

Filière : GENIE THERMIQUE

Spécialité :

ENERGIE RENOUVELABLE

1. OBJECTIF DE LA FORMATION

La formation des techniciens supérieurs en Energies Renouvelables conduit à la connaissance des multiples sources d'énergies renouvelables depuis leur états primaire (solaire, vent, marées, biomasse, ...) jusqu'aux processus de conversion et d'obtention de l'énergie (photovoltaïque, éolienne, biogaz, marémotrice, biocombustible). Le Technicien supérieur participe à la mise en œuvre des solutions techniques prenant en compte l'environnement et l'importance des économies d'énergie.

2. COMPETENCES RECHERCHEES

• Compétences génériques

- Travailler en autonomie, collaborer en équipe ;
- Analyser, synthétiser un document professionnel (français, anglais) ;
- Communiquer à l'oral, à l'écrit, en entreprise ou extérieur (français, anglais) ;
- Participer à /Mener une démarche de gestion de projet ;
- Connaître et exploiter les réseaux professionnels et institutionnels des secteurs de l'électricité.

• Compétences spécifiques

- Comprendre les caractéristiques techniques et les modes de fonctionnement des systèmes et des installations thermiques et énergétiques ;
- Effectuer l'installation, la mise en service et la maintenance des installations thermiques et énergétiques ;
- Maîtriser les technologies liées aux énergies renouvelables ;
- Connaître les matériaux et matériels utilisés ;
- Vérifier la conformité des matériels installés ;
- Participer à l'expertise d'une installation (inventorier les matériels, analyser des dysfonctionnements, évaluer des états de vétusté) ;
- Comprendre, appliquer et faire appliquer les normes et les réglementations en vigueur et les règles de sécurité propres à chaque installation.
- Etre capable de raisonner avec méthode et de détecter une situation anormale ;
- Installer les équipements et matériels dans le respect du dossier technique ;
- Intervenir sur des installations (effectuer des relevés, mettre en œuvre des procédures, réaliser des essais, effectuer des réglages) ;
- Choisir et dimensionner des installations liées aux énergies renouvelables ;
- Etablir des devis ;
- Assurer la maintenance préventive et corrective des installations énergétiques ;
- Choisir et dimensionner les différents constituants d'une centrale de production d'électricité ;
- Mettre en service les installations et former les utilisateurs ;
- Effectuer des opérations de dépannage.

3. DEBOUCHES

- Agent Technicien en Energies Renouvelables ;
- Monteur-dépanneur des installations thermiques et énergétiques ;
- Technicien de recherche ;

- Dépanneur des systèmes solaires thermiques ;
- Mainteneur en bioénergie et hydroélectricité ;
- Technicien de maintenance des systèmes solaires thermiques ;
- Conseiller technique dans les agences de l'énergie ;
- Assistant ingénieur ;
- Technicien en énergies renouvelables appliquées au bâtiment.
- Agent d'encadrement en énergies renouvelables ;
- Technicien d'intervention et de maintenance en Energies Renouvelables ;
- Chef d'équipe de maintenance en Energies Renouvelables ;
- Technicien de maintenance en génie thermique ;
- Technicien en instrumentation.



4. ORGANISATION DES ENSEIGNEMENTS

SEMESTRE 1

Filière : GENIE THERMIQUE		Spécialité : ENERGIE RENOUELABLE					
CODE UE	Intitulé des enseignements	Volume horaire					Nombre de crédits
		CM	TD	TP	TPE	Total	
UE Fondamentales 30% (2 UE) 9 crédits 135 heures							
ENR111	Mathématiques I	30	25	0	5	60	4
ENR112	TIC I	35	10	25	5	75	5
UE Professionnelles 60% (4 UE) 18 crédits 270 heures							
ENR113	Electricité générale et Circuits électriques	40	15	15	5	75	5
ENR114	Machine électrique I	35	10	10	5	60	4
ENR115	Electronique et automatisme	40	20	15	0	75	5
ENR116	Sources et stockage d'énergies	30	10	15	5	60	4
UE Transversales 10% (1 UE) 3 crédits 45 heures							
ENR117	Formation bilingue	25	15	0	5	45	3
Total		235	105	80	30	450	30

SEMESTRE 2

Filière : GENIE THERMIQUE		Spécialité : ENERGIE RENOUELABLE					
CODE UE	Intitulé des enseignements	Volume horaire					Nombre de crédits
		CM	TD	TP	TPE	Total	
UE Fondamentales 30% (2 UE) 9 crédits 135 heures							
ENR121	Mathématiques II	30	25	0	5	60	4
ENR122	Physique et Chimie I	35	20	15	5	75	5
UE Professionnelles 60% (4 UE) 18 crédits 270 heures							
ENR123	Machines électriques et techniques de mesures	45	25	0	5	75	5
ENR124	Mécanique des fluides et Transfert thermique I	45	25	0	5	75	5
ENR125	Energies Renouvelables I	40	15	0	5	60	4
ENR126	CAO et DAO en Energies renouvelables	10	10	40	0	60	4
UE Transversales 10% (1 UE) 3 crédits 45 heures							
ENR127	Economie et Gestion des entreprises	30	10	0	5	45	3
Total		235	130	55	30	450	30

SEMESTRE 3

Filière : GENIE THERMIQUE		Spécialité : ENERGIE RENOUEVELABLE					
CODE UE	Intitulé des enseignements	Volume horaire					Nombre de crédits
		CM	TD	TP	TPE	Total	
UE Fondamentales 30% (2 UE) 9 crédits 135 heures							
ENR231	Statistiques et TIC II	35	10	10	5	60	4
ENR232	Physique II et Base QHSE	35	20	15	5	75	5
UE Professionnelles 60% (4 UE) 18 crédits 270 heures							
ENR233	Productions et schémas+ TP	20	20	30	5	75	5
ENR234	Transfert thermique II et Fluides et réseaux	45	25	0	5	75	5
ENR235	Energies Renouvelables II	40	15	0	5	60	4
ENR236	Efficacité énergétique et couplage au réseau	40	15	0	5	60	4
UE Transversales 10% (1 UE) 3 crédits 45 heures							
ENR237	Education citoyenne et déontologie professionnelle	25	15	0	5	45	3
Total		240	120	55	35	450	30

SEMESTRE 4

Filière : GENIE THERMIQUE		Spécialité : ENERGIE RENOUEVELABLE					
CODE UE	Intitulé des enseignements	Volume horaire					Nombre de crédits
		CM	TD	TP	TPE	Total	
UE Fondamentales 30% (2 UE) 9 crédits 135 heures							
ENR241	Mathématiques III	45	25	0	5	75	5
ENR242	Normes et Reclementation en Thermique et Energétique	40	15	0	5	60	4
UE Professionnelles 60% (4 UE) 18 crédits 270 heures							
ENR243	Dimensionnement et maintenance des systèmes énergétiques	30	15	10	5	60	4
ENR244	Installations électriques et appareillages	20	10	10	5	45	3
ENR245	TP Energie renouvelables	10	0	60	5	75	5
ENR246	Stage professionnel	0	0	60	30	90	6
UE Transversales 10% (1 UE) 3 crédits 45 heures							
ENR247	Entreprenariat et marketing appliqué aux disciplines	25	15	0	5	45	3
Total		170	80	140	60	450	30

5. DESCRIPTIF DES UNITES D'ENSEIGNEMENT

❖ ENR111 : Mathématiques I 4 crédits (60 heures)

➤ Mathématiques I : 4 crédits (60 heures); CM, TD, TPE

1. Fonctions d'une variable réelle
2. Fonctions circulaires, hyperboliques et leurs réciproques
3. Différentielle d'une fonction
4. Équations différentielles
5. Formule de Taylor et Développements limités
6. Intégrales simples et applications
7. Intégrales multiples et applications au calcul de surface et de volume
8. Suites Numériques
9. Séries Numériques
10. Séries de Fourier

❖ ENR121 : Mathématiques II 4 crédits (60 heures)

➤ Mathématiques II : 4 crédits (60 heures); CM, TD, TPE

1. Transformation de Laplace
2. Transformation de Fourier
3. Fonctions à plusieurs variables \mathbb{R} Champs scalaires et de vecteurs et quelques applications
4. Systèmes linéaires
5. Nombres complexes
6. Polynômes et fractions rationnelles
7. Espaces vectoriels et espace vectoriel euclidien
8. Applications linéaires
9. Les matrices

❖ ENR112 : TIC I 5 crédits (75 heures)

➤ TIC I : 5 crédits (75 heures); CM, TP

1. **Généralités et vocabulaire**
 - Notion d'information et d'informatique ;
 - Résolution des problèmes par l'informatique ;
 - Typologie et configuration informatiques ;
 - Domaines d'application de l'Informatique ;
2. **Représentation et traitement de l'information**
 - Systèmes des nombres ;
 - Représentation des nombres et des caractères (Codage de l'information) ;
 - Logique booléenne ;
 - Circuits de calculs & de mémoire ;
 - Présentation et différences entres données numériques & données non numériques.
3. **Structure et fonctionnement d'un micro-ordinateur**
 - Architectures des micro-ordinateurs ;
 - Unités fonctionnelles (unité centrale, unités d'entrée et de sortie) ;
 - Architecture et performances des microprocesseurs ;

- Programmer un micro-ordinateur (programmation binaire, hexadécimale, langages d'assemblage et évolué) ;
 - Présentation et rôles des Programmes, leurs applications.
4. **Frontière « Machine (Hardware) - Homme (Software) » comme solutions des problèmes**
- Le BIOS ;
 - Les systèmes d'applications ;
 - Les programmes d'applications.

❖ ENR122 : Physique et Chimie 5 crédits (75 heures)

➤ Physiques I : 3 crédits (45 heures); CM, TD, TP, TPE

Mécanique

1. Cinématique

- Introduction ;
- Système référentiel et vecteur de position ;
- Vitesse et accélération ;
- Mouvement dans le champ de pesanteur.

2. Action des forces sur un point matériel :

- Principe d'inertie et principe fondamental de la dynamique ;
- Superposition des forces ;
- Les forces d'inertie ;
- Frottements et forces de frottement.

3. La gravitation :

- Force de la pesanteur ;
- Loi de la gravitation ;
- Champs de forces.

4. Travail, Puissance, Energie et Quantité de mouvement :

- Travail ;
- Puissance ;
- Energie ;
- Quantité de mouvement.

5. Action des forces sur un corps solide :

- Statique ;
- Cinétique des corps solides.

6. Mécanique des fluides ;

- Fluide et gaz au repos ;
- Ecoulement de liquide incompressible.

➤ Chimie : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TP, TPE

1. Réactions Nucléaires

- Décrire la structure d'un noyau (nombre de masse A, numéro atomique Z).
- Caractériser l'isotopie ;
- Distinguer les réactions nucléaires spontanées et provoquées ;
- Établir l'équation d'une transformation radioactive ;
- Évaluer le défaut de masse et l'énergie dégagée par une réaction nucléaire ;
- Exploiter la loi de décroissance radioactive ;
- Définir l'activité d'un radio-isotope et sa période radioactive ;
- Appliquer les règles de radioprotection ;
- Expliquer le principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire ;

- Proposer une stratégie expérimentale pour quantifier le rayonnement reçu en fonction du temps, de la distance et des matériaux traversés.

2. Corps purs et mélanges

- Distinguer les différents types de mélanges (suspensions, émulsions, alliages, solutions aqueuses, fumées et brouillards) ;
- Définir le vocabulaire spécifique (homogène, hétérogène, solvant, soluté, solution, aqueux, hydraté, anhydre, solubilité d'un soluté dans un solvant) ;
- Définir et évaluer la masse volumique d'une solution, la densité d'une solution, la concentration molaire, la concentration massique, les fractions molaire et massique, les teneurs massique et molaire ;
- Distinguer la concentration molaire de la normalité ;
- Établir et appliquer les relations entre grandeurs molaires et grandeurs massiques ;
- Décrire et expliquer le fonctionnement d'un procédé d'extraction liquide-liquide ;
- Établir un bilan de matière global et partiel pour chacun des constituants d'une extraction liquide-liquide ;
- Énoncer et appliquer la loi des gaz parfaits ;
- Définir la pression totale et les pressions partielles pour un mélange gazeux ;
- Distinguer pression absolue et pression relative ;
- Établir l'expression et évaluer la masse volumique, le volume massique et le volume molaire d'un gaz parfait dans des conditions données ;
- Décrire et expliquer le fonctionnement d'un procédé d'extraction liquide-gaz : absorption et désorption ;
- Établir un bilan de matière global et partiel pour chacun des constituants d'une extraction liquide-gaz.

3. Réactions chimiques

- Décrire la structure électronique d'un atome d'après son numéro atomique ;
- Distinguer les liaisons ioniques et les liaisons covalentes ;
- Représenter des molécules simples dans le modèle de Lewis ;
- Établir une équation de réaction ;
- Établir un bilan molaire ;
- Définir et évaluer une enthalpie standard de réaction à l'aide de données tabulées ;
- Distinguer transformations exothermiques et endothermiques ;
- Distinguer les cas d'équilibre chimique et de transformation totale ;
- Établir l'expression d'une constante d'équilibre ;
- Identifier les paramètres et appliquer les lois d'influence sur le déplacement des équilibres chimiques.

4. Vitesse de réaction

- Définir la vitesse d'une réaction par rapport à un réactif ou un produit ;
- Définir la constante de vitesse ;
- Définir l'ordre d'une réaction par rapport à un réactif et exploiter l'équation donnant sa concentration en fonction du temps ;
- Définir le temps de demi-réaction ;
- Identifier les facteurs cinétiques : influence de la température et de la concentration à partir de données de suivi de la réaction ;
- Expliquer le rôle d'un catalyseur ;
- Exploiter la courbe donnant l'évolution d'une composition d'un réactif ou d'un produit dans le temps pour identifier l'ordre de réaction et évaluer la constante de vitesse et le temps de demi-réaction.

5. Réactions en solution aqueuse : acide/base et oxydoréduction

- Définir le vocabulaire spécifique: acide, base selon Brönsted, oxydant, réducteur ;

- oxydation, réduction, couple acido-basique, couple oxydo-réducteur ;
- Distinguer une réaction acido-basique d'une réaction d'oxydoréduction en mettant en évidence les échanges de protons puis d'électrons ;
- Établir un lien entre les pouvoirs dissociant, dispersant et solvatant de l'eau, ses propriétés physiques et sa structure moléculaire ;
- Expliquer le cas particulier de l'eau : couples de l'eau, autoprotolyse, K_e , ampholyte ;
- Réactions acido-basiques ;
- Réactions d'oxydoréduction.

6. Chimie organique

- Identifier les formules brutes, développées planes, semi-développées et topologiques des isomères des hydrocarbures simples (alcane, cycloalcanes, alcènes, benzène) et de leurs dérivés (alcool, acide carboxylique, aldéhydes et cétones) et savoir les nommer ;
- Etablir un lien entre la structure d'une molécule d'hydrocarbure et ses propriétés chimiques ;
- Distinguer les trois types de réactions en chimie organique : réactions de substitution, d'addition et d'élimination ;
- Distinguer monomère et polymère ;
- Distinguer les types de réactions de polymérisation ;
- Décrire les propriétés de quelques polymères industriels.
- Les fluides frigorigènes ;
- Les huiles frigorigènes ;
- Chimie et environnement : impacts des fluides et substances utilisées en froid et climatisation sur l'environnement.

❖ ENR113 : Electricité générale et Circuits électriques 5 crédits (75 heures)

➤ Electricité générale : 3 crédits (45 heures); CM, TD, TPE

1. Outils mathématiques

- Éléments de Calcul vectoriel (Systèmes de coordonnées, Produit scalaire, Produit vectoriel) ;
- Champ de scalaires, champ de vecteurs et Flux du vecteur Champ.

2. Champ et Potentiel Electrostatiques

- Champ électrostatique ;
- Potentiel électrostatique ;
- Travail d'une force électrostatique ;
- Distribution de charges ;
- Dipôle électrique ;
- Flux du champ électrostatique -Théorème de Gauss.

3. Induction magnétique- Théorème d'Ampère

- Force de Lorentz et induction magnétique (Force de Lorentz, Mouvement d'une particule électrisée dans un champ électrique uniforme, Mouvement d'une particule électrisée dans une induction magnétique uniforme) ;
- Effets magnétiques des courants (Loi de Laplace, Loi de BIOT et SAVART, Notion de densité de courant) ;
- Flux de l'induction magnétique – Théorème d'Ampère ;
- Induction magnétique créée par un conducteur circulaire en un point éloigné- Notion de moment magnétique.

4. Travail des forces électromagnétiques

- Déplacement d'un circuit dans une induction magnétique (Travail élémentaire, Circuits de petites dimensions – Induction magnétique uniforme, Calcul des forces et couples magnétiques appliqués à un circuit) ;
- Notion d'inductance (Inductance propre, Inductance mutuelle) ;
- Applications.

5. Induction électromagnétique

- Déplacement d'un conducteur dans une induction magnétique uniforme (Champ électromoteur et f.é.m. induite, Loi de LENZ, Notion de générateur et de moteur) ;
- Loi d'induction de FARADAY (Auto-induction, F.é.m. d'auto-induction, Etablissement d'un courant dans un circuit R L, Coupure d'un courant dans un circuit R L) ;
- Energie magnétique ;
- Applications.

6. Capacités-condensateurs

- Capacité d'un condensateur isolé (Définition, Capacité d'une sphère conductrice) ;
- Condensateur (Définition, Charge portée par les armatures : cas d'un condensateur sphérique pour simplifier) ;
- Groupement de capacités ;
- Charge et décharge d'un condensateur à travers une résistance.

7. Courant alternatif monophasé

- Rappels sur les nombres complexes ;
- Tensions et courants sinusoïdaux ;
- Loi d'Ohm en AC ;
- Dipôle en AC ;
- Puissance en AC monophasé ;
- Bilan de puissance dans un circuit - Théorème de Boucherot.

8. Les régimes triphasés

- Les régimes équilibrés: tensions et courants sinusoïdaux ;
- Charges triphasées équilibrées ;
- Charges déséquilibrées ;
- Puissance en alternatif triphasé.

➤ Circuits électriques : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TPE

1. Circuit électrique en courant continu

- Dipôle électrique : définition, courant et tension comme grandeurs orientées, dipôle linéaire, dipôle non linéaire, dipôle actif et passif, caractéristique statique, convention des sens et comportement énergétique, résistance linéaire et loi d'Ohm, résistance non linéaire ;
- Méthodes d'analyse des circuits linéaires en courant continu : lois de Kirchhoff, théorème de Helmholtz, méthode des courants de maille, théorème de Millman ;
- Interaction entre un dipôle actif et un dipôle passif variable : tension, intensité du courant, puissance, pertes internes, rendement, adaptation de la puissance ;
- Simplification des circuits linéaires : circuits linéaires passifs (théorèmes d'équivalence, loi de Kennely), circuits linéaires actifs (théorème de Thévenin, théorème de Norton).

2. Phénomènes périodiques

- Grandeurs électriques périodiques : période, fréquence, valeur continue, valeur efficace, puissance active, oscillation, rapports caractéristiques des grandeurs périodiques ;
- Oscillations électriques sinusoïdales : caractéristiques (amplitude, pulsation, phase à l'origine), valeurs moyennes, superposition, représentations (vecteur de Fresnel, symbole complexe) ;
- Oscillations électriques non sinusoïdales : Série de Fourier d'une oscillation non sinusoïdale, Définitions spécifiques au régime électrique non sinusoïdal (valeur efficace, puissance active, puissance apparente, facteur de puissance, puissance réactive, puissance déformante, taux d'harmoniques, taux d'ondulation, etc.), Réponse d'un circuit linéaire à une excitation non sinusoïdale.

3. Circuit électrique linéaire en régime sinusoïdal à fréquence fixe

- Notion de linéarité des dipôles électriques en excitation sinusoïdale ;
- Modélisation des dipôles linéaires élémentaires passifs : lois d'Ohm, comportements des dipôles électriques en excitation sinusoïdale ;
- Dipôles linéaires en régime sinusoïdal : puissance instantanée, puissance active, puissance apparente, puissance réactive, facteur de puissance, puissance complexe ;
- Circuits linéaires en régime sinusoïdal : lois de Kirchhoff, association des dipôles élémentaires passifs, simplification des circuits linéaires passifs (lois de la division de la tension et du courant, loi de Kerrelly), résonance, simplification des circuits linéaires actifs (puissance de la source, théorème de Thévenin, théorème de Norton), adaptation de la puissance, compensation, méthodes d'analyse (lois de Kirchhoff, théorème de Helmholtz, méthode des courants de maille, théorème de Millman) ;
- Notion de quadripôle électrique : paramètres, impédances d'entrée et de sortie, résistance d'onde et adaptation de la puissance apparente, impédances images.

4. Circuit électrique linéaire en excitation sinusoïdale à fréquence variable

- Expression des paramètres en fonction de la fréquence ;
- Réponse d'un circuit linéaire à une excitation sinusoïdale lorsque la fréquence varie ;
- Lieux des paramètres et leur inversion, fonction en transfert, amplification ou gain ;
- Diagrammes de Bode et de Nyquist ;
- Filtres classiques.

5. Etablissement et interruption du courant électrique dans un circuit linéaire

- Commutation d'un circuit linéaire (RL, RC, RLC) soumis à une tension constante ;
- Commutation d'un circuit linéaire (RL, RC, RLC) soumis à une tension sinusoïdale.

❖ ENR123 : Machines électriques et Techniques de mesures 5 crédits (75 heures)

➤ Machines électriques II : 3 crédits (45 heures); CM, TD

1. Notion de conversion d'énergie (circuit magnétiques, énergie magnétique, principes de fonctionnement des machines)

2. Machines synchrones

- Constitution et principe de fonctionnement ;
- Modélisation et caractéristiques ;
- Bilan énergétique ;

- Réversibilité des machines synchrones ;
- Les Alternateurs ;
- Modélisation en régime linéaire, puis saturé (Behn – Eschurberg, Blondel, potier ...)
- Moteur synchrone, caractéristiques à puissances constantes (courbes en V dites de Mordy) ;
- Caractéristiques à tension constante (fonctionnement à compensateur synchrone).
- Couplage d'un alternateur au réseau électrique.

3. **Machines asynchrones triphasées**

- Constitution et principe de fonctionnement ;
- Modélisation et caractéristiques électromécaniques ;
- Diagrammes circulaires simplifié et normalisé UTE ;
- Bilan énergétique ;
- Machines particulières.

4. **Machines asynchrones monophasées**

- Organisations technologiques et principes ;
- Modélisation et caractéristiques ;
- Démarrage ;
- Moteurs pas-à-pas ;
- Moteur universel.

➤ **Techniques de mesures : 2 crédits (30 heures); CM, TD**

1. **Chaines de mesures**

2. **Les capteurs**

- Principes de fonctionnement;
- Choix du principe / choix du capteur ;
- Capteurs absolus, relatifs, différentiels ;
- Gamme de mesure et sensibilité,
- Dynamique du capteur.

3. **L'électronique de conditionnement**

- Alimentation courant / tension ;
- Amplificateur de charge ;
- Sensibilité.

4. **Notion de traitement du signal** (dans le contexte de l'acquisition de données)

- Différents types de signaux ;
- Echantillonnage;
- Le repli de spectre ;
- Numérisation ;
- Analyse de Fourier ;
- Estimation de la DSP ;
- Filtrage.

5. **Incertitudes de mesures**

- Rappels de probabilités;
- Moyenne, écart-type, durée de mesure ;
- Compositions des erreurs;
- Fonction de répartition ;
- Densité de probabilité ;
- Distribution normale, de Student ;
- Estimateurs robustes ;
- Histogrammes.

6. **Modélisation des mesures**

- Corrélation entre deux variables aléatoires ;
- Régression de première et seconde espèce ;
- Les modèles : méthode des moindres carrés ;
- Méthode du chi-carré ;
- Effets périodiques ;
- Mesures douteuses ;
- Validation du modèle ;
- Qualité de l'ajustement.

7. **Grandeurs de référence et étalonnages**

- Grandeurs de référence et étalon de transfert (pour les grandeurs de la mécanique);
- Etalonnage et acquisition numérique.

8. **Le comptage en acquisition numérique**

- Signaux et encodeurs ;
- Signaux tachymétriques ;
- Capteurs de proximité ;
- Capteurs tachymétriques ;
- Temps réel ;
- Horloge interne.

❖ **ENR114 : Machines électriques I** **5 crédits (75 heures)**

➤ **Machines électriques I : 5 crédits (75 heures); CM, TD, TPE**

A- Machines à courant continu

1. Circuit magnétique
2. Constitution et principe de fonctionnement
3. Modélisation et caractéristiques (construction de Picou ...)
4. Bilan énergétique
5. Réversibilité des machines à courant continu
6. Fonctionnement en générateur des différents types de machine à courant continu
7. Fonctionnement en moteur des différents types de machine à courant continu
8. Domaine d'application, Choix et Maintenance des machines à courant continu

B- Transformateurs

1. Transformateurs monophasés

- Constitution et principe de fonctionnement ;
- Modélisation et diagrammes ;
- Caractéristiques et essais ;
- Bilan énergétique ;
- Condition de marche en parallèle.

2. Transformateurs triphasés

- Constitution et principe de fonctionnement ;
- Connexion des enroulements, gonflage des enroulements ;
- Indice horaire, caractéristique et essais.

3. Transformateurs spéciaux (de mesure)

- Auto transformateur ;
- Transformateur de potentiel ;
- Transformateur de courant.

4. Choix des Transformateurs et Maintenance

➤ **Mécanique des fluides : 3 crédits (45 heures); CM, TD, TPE**

1. **Introduction à la mécanique**
2. **Cinématique du point matériel**
3. **Dynamique du point Matériel**
4. **Généralités sur les fluides et milieu continu.**
5. **Statique des fluides**
6. **Cinématique des fluides**
7. **Dynamique des fluides parfaits**
 - Equations de conservations (matière, quantité de mouvement, énergie) et applications.
8. **Dynamique des fluides réels**
 - Viscosité ;
 - Analyse dimensionnelle ;
 - Types d'écoulements ;
 - Pertes de charges
9. **Les turbomachines (pompes, ventilateurs, turbines)**
 - Description ;
 - Classification ;
 - Etude de l'écoulement de particules de fluides dans la roue des turbomachines (triangle de vitesses) ;
 - Performances des turbomachines (travail échangé, puissance, rendements, pression disponible, hauteurs manométrique etc.) ;
 - Lois de similitudes.

➤ **Transfert thermique : 2 crédits (30 heures); CM, TD**

1. **Rappels et compléments mathématiques et généralités sur le transfert thermiques**
2. **Conduction**
 - Loi de Fourier et ses applications
 - Equation de conduction et résolution pour quelques configurations simples en régime permanent (mur plan simple et composite, cylindre creux, problèmes avec génération de chaleur).
3. **Convection**
 - Notion de couche limite,
 - Notion d'analyse dimensionnelle ;
 - Nombres adimensionnels,
 - Corrélation empiriques en convection (convection libre, forcée);
4. **Rayonnement thermique**
 - Description du phénomène ;
 - Grandeurs physiques utilisées ;
 - Lois du rayonnement thermique ;
 - Calculs des échanges radiatifs pour des configurations simples.

➤ **Automatisme + TP : 3 crédits (45 heures); CM, TD, TP****A- Considérations préliminaires et essentielles relatives aux automatismes industriels****1. Introduction**

- Définition et concept ;
- Fonctions et objectifs ;
- Exigence et complexité.

2. Bases de l'Algèbre de Boole**3. Méthode d'analyse**

- Méthode des chronogrammes ;
- Méthode de Karnaugh.

4. Méthode de synthèse

- Synthèse par la technologie câblée ;
- Méthode Grafcet (Analyse Grafcet) ;
- Synthèse et technologies

B- Considérations essentielles relatives aux automatismes industrielles à technologie programmée**1. Définition et concepts****2. Technologie des automatismes industriels, critères de choix****3. Les automatismes industriels API :**

- Les automatismes programmables industriels ;
- Organisation matérielle et fonctionnelle ;
- Interfaçage et extension ;
- Choix.

4. Etude d'un automate au choix (selon la disponibilité)

- Architecture et environnement ;
- Langage et programmation ;
- Mise en œuvre et choix.

5. Travaux pratiques au laboratoire➤ **Electronique I : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TPE****1. Notions de semi-conducteurs****2. Les diodes**

- Caractéristiques courant – tension d'une diode idéale ;
- Caractéristiques courant – tension d'une diode réelle ;
- Limites de fonctionnement ;
- Quelques diodes spéciales ;
- Notions de point de fonctionnement ;
- Applications des diodes.

3. Transistor bipolaire

- Introduction ;
- Structure et fonctionnement ;
- Caractéristiques d'un NPN ;
- Limites de fonctionnement ;

- Notion de point de fonctionnement ;
 - Modèle dynamique.
4. **Transistor à effet de champ**
- Introduction ;
 - Caractéristiques courant – tension ;
 - Différents types de FET ;
 - Quelques circuits de polarisation ;
 - Applications des FET.

❖ ENR125: Energie renouvelable I 4 crédits (60 heures)

➤ Energie solaire : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TPE

Partie 1 : Energie solaire photovoltaïque

1. La cellule photovoltaïque

- Historique ;
- Les différentes technologies ;
 - Les modules photovoltaïques au silicium ;
 - Les autres modules photovoltaïques composites et organiques ;
 - Comparatif des différentes technologies ;
 - Les modules PV double face ;
- Principe de fonctionnement ;
- Association de cellules : le panneau solaire.

2. Les différents types d'utilisation de générateurs photovoltaïques

- Alimentations électriques faibles puissances ;
- Installations électriques photovoltaïques autonomes ;
- Installations électriques photovoltaïques raccordées au réseau ;
 - Installation PV raccordée au réseau sans injection (« auto-consommation") ;
 - Installation PV raccordée au réseau avec injection des excédents de production ;
 - Tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque ;
 - Installation PV raccordée au réseau avec injection totale de l'énergie produite ;

3. Principe de dimensionnement d'une centrale photovoltaïque en site isolé.

- Exemple de dimensionnement d'une installation domestique (logement, usine...) avec calcul d'amortissement de l'installation PV au prix du Kwh actuel.

Partie 2 : Energie solaire thermique

1. Les capteurs solaires plans ;

2. Utilisations de l'énergie solaire ;

- Production d'eau chaude ;
- Froid et climatisation ;
- Distillation ;
- Cuisson ;
- Séchage solaire ;

3. Solaire thermodynamique.

Partie 3 : Energie solaire et marché de l'électricité

➤ **Energie éolienne: 2 crédits (30 heures); CM, TD, TPE**

1. **Généralités (on-shore et off-shore)**

- Énergie mondiale et changement climatique ;
- Énergie éolienne ;
- Options de conception ;
- Parcs éoliens ;
- Aspects économiques ;
- Intégration et variabilité : les points essentiels ;
- Développements futurs.

2. **Systèmes électriques**

- Introduction ;
- Principes de base ;
- Alimentation électrique ;
- Introduction aux systèmes électriques ;
- Transmission de puissance.

3. **Technologie éolienne**

- Introduction ;
- Historique ;
- Options de conception des grandes éoliennes ;
- Extraction d'énergie et régulation de puissance ;
- Éoliennes à vitesse constante ;
- Éoliennes à vitesse variable ;
- Limite de Betz.

4. **Intégration de l'énergie éolienne aux réseaux électriques**

- Introduction ;
- Démarrage du parc éolien ;
- Régulation de la tension du réseau ;
- Gestion de la puissance thermique/active ;
- Gestion de la qualité de l'énergie du réseau ;
- Performance du système en régime transitoire ;
- Problèmes de niveau de défaut ;
- Informations ;
- Protection.

5. **Prévision de production d'énergie éolienne**

- Introduction ;
- Introduction à la météorologie ;
- Prévision numérique du temps ;
- Prévision par modèle de persistance ;
- Systèmes avancés de prévision de production éolienne ;
- Conclusions.

6. **Énergie éolienne et marchés de l'électricité**

- Introduction ;
- Marché de l'énergie électrique ;
- Équilibrage, capacité et services auxiliaires ;
- Mécanismes de soutien ;
- Coûts ;
- Avantages ;
- Investissement et risque ;
- Évolution des marchés.

➤ **Sources d'énergies : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TP, TPE**

1. Généralités sur les différentes l'énergie ;
2. Les différents types d'énergies et leur transformation : énergie mécanique, solaire, thermique, chimique, électrique, nucléaire, etc ;
3. Les différentes sources d'énergie : énergies fossiles, énergies des eaux, énergies dites renouvelables (éolien, solaire, biomasse, géothermie).
4. Energies renouvelables : définition
 - ressources et exploitation,
 - les générateurs et la conversion de l'énergie hydroélectrique,
 - les générateurs et la conversion de l'énergie éolienne,
 - les générateurs et la conversion de l'énergie solaire,
 - gestion de l'énergie dans les dispositifs décentralisés.
5. Energies nouvelles

➤ **Stockage de l'énergie : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TP, TPE**

1. **Stockage mécanique**
 - Stations de pompages ;
 - Stations de pompage d'apports ;
 - Station de transfert d'énergie par pompage (step).
 - Stockage par air comprimé classique ;
 - Stockage inertiel.
2. **Mode de stockage électrochimique et électrostatique**
 - Batteries à flux;
 - Batteries zn-br ;
 - Batteries vanadium-redox flow (vbr).
 - Batteries sodium pour stockage stationnaire ;
 - Batteries sodium/soufre (nas) ;
 - Batteries sodium/chlorure de nickel (zebra) ;
 - Batteries lithium-ion "avancées".
3. **Mode de stockage thermique**
 - Chaleur sensible ;
 - Chaleur latente.
4. **Mode de stockage thermochimique**
5. **Mode de stockage chimique : l'hydrogène**
6. **Mode de stockage électromagnétique**
 - Bobines supraconductrices
 - Super capacités
7. **Technologies alternatives nouvelles de stockage d'électricité sous forme de chaleur**

➤ **CAO et DAO en Energies renouvelables : 4 crédits (60 heures); CM, TD, TP**

1. Remarques introductives et cadrage
2. Notions de bases du dessin technique
3. Modes de représentation : projections, perspectives

4. Choix du Logiciel de CAO et informations pratiques
5. Présentation et description du Logiciel
6. Gestion des informations créées
7. Etude et prise en main des différents modules
8. Applications et réalisation d'un mini-projet
 - Etude des symboles des installations en énergies renouvelables

❖ ERN117 : Formation bilingue 3 crédits (45 heures)

➤ Techniques d'expression française : 1 crédit (15 heures); CM, TD, TPE

1. **Communication**
 - Les facteurs
 - Les fonctions
 - L'implicite
2. **Vocabulaire relatif à la spécialité**
 - Sémantique :
 - Sens propre/sens figuré
 - Sens lexical/sens contextuel
 - L'homonymie, synonymie, antonymie, paronymie
 - La méthodologie d'explication des mots et groupes de mots
3. **Syntaxe**
 - Les classes de mots
 - Variables : déterminants ; noms ; pronoms ; verbes ; adjectifs qualificatifs.
 - Invariables : adverbes ; prépositions ; interjections ; conjonctions
 - La phrase
 - Nature : verbale : non-verbale
 - Types : déclaratif ; interrogatif ; exclamatif ; impératif.
 - Formes : affirmative : négative ; emphatique
 - Structure : simple ; composée ; complexe
4. **Rhétorique**
 - Les figures d'analogie : comparaison ; métaphore ; allégorie
 - Les figures de substitution : métonymie ; synecdoque
 - Les figures d'opposition : oxymore ; antithèse ; paradoxe ; contraste ; chiasme
 - Les figures d'amplification : hyperbole ; énumération ; gradation
 - Les figures d'atténuation : euphémisme ; litote.
5. **Correspondance administrative et professionnelle :**
 - Note de service ; compte-rendu ; rapport (activités : mission).
 - Lettre de motivation ; CV ; demandes
 - **Rapport de stage** : Structuration ; Règles de présentation et de rédaction
6. **Typologie des textes**
 - Le texte narratif et le discours
 - Le texte argumentatif : thème, thèse, arguments, connecteurs logiques.
7. **La production des écrits**
 - La composition française : rappel méthodologique et application
 - La contraction de texte : rappel méthodologique et application
8. **Simulation de soutenance du rapport de stage**
 - La préparation
 - La présentation

➤ **Techniques d'expression anglaise : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TPE**

1. **Oral communication**

- Greetings, leave taking, farewell, introducing oneself, presenting others, polite expression, apologising, telephone calls, requests.
- Requests, giving orders, placing orders, appreciation, well wishes, apologising, polite remarks, holding small talk.

2. **Reading Comprehension:**

- Reading comprehension, summarising, and question types.
- Context based vocabulary

3. **Grammar:**

- Parts of speech – nouns, pronouns, verbs, adverbs, adjectives, preposition, conjunctions and interjections
- Active and passive voices, punctuation and capitalisation, direct and indirect speeches, question tags, sentences and sentence types

4. **Vocabulary:**

- Vocational vocabulary
- Types of business organisations, careers, and professions, personal banking documents and vocabulary related to different specialties

5. **Translation:**

- Translation from English into French and vice versa

6. **Writing:**

- Percentages, fractions, speed, scores, dates, word building, sentence writing, paragraph writing and informal letters.
- Essay writing, (the essay writing process – generating the ideas, organising the ideas, writing the essay and revising the essay) types of essays, formal letter writing, types of business letters (application, acknowledgement, complaint, orders, claim, claim adjustment) and speech writing.

❖ **ERN127 : Economie et Gestion des entreprises 3 crédits (45 heures)**

➤ **Economie et Gestion des entreprises : 3 crédits (45 heures); CM, TD, TPE**

1. **Notions d'Economie générale**

- Introduction ;
- La consommation et la production ;
- La formation des revenus ;
- La monnaie et le Crédit ;
- Les prix ;
- La notion de croissance et de développement.

2. **L'Entreprise et sa place dans le tissu économique**

- Introduction ;
- Typologie des entreprises ;
- Structure et organisation de l'entreprise ;
- Comment entreprendre (Créer, Décider, Gérer).
- Notion de l'environnement de l'entreprise ;
- Les relations inter- et extra-entreprises ;
- L'activité commerciale ;
- Analyse des besoins et détermination d'une stratégie.

3. **La gestion de l'Entreprise**

- L'Activité d'une entreprise dans le contexte économique et social ;
- Méthodes d'organisation
- Organisation fonctionnelle de l'entreprise

- La gestion des ressources financières (opérations de trésorerie, gestion des crédits des tiers, éléments de fiscalité, analyse financière et investissements, gestion budgétaire ;
 - La planification et la gestion administrative ;
 - La planification et la gestion des ressources humaines ;
 - La planification et la gestion des ressources matérielles.
4. **L'activité productive**
- Les politiques et processus de production ;
 - Les politiques commerciales ;
 - La logistique.
5. **Information et Communication dans l'Entreprise**
- Rôle de l'information et de la communication ;
 - Recueil et organisation des informations ;
 - Diagnostic stratégique ;
 - Système de décision.
6. **Comptabilité de l'entreprise**
- Comptabilité générale**
- L'Entreprise et son patrimoine
 - Notion d'Entreprise ;
 - Bilan (Amortissements et dépréciations) ;
 - Notion de résultat (produit et charges).
 - Analyse des opérations courantes de l'Entreprise
 - Notion d'emploi-ressource ;
 - Notion de compte.
 - Les opérations d'achat-vente
 - La facture « DOIT » ;
 - La facture d'« AVOIR ».
- Comptabilité analytique et gestion des entreprises**
- Généralités sur la comptabilité analytique et gestion des entreprises
 - Objectif ;
 - Rôle ;
 - Notion de charge.
 - Analyse des charges
 - Incorporables ;
 - Charges directes, indirectes ;
 - Valorisation des stocks : inventaire permanent (CMUP après chaque entrée, FIFO, fiche et compte de stock).
 - Méthode des coûts complets
 - Coût d'achat ;
 - Coût de production ;
 - Coût de revient ;
 - Calcul des résultats.
 - Analyse par variabilité et seuil de rentabilité

❖ **ENR231 : Statistiques et TIC II** **4 crédits (60 heures)**

➤ **Collecte, traitement et Exploitation Technique des statistiques : 3 crédits (45 heures); CM, TD, TPE**

1. Variables, sources et méthodes
Enregistrement d'une variable
Méthodes de collecte des données
2. Saisie des données
3. Étapes de traitement des enquêtes sociales

4. Réception des données brutes et épuration
5. Codage des variables
6. Enchaînements : cheminement de réponse, sauts valides et non-réponse à des questions
7. Contrôle et imputation
8. Variables dérivées et couplage
9. Création de fichiers de données finaux et d'un dictionnaire de données
10. Analyses avec les valeurs plausibles et les échelles de compétences
11. Utilisation des répliquations et des valeurs plausibles

➤ **TIC II : 1 crédit (15 heures); CM, TD, TPE**

1. **Exploitation de la machine et exemples de système d'exploitation ;**
 - WINDOWS (DOS) ;
 - Linux: une alternative intéressante.
2. **Quelques exemples de logiciels d'application :**
 - Le « Paquet Microsoft Office » ;
 - Les logiciels de navigation et les moteurs de recherche sur le Web.

❖ **ENR241 : Mathématiques III 4 crédits (60 heures)**

➤ **Mathématiques IV : 4 crédits (60 heures); CM, TD**

1. Statistique descriptive à une dimension
2. Régression linéaire
3. Calcul des probabilités
4. Lois de probabilités
5. Echantillonnage
6. Estimation
7. Test d'hypothèse du Khi-deux

❖ **ENR232 : Physique II et Bases QHSE 5 crédits (75 heures)**

➤ **Physiques III : 3 crédits (45 heures); CM, TD, TP, TPE**

1. **Cinématique des corps oscillants**
 - Généralités ;
 - L'oscillateur harmonique ;
 - Superposition d'oscillations.
2. **Dynamique des corps oscillants**
 - L'oscillateur harmonique libre ;
 - Amortissement ;
 - Oscillations forcées et oscillations couplées
3. **Ondes**
 - Généralités
 - Ondes harmoniques ;
 - Transport d'énergie ;
 - Groupes d'ondes ;
 - Superposition des ondes ;
 - Réflexion, réfraction et diffraction des ondes ;
 - Ondes sonores et ultrasons.
4. **Thermodynamique**
 - Température et dilatation thermique ;
 - Chaleur et principe fondamental de la thermodynamique ;

- Changement d'état des gaz idéaux ;
- Théorie cinétique de la chaleur ;
- Processus cyclique : 2ème principe fondamental de la thermodynamique ;
- Changement d'état ;
- Propagation de la chaleur.

5. **Electrodynamique et applications**

- Courants et champs ;
- Production des champs magnétiques ;
- Phénomène d'induction ;
- Courant alternatif ;
- Ondes électromagnétiques.

➤ **Bases de qualité hygiène santé sécurité environnement (QHSSE) : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TP**

1. **Système de management d'une entreprise**

- Identifier le système de management d'une entreprise à l'aide des normes mondiales ISO 9001 et 14001 ;
- Utiliser et maîtriser le vocabulaire des systèmes de management.

2. **Lutte contre les non conformités et boucle d'amélioration continue**

- Utiliser et maîtriser le vocabulaire de l'amélioration continue ;
- Identifier la mise en œuvre de la boucle d'amélioration continue quel que soit le domaine ou l'entreprise concerné : constater, isoler/contenir, analyser les causes, traiter les causes, mesurer l'efficacité ;
- Identifier les non conformités, leur degré de gravité et leurs conséquences dans n'importe quel contexte ;
- Proposer des actions correctives et préventives, voire d'amélioration, dans la limite de son domaine d'intervention ;
- Respecter les règles de traçabilité dans la limite de son domaine d'intervention.

3. **Analyse et prévention des risques**

- Participer à une analyse de prévention des risques ;
- Participer à une analyse dynamique d'impact des risques ;
- Mettre en œuvre un plan de prévention ou un plan de situation d'urgence dans son domaine d'intervention.

4. **Règlementations et normes techniques**

- Situer son action dans le cadre des normes techniques opérationnelles élaborées par le TC 65 de la CEI : par exemple les séries IEC 61508, IEC 61326, IEC 62443, IEC 62424, IEC 62708, etc.
- Reconnaître les pictogrammes, les classes de danger et les conseils de prudence et de prévention issus du règlement CLP ;
- Appliquer les règles de prévention, limitation ou d'interdiction liées au règlement REACH sur les substances et leurs usages qu'elles soient sous forme de matières premières, en mélanges, ou contenues dans des « articles » ;
- Appliquer la réglementation ATEX liée à la maîtrise des risques relatifs aux atmosphères explosibles ;
- Respecter les consignes de tri des équipements CIRA en fin de vie, issues de la directive sur les Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques (DEEE).

❖ ENR242 : Normes et Règlementation en Thermique et Energetique

➤ Normes et Règlementation en Thermique et Energetique : 4 crédits (60 heures); CM, TD, TP, TPE

1. Les Normes

- Définition
- Contenus des normes techniques
- Typologie des normes techniques
- Rôles des normes techniques
- Niveaux des normes techniques
- Statut des normes techniques
- Acteurs de la normalisation
- Identification d'une norme technique
- Classification
- Identification
- Référence

2. Le besoin normatif en mécanique

- Contexte général
- Répartition des normes techniques par domaine
- Évolution de la normalisation en mécanique
- Pluridisciplinarité de la mécanique

3. Système normatif

- Structure
- Coopération et coordination
- Système international
- Système européen
- Système français

4. Certification

- Certification d'entreprise
- Certification d'un produit

5. Cadre réglementaire des activités de mecatronique

- Textes réglementaires applicables
- Législation du travail
- Hygiène et sécurité
- Protection de l'environnement

❖ ENR233 : Production et Schémas + TP

5 crédits (75 heures)

➤ Bases des machines thermiques : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TPE

1. Généralités

2. Éléments de thermodynamique (diagrammes PV, TS et HS, rendements théoriques)

3. Les différents types de machines thermiques

- Moteur ;
- Récepteur ;
- Principes de fonctionnement.

4. Machines à cycles récepteurs

5. Les compresseurs alternatifs

- Compression mono étagée et multi étagée ;
- Les différents rendements compresseurs rotatifs axiaux et centrifuges ;
- Autres Machines à cycles moteurs.

6. Machines alternatives

7. **Moteurs à combustion interne**
8. **Moteur 4 temps (essence, Diesel), atmosphérique, suralimenté**
 - Cycles théoriques et cycles réels ;
 - Critères de performance ;
 - Rapport air/carburant ;
 - Rendements ;
 - Adaptation du moteur à la charge.
9. **Machines rotatives**
10. **Turbomachines**
11. **Turbine à gaz et turboréacteur**
 - Cycle de base ;
 - Les autres cycles ;
 - Critères de performance ;
 - Rendements.
12. **Turbine à vapeur**
 - Cycle de Rankine sans ou avec surchauffe ;
 - Cycle de Hirn ;
 - Cycles à prélèvement ;
 - Rendements.
13. **Autres types de moteurs**
14. **Moteurs Stirling, Ericsson**
 - Rendements ;
 - Applications.
15. **Moteur à air comprimé**

➤ **Production, transport et distribution : 3 crédits (45++ heures); CM, TD, TPE**

A- Production

1. **Notions de base en énergie**
 - Sources primaires d'énergie ;
 - Sources secondaires d'énergie ;
 - Chaines de transformation.
2. **Centrales de production d'énergie**
 - Hydraulique, Thermique (Fuel, Gaz), Nucléaire.
3. **Energies renouvelables**
 - Solaires (Rayonnement, Photovoltaïque), Eolienne, Biomasse, Cogénération, Autres.

B- Transport et distribution

1. **Rappels**
 - Réglementation, Normes, Recommandations, Domaines de tension.
2. **Postes de transformation**
 - Caractéristiques des transformateurs.
3. **Lignes et supports de transport**
 - Câbles et Canalisations ;
 - Réseaux de transports et de distribution ;
 - Signalisation et repérage, postes HT ;
 - Matériel électrique utilisé en haute tension ;
 - Travaux ou interventions sur des équipements des domaines BT et TBT ;
 - Comportant des circuits HT ;
 - Opérations hors tension ;
 - Opérations au voisinage en HTA.

4. **Appareillages de base (simples et combinées)**

- Fonctions de l'appareillage de base (protection, sectionnement, commande) ;
- Equipement de Protection Individuelle (EPI) ;
- Consignes et documents écrits.

❖ **ENR243 : Dimensionnement et maintenance des systèmes énergétiques**

➤ **Dimensionnement des systèmes énergétiques : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TP, TPE**

1. Introduction aux logiciels de dimensionnement
2. Détermination de la consommation électrique totale
3. Évaluation de la ressource solaire/ éolienne/biomasse/hydroélectricité
4. Définir le type de systèmes à installer
5. Détermination de la puissance photovoltaïque/ éolienne requise pour l'installation
6. Détermination de la capacité de la batterie
7. Détermination de la taille du régulateur
8. Détermination de la puissance de l'onduleur
9. Détermination du câblage et des protections
10. Estimation des pertes réelles de l'ensemble du système

➤ **Maintenance des systèmes énergétiques : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TPE**

1. Technique de maintenance préventive conditionnelle
2. Etude du comportement du matériel
3. Analyse de machines ou installations spécifiques : dossier technique, lecture des plans
4. Analyse fonctionnelle et technologique
5. Analyse cinématique et technique
6. Technologie et maintenance thermique (composant fluidiques, schématiques et circuits, maintenance et mise en sécurité des équipements, ...)
7. Abaque et arbre de décision
8. Planification des interventions de maintenance préventive
9. Coût de la maintenance
10. Coût de maintien d'un système
11. Coût de maintenance corrective
12. Coût de maintenance préventive
13. Recherche de l'optimum de la date d'intervention
14. Maintenance des systèmes hybrides

❖ **ENR234 : Transfert thermique II et Fluides et réseaux**

5 crédits (75 heures)

➤ **Transfert thermiques II : 3 crédits (45 heures); CM, TD**

1. **Rayonnement thermique**

- Lois physiques du rayonnement thermique :
 - Emission ;
 - Transmission ;
 - Réception.
- Définitions des grandeurs radiatives relatives à l'émission

- Flux ;
 - Intensité ;
 - Luminance ;
 - Emission ;
 - Eclairage.
 - L'émission du corps noir :
 - Lois de Stefan-Boltzmann, de Planck, de Wien.
 - Emission des corps réels comparée à celle du corps noir :
 - Emissivité ;
 - Indicatrices d'émission.
 - Autres propriétés radiatives des corps :
 - Réflexion ;
 - Absorption ;
 - Transmission ;
 - Définition des facteurs de réflectivité, d'absorptivité, de transmissivités monochromatiques et totales ;
 - Loi de Draper.
2. **Echangeurs de chaleur**
 - Etude technologique ;
 - Principes physiques et équations des échangeurs ;
 - Calculs et dimensionnement.
 3. **Isolation thermique**
 - Cas des parois en bâtiment ;
 - Chambres froides ;
 - Cas des tuyauteries ;
 - Calcul et choix des épaisseurs optimales d'isolant
 4. **Transferts couplés**
 - Des problèmes mixtes seront traités ou coexistent les différents modes de transfert de chaleur. En particulier, on attachera une attention spéciale sur le fait que, dans un ensemble technique, les différents composants interfèrent du point de vue thermique et qu'un problème pratique essentiel est de s'assurer, même au niveau du projet, qu'en aucun point des températures limites ne risquent d'être atteintes, quelles que soient les conditions de fonctionnement (il est notamment souvent judicieux de vérifier l'évolution du champ de température en tout point de l'ensemble étudié lors de l'arrêt des pompes ou des ventilateurs) ;
 - Des comparaisons seront menées entre les résultats obtenus, sur les champs de température et sur les performances énergétiques d'un ensemble technique, pour un ensemble neuf dans les conditions nominales de fonctionnement et pour le même ensemble en "fonctionnement dégradé", c'est-à-dire après encrassement des surfaces d'échange, changement des émissivités par oxydation, réduction des sections des conduites par entartrage.

➤ **Fluides et Réseaux : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TP, TPE**

1. **Typologie des réseaux**
 - Vocabulaire spécifique aux réseaux ;
 - Réseaux simple, ramifié, maillé ;
 - Réseaux de transport (pétrole, eau, vapeur, air, gaz) ;
 - Condition d'incompressibilité de l'écoulement d'un gaz dans un réseau.
2. **Dimensionnement d'un réseau simple**
 - Analyse dimensionnelle des pertes de charges ;
 - Algorithme de dimensionnement pour un réseau simple ;
 - Critères de dimensionnement (énergétique, acoustique, financier).
3. **Réseaux complexes**

- Détermination de la caractéristique d'un réseau série ou parallèle ;
 - Caractéristique d'un réseau ramifié, couplage réseau / machines (point de fonctionnement), équilibrage d'un réseau.
4. **Description sommaire des pathologies courantes**
- Coup de bélier ;
 - Refoulement ;
 - Cavitation ;
 - Instabilité de pompage.
5. **Dimensionnement aéraulique**
- Etude des composants d'un réseau de ventilation (différents types de ventilateur, caisson, bouches de soufflage ou de reprise, registres, ...) ;
 - Bases pratiques de dimensionnement et d'équilibrage d'un réseau de ventilation et mise en application ;
 - Evaluation de la consommation d'énergie et de la maintenance nécessaire.

❖ ENR244 : Installations électriques et appareillages 3 crédits (45 heures)

➤ Installations électriques et appareillages : 3 crédits (45 heures); CM, TD, TP, TPE

1. **Généralités sur les appareillages électriques d'usage courant**
 - Caractéristiques : tension, intensité ;
 - Pouvoir de coupure ;
 - Fonctions : sectionnement, coupure, commande, protection.
2. **Utilisation des appareils électriques d'usage courant**
 - Sectionneur, interrupteur / Disjoncteur / Contacteur, discontacteur ;
 - Les fusibles (caractéristiques) / Les relais thermiques / Protection différentielle ;
 - Les indices de protection (IP) ; Utilisation des appareils de mesure ;
 - Les effets physiopathologiques du courant sur le corps humain.
3. **Prévention - Respect des normes et consignes de sécurité**
 - Cadre juridique et réglementation administratives, Normes applicables ;
 - Prescriptions de sécurité applicables aux travaux de construction, d'exploitation et d'entretien ;
 - Installations : Classes de tension et différents indices.
4. **Quelques définitions importantes**
 - Les distances d'approches ;
 - Les travaux sous tension (Approche des conséquences) ;
 - Les consignations – Responsabilités.
5. **La protection des personnes contre les contacts directs et indirects**
 - Définition, les différents moyens de protection ;
 - Différents Schémas de liaison de terre, (schémas TT, IT, TN) ;
 - Tension de contact, temps de coupure, résistance des masses, résistance du Neutre ;
 - Les prises de terre, les liaisons équipotentielles ;
 - Disjoncteur différentiel, principe de fonctionnement ;
 - Protection contre les contacts directs : dispositifs différentiels à haute Sensibilité ;
 - Utilisation des moyens de protection individuels ;
 - La double isolation, les circuits de séparation, utilisation de la très basse Tension ;
 - Choix et branchements des outils électriques en fonction du lieu de travail et des caractéristiques de l'installation ;
 - Protection contre les surintensités : fusibles, disjoncteurs thermiques et magnétothermiques.

➤ **Energie hydroélectrique : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TP**1. **Bases théoriques**

- Principes d'une centrale hydroélectrique ;
- Débit d'équipement et débit réservé ;
- Notions d'hydrologie ;
- Hauteurs de chute et quantité d'eau;
- Puissance et énergie hydrauliques
- Classification des centrales hydrauliques

2. **Aspects techniques**

- Equipements hydromécaniques ;
 - Turbines ;
 - Vannes.
- Equipements électriques.
 - Alternateurs ;
 - Transformateurs de puissance ;
 - Postes électriques ;
 - Equipements électriques BT/MT et contrôle commande

3. **Recherche d'un site**

- Détermination du potentiel hydroélectrique
- Obstacles, défauts et inconvénients.
- Evaluation des coûts
- Conversion de l'énergie potentielle en énergie électrique Estimation du rendement
- Conseils pour obtenir des mesures fiables

➤ **Biomasse : 2 crédits (30 heures); CM, TD, TP**1. **Définitions et généralités**

- Les composés organiques produits par la Nature ;
- Les définitions réglementaires de la biomasse ;
- Les définitions normatives de la biomasse ;
- Quelques considérations énergétiques sur la biomasse énergie.

2. **La ressource**

- Les cultures dédiées à la production d'énergie ;
- Les résidus de la biomasse ;
- La biomasse des déchets.

3. **Les modes de transformation de la biomasse en énergies**

- La combustion ;
- La gazéification ;
- La pyrolyse ; La torréfaction ;
- La méthanisation ;
- La fermentation alcoolique ;
- Le biogaz des décharges ;
- La synthèse Fischer-Tropsch ;
- La synthèse du méthanol ;
- La transestérification ;
- La production de gaz naturel de synthèse ;
- La production de biohydrogène ;

4. **Les biocombustibles et les biocarburants**

- Les biocombustibles solides ;
- Les biocombustibles solides en propulsion de véhicules ;
- Les biocombustibles gazeux ;
- Les biocarburants et les biocombustibles liquides ;

❖ ENR245 : Travaux pratiques énergies renouvelables 5 crédits (75 heures)

➤ Travaux pratiques énergies renouvelables : 5 crédits (75 heures); CM, TD, TP, TPE

1. TP 1 : Mesures électriques sur un système photovoltaïque
2. TP 2 : Mesures électriques sur un système éolien
3. TP 3 : Mesures électriques sur un système Biomasse
4. TP 4 : Mesures électriques sur un système d'hydroélectricité
5. TP 5 : Mesures électriques sur un système Systèmes hybride

❖ ENR236 : Efficacité énergétique et Couplage au réseau 4 crédits (60 heures)

➤ Efficacité énergétique 2 crédits (30 heures); CM, TD, TPE

1. **Définitions et généralités**
 - Principes physiques transfert d'énergie;
 - Gains et pertes de chaleur;
 - Energie électrique;
 - Chauffage et Climatisation.
2. **Intégration des énergies renouvelables dans un processus d'efficacité énergétique**
 - Energies renouvelables au service de l'efficacité énergétique (éolien, solaire PV et thermique, géothermie);
 - Efficacité énergétique à l'utilisation des énergies renouvelables;
 - Intégration de l'énergie solaire;
 - Eolienne et autres sources renouvelables aux bâtiments.
3. **Physique du bâtiment et caractérisation de la qualité des ambiances intérieures**
 - Interactions bâtiment-environnement
 - Problématique des interactions bâtiment-environnement.
 - Eléments constitutifs du confort.
 - Energétique du bâtiment
 - Comportement thermique d'un bâtiment.
 - Intégration et approche multicritère (études de cas).
 - Qualité de l'air intérieur
 - Bases physiques de la circulation de l'air dans les constructions multizones.
 - Caractérisation des polluants et transfert.
4. **Conception et caractérisation des systèmes énergétiques**
 - Caractérisation des systèmes
 - Approche fonctionnelle des systèmes.
 - Normes internationales et réglementation énergétique.
 - Conception des systèmes
 - Conception architecturale de l'enveloppe du bâtiment et intégration des systèmes passifs de chauffage et de rafraîchissement.
 - Conception de systèmes actifs à haute efficacité.

- Contrôle des systèmes
 - Régulation des systèmes de génie climatique, G.T.B, outils de l'audit énergétique.
 - Eclairagisme et impact énergétique des techniques innovantes d'éclairage intérieur.
- 5. **Modélisation aérothermique des bâtiments et évaluation des constructions et des systèmes passifs**
 - Bases de la modélisation
 - Bases de la modélisation des transferts couplés de chaleur dans les bâtiments.
 - Modélisation du comportement thermique des bâtiments
 - Mise en œuvre des systèmes
 - Modélisation des systèmes passifs de traitement d'ambiance et couplage avec la modélisation du bâtiment.
 - Introduction aux modèles C.F.D.

➤ **Couplage au réseau 2 crédits (30 heures); CM, TD, TPE**

1. **Généralités sur les couplages au réseau électrique**
 - Définir et caractérisés les types de couplages au réseau
2. **Onduleurs électriques**
 - Fonctionnement d'onduleurs électriques
 - Types d'onduleurs électriques
 - Onduleur en pont – sans convertisseur DC/DC sans transformateur
 - Onduleur en pont – convertisseur DC/DC boost sans transformateur
 - Onduleur en demi-pont – convertisseur DC/DC boost sans transformateur
 - Onduleur en pont – convertisseur DC/DC forward avec transformateur HF
 - Onduleur en pont – convertisseur DC/DC boost avec transformateur
 - Onduleur en pont – sans convertisseur DC/DC avec transformateur
3. **Inverseurs électriques**
 - Inverseur manuel
 - Inverseur automatiques
 - Inverseur télécommandé
4. **Réseau de distribution électrique**
 - Définir et caractérises les types de réseau de distribution
 - Modèle de réseaux de distribution
5. **Adaptation des paramètres du réseau**
 - Adaptation de la tension
 - Adaptation de la fréquence

❖ **ENR246 : Stage professionnel 6 crédits (90 heures)**

➤ **Stage professionnel : 6 crédits (90 heures); TP, TPE**

1. Arrivée et intégration en Entreprise
2. Travail en entreprise
3. Tenue du journal de stagiaire
4. Choix du thème de travail en collaboration avec l'encadreur professionnel et l'encadreur académique
5. Elaboration du canevas de recherche
6. Ressources à exploiter
7. Organisation du travail
8. Rédaction du rapport
9. Présentation du rapport devant un jury

❖ ENR237 : Education citoyenne et déontologie professionnelle 3 crédits (45 heures)

➤ Education citoyenne et déontologie professionnelle : 3 crédit (45 heures); CM, TD, TP, TPE

1. Education civique

- Le citoyen ;
- La Nation ;
- L'Etat ;
- Biens publics – Biens collectifs ;
- Les libertés ;
- Le service public.

2. Ethique et Déontologie professionnelle

- Management et éthique de la responsabilité ;
- Problème d'éthique (Mal gouvernance et question de mœurs) ;
- Déontologie professionnelle (propre à chaque spécialité).

3. Environnement juridique

• Initiation au droit

- Définition, caractères, branches et sources du droit
- La loi (élaboration, application)
- Les dimensions du droit (droit objectif, droits subjectifs)
- L'organisation judiciaire
- La personnalité juridique
- L'état civil, le nom, le domicile et la nationalité
- Les incapacités
- Les actes juridiques
- Les faits juridiques

• Droit commercial

- Les acteurs du commerce (commerçant, entreprenant, agent commercial, commissionnaire, courtier)
- Les actes de commerce
- Le fonds de commerce et ses opérations
- Les contrats commerciaux (vente commerciale, bail à usage professionnel)

• Droit des sociétés commerciales

- Définition, objet et formes des sociétés commerciales
- Les règles générales des sociétés commerciales (constitution, fonctionnement, dissolution)
- Les règles spécifiques à chaque type de société commerciales (SNC, SCS, SA, SARL, SAS)

• Droit du travail

- Le contrat de travail (conclusion, exécution et rupture)
- Les conflits de travail (individuels et collectifs)
- Les institutions représentatives du travail (le délégué du personnel, les syndicats, l'inspection du travail).

❖ ENR247 : Entrepreneuriat et marketing appliqué aux disciplines 3 crédits (45 heures)

➤ Entrepreneuriat et marketing : 3 crédits (45 heures); CM, TD, TPE

1. Notion d'entrepreneur

- Définition de l'entrepreneur et business man
- Différence entre entrepreneur et business man

- Types d'entrepreneur
2. **Motivation à la création d'entreprise**
 - Construction du « mindset »
 - Comment gagner de l'argent ?
 - En tant qu'employé
 - En tant qu'auto entrepreneur
 - En tant que business man
 - En tant qu'investisseur
 - Les risques liés à la création
 - Maîtrise des fondements de son projet d'entreprise
 - Avoir les capacités, les valeurs et les caractéristiques des entrepreneurs
 - Maîtriser l'étude du marché
 - Faire un bon marketing-mix
 3. **Recherche d'idées et évaluation**
 - Les sources d'idées
 - L'évaluation de l'idée
 - Adéquation Homme/projet
 - Etude de marché
 - Elaboration du budget
 4. **Ressources et financement**
 - Etude technique
 - Recherche des ressources et du financement
 - Lister les besoins et les avoirs
 - Etablir le plan de financement
 - Les sources de financement
 5. **Démarches de création d'entreprise**
 - Choix du statut juridique
 - Démarche de création proprement dite
 6. **Elaboration du business plan**
 - Business model
 - Elaboration pratique du business plan
- **Marketing appliqué aux disciplines**
- Le comportement du consommateur ;
 - Le marché et les variables du marketing mix ;
 - Les approches d'analyse de la concurrence ;
 - Les techniques d'étude de marché.

Le Ministre d'Etat,

Ministre de l'Enseignement Supérieur,



Pr. Jacques FAME NDONGO