	Analyse énergétique des Systèmes S9 Énergie et énergétique : notions et ordres de grandeur S9 Énergie électrique S9
Horaire encadré	22 h (0 CM + 22 TD + 0 TP)
Responsable	Christophe Vial
Enseignants	Christophe Vial, Riadh BRAHAM, Thomas ROGER

e.3. L'énergie et le bâtiment

Coef	1
Objectifs	Donner des notions sur les méthodes d'évaluation des bilans énergétiques (énergie blanche, énergie grise), habitat bioclimatique (solutions de conception novatrices), les apports gratuits (ensoleillement), les matériaux nouveaux en isolation, le confort et confort d'été, la domotique et la gestion centralisée, le monitoring des consommations Utiliser un logiciel de thermique de l'habitat : CLIMAWIN
Acquis	- Etablir des bilan d'énergie appliqués à l'habitat - Utiliser des outils de gestion centralisée et monitoring pour l'efficacité énergétique de l'habitat - Utiliser des outils thermiques de dimensionnement du bâtiment conformes à la RE2020 Le but est de développer les compétences spécifiques de l'option que sont :

	- Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement ; - Analyser les besoins d'un projet industriel dans les domaines liés à la mise en oeuvre des matériaux et de l'énergie ; - Communiquer à l'oral ou à l'écrit au niveau national ou international.
Description	L'EC comporte des enseignements sous forme de cours magistraux, des TP avec le logiciel CLIMAWIN et une autoformation tutorée au cours de laquelle les étudiants travaillent en groupes par projets qui font l'objet d'un mémoire et d'une présentation orale. Celui-ci correspond à un travail de recherche qui aborde des aspects variés de la gestion de l'énergie, de l'écoconception et du développement durable dans le domaine du bâtiment sur des sujets choisis. Une application sur un cas concret complète le mémoire. L'évaluation des savoirs est réalisée au moyen du mémoire de projet, des comptes-rendus de TP et soit d'une présentation orale, soit d'un examen écrit.
Evaluation	CC, présentation + rapport
Horaire encadré	24 h (0 CM + 24 TD + 0 TP)
Responsable	Gaëlle Baudouin
Enseignant	Gaëlle Baudouin

4. UE3 Sciences Homme et Société (parcours Matériaux) [8 ECTS | 5 Coef]

a. Expression et communication

Code	570Q9E2C
Coef	2
Objectifs	Développer les compétences en communication écrite et orale des étudiants ingénieurs, et à les amener à développer et exposer un projet professionnel de manière claire et concise.
Acquis	-Exprimer ses idées clairement à l'oral -Définir un projet professionnel avec les outils approprié -Définir et présenter ses compétences acquises -Rédiger une synthèse bibliographique en suivant des consignes spécifiques
Description	Ce cours a pour objectif d'accompagner les étudiants ingénieurs dans le développement de leurs compétences en communication écrite et orale, tout en les aidant à structurer et présenter leur projet professionnel. Les étudiants apprennent à exprimer leurs idées de manière claire et convaincante lors de présentations orales, en utilisant des outils adaptés pour capter l'attention de leur public. Ils sont également formés à définir précisément leur projet professionnel, en s'appuyant sur une réflexion approfondie sur leurs compétences acquises et leur parcours. Une dernière partie du cours est dédiée à la rédaction d'une synthèse bibliographique, réalisée selon des consignes spécifiques, afin de développer leur capacité à analyser et organiser des informations complexes.
Prérequis	E2C (370N5CO1) (47EW7PSY)
Evaluation	CC
Horaire encadré	20 h (16 CM + 4 TD + 0 TP)
Responsable	Romy Sauvayre
Enseignants	Isabelle Echalié (BrownEurope), Baudouin Le Roux (Michelin)

b. Anglais

Code	570Q9ANG
Coef	2
Objectifs	Complément de formation à l'anglais général et technique lu, écrit, parlé. Familiarisation avec l'anglais du monde du travail. Préparation TOEIC si nécessaire.
Acquis	-Maîtriser l'anglais en situation professionnelle -Savoir préparer, animer une réunion et faire un compte rendu en anglais -Savoir présenter un sujet à l'oral
Description	-Préparation et présentation d'un exposé sur un stage ou sur le projet de recherche/développement Travail sur l'anglais du monde du travail -Préparation et tenue de réunion, rédaction d'un compte-rendu

	-Activités de lecture d'articles, d'écoute d'enregistrements authentiques, de débats sur un thème donné
Evaluation	C
Horaire encadré	22 h (0 CM + 22 TD + 0 TP)
Responsable	Michelle Didier
Enseignant	Michelle Didier

c. Insertion professionnelle

Code	570Q9PSY
Coef	1
Objectifs	Il s'agit d'une préparation à l'entretien d'embauche. Répondre aux questions que l'étudiant se pose, lui présenter des conseils et le mettre en situation pour qu'il expérimente par lui-même les différentes compétences et préalables requis pour réaliser un bon entretien d'embauche.
Acquis	-Savoir lire une offre d'emploi pour en extraire les mots clés pertinents afin d'élaborer un CV efficace -Mettre en place des stratégies de recrutement efficaces en fonction du profil du poste et de l'entreprise -Savoir se préparer à l'entretien d'embauche -Savoir gérer ses émotions, sa posture et sa communication non-verbale -Savoir exprimer son projet professionnel, ses expériences et ses compétences
Description	-Description du processus de recrutement -Conseils pour faire un bon CV -Les éléments à prendre en compte avant, pendant et après l'entretien d'embauche -Des conseils et astuces pratiques -Mises en situation pour développer des compétences en recherche d'emploi et valorisation des compétences -Cours et supports supplémentaires mis en ligne (ENT) -Liste de questions de recruteurs, lettre de motivation, exemples de CV, mode d'emploi pour constituer son profil LinkedIn, pour rédiger son CV - Vidéos (diffusées en cours et mises en ligne) -Questions interactives collectées au moyen de boîtiers interactifs de vote
Evaluation	CE
Horaire encadré	10 h (0 CM + 10 TD + 0 TP)
Responsable	Romy Sauvayre

5. UE3 UE3 Sciences Homme et Société (option Energie) [8 ECTS | 8 Coef]

a. Expression et communication

Coef	2
Objectifs	Ce cours vise à développer les compétences en communication écrite et orale des étudiants ingénieurs, et à les amener à développer et exposer un projet professionnel de manière claire et concise.
Acquis	- Exprimer ses idées clairement à l'oral - Définir un projet professionnel avec les outils approprié - Définir et présenter ses compétences acquises - Rédiger une synthèse bibliographique en suivant des consignes spécifiques
Description	Ce cours a pour objectif d'accompagner les étudiants ingénieurs dans le développement de leurs compétences en communication écrite et orale, tout en les aidant à structurer et présenter leur projet professionnel. Les étudiants apprennent à exprimer leurs idées de manière claire et convaincante lors de présentations orales, en utilisant des outils adaptés pour capter l'attention de leur public. Ils sont également formés à définir précisément leur projet professionnel, en s'appuyant sur une réflexion approfondie sur leurs compétences acquises et leur parcours. Une dernière partie du cours est dédiée à la rédaction d'une synthèse bibliographique, réalisée selon des consignes spécifiques, afin de développer leur capacité à analyser et organiser des informations complexes.
Prérequis	Cours E2C de 3e année et 4e année
Evaluation	CC

Horaire encadré	18 h (0 CM + 18 TD + 0 TP)
Responsable	Romy Sauvayre
Enseignant	Baudouin Le Roux (Michelin)

b. Anglais

Coef	2
Objectifs	Complément de formation à l'anglais général et technique lu, écrit, parlé Familiarisation avec l'anglais du monde du travail Préparation TOEIC si nécessaire
Acquis	Maîtriser l'anglais en situation professionnelle Savoir préparer, animer une réunion et faire un compte rendu en anglais Savoir présenter un sujet à l'oral
Description	Préparation et présentation d'un exposé sur un stage ou sur le projet de recherche/développement Travail sur l'anglais du monde du travail Préparation et tenue de réunion, rédaction d'un compte-rendu Activités de lecture d'articles, d'écoute d'enregistrements authentiques, de débats sur un thème donné
Evaluation	CE
Horaire encadré	22 h (0 CM + 22 TD + 0 TP)
Responsable	Bénédicte Bousset
Enseignant	Bénédicte Bousset

c. Insertion professionnelle

Coef	1
Objectifs	Il s'agit d'une préparation à l'entretien d'embauche. Répondre aux questions que l'étudiant se pose, lui présenter des conseils et le mettre en situation pour qu'il expérimente par lui-même les différentes compétences et préalables requis pour réaliser un bon entretien d'embauche.
Acquis	Savoir lire une offre d'emploi pour en extraire les mots clés pertinents afin d'élaborer un CV efficace Mettre en place des stratégies de recrutement efficaces en fonction du profil du poste et de l'entreprise Savoir se préparer à l'entretien d'embauche Savoir gérer ses émotions, sa posture et sa communication non-verbale Savoir exprimer son projet professionnel, ses expériences et ses compétences
Description	Description du processus de recrutement Conseils pour faire un bon CV Les éléments à prendre en compte avant, pendant et après l'entretien d'embauche Des conseils et astuces pratiques Mises en situation pour développer des compétences en recherche d'emploi et valorisation des compétences Cours et supports supplémentaires mis en ligne (ENT) Liste de questions de recruteurs, lettre de motivation, exemples de CV, mode d'emploi pour constituer son profil LinkedIn, pour rédiger son CV Vidéos (diffusées en cours et mises en ligne) Questions interactives collectées au moyen de boîtiers interactifs de vote
Evaluation	CE
Horaire encadré	10 h (10 CM + 0 TD + 0 TP)
Responsable	Romy Sauvayre
Enseignant	Myriam Doghmi

d. Projet transversal

Coef	3
Objectifs	L'objectif est la mise en oeuvre des compétences d'un ou de plusieurs modules du parcours NRJ dans un projet "transversal" dans lequel la qualité du rendu (rapport écrit et soutenance est travaillée dans le cadre des enseignements de communication de l'UE.
Acquis	Il s'agit d'acquérir une démarche professionnelle par la conduite d'un projet, éventuellement en groupe développer ses capacités de travail en équipe. Les compétences mises en jeu sont :

	- Développer l'adaptabilité, l'autonomie, la capacité d'organisation et de gestion de l'emploi du temps ; - Développer sa capacité à rendre des comptes à son encadrement et à rédiger et présenter oralement démarche, ses résultats et les difficultés rencontrées ; - Développer une analyse transversale d'une problématique, conduire un projet et le réaliser. Du point de vue des compétences spécifiques à l'option, le projet transversal a pour but de développer et d'évaluer la compétence suivante : - Communiquer à l'oral ou à l'écrit au niveau national ou international. Toutefois, le volet scientifique du travail doit permettre de développer au moins l'une des compétences parmi les suivantes : - Concevoir, analyser et maintenir des systèmes énergétiques thermiques et électriques ; - Utiliser des outils de simulation et/ou de méthodes numériques ; - Utiliser et développer des techniques et des dispositifs respectueux de l'environnement ; - Mener une veille technologique sur les méthodes et dispositifs innovants ;
Description	Le volume horaire, excepté la soutenance orale, correspond en totalité à un temps de travail projet (aucun enseignement présentiel). Il permet aux étudiants, partagés en groupes, d'effectuer leur recherche bibliographique et/ou de réaliser un travail expérimental si nécessaire, de conduire leur analyse qualitative et quantitative, d'utiliser des logiciels de conception et de simulation si nécessaire. Le suivi du projet est assuré par un tuteur scientifique par rendez-vous dans les créneaux horaires dédiés au projet dans l'emploi du temps (22h). L'évaluation porte à la fois sur le travail réalisé pendant le projet, la qualité du rapport écrit et celle de la soutenance orale en lien avec le cours de communication.
Evaluation	Présentation + rapport
Horaire encadré	2 h (0 CM + 2 TD + 0 TP)
Travail personnel	22 h
Responsable	Christophe Vial

B. Semestre 10 [30 ECTS | 30 Coef]

1. UE4 Stage ou contrat pro [30 ECTS | 30 Coef]

a. Stage

Code	57DQ10ST
Coef	30
Objectifs	Stage ingénieur en entreprise - durée 5 à 6 mois Possibilité de faire cette année en contrat de professionnalisation de 1 an
Acquis	Approche du métier et des fonctions d'un ingénieur en entreprise Synthèse écrite et orale d'un projet professionnel de 5 mois minimum
Description	Stage d'ingénieur en entreprise d'une durée minimale de 5 mois
Evaluation	Rapport + soutenance
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)
Responsable	Pierre Druilhet

b. Alternant (pour les étudiants qui font un contrat pro)

Code	570T10AL
Coef	30
Eléments de cours	Bilan mi-parcours Bilan final
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)

b.1. Bilan mi-parcours

Code	70T10MP
Coef	3
Evaluation	Soutenance

Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)
-----------------	--------------------------

b.2. Bilan final

Code	570T10BF
Coef	7
Evaluation	Rapport + soutenance
Horaire encadré	0 h (0 CM + 0 TD + 0 TP)