

<p style="text-align: center;"><b>MASTERE PRO Commande des Systèmes Électriques</b> <b>PROGRAMMES DES ENSEIGNEMENTS</b></p>
---

**PROBABILITES ET STATISTIQUES : (S1)**

**14H C, 7H TD**

Statistiques descriptives, résumés numériques et représentations, régression linéaire, Probabilités, variables aléatoires, indépendance et probabilités conditionnelles, générateurs pseudo-aléatoires. Variables aléatoires réelles, discrètes et à densité, fonction de répartition, espérance et variance, Couples de variables aléatoires : lois marginales, densité, espérance et matrice de corrélation, cas des vecteurs gaussiens, Convergences et théorèmes limites : théorème central-limite, loi forte des grands nombres. Estimateurs et intervalles de confiance, Introduction aux tests d'hypothèse, test sur l'espérance, sur une proportion.

**RECHERCHE OPERATIONNELLE ET OPTIMISATION : (S1)**

**14H C, 7H TD**

Introduction à la théorie des graphes. Plus court chemin. Ordonnancement. Flot maximum. Programmation linéaire. Le simplexe. Dualité.

**PROGRAMMATION ORIENTEE OBJET : (S1)**

**14H C, 7H TD, 9H TP**

Techniques de la programmation par objet: type abstrait de données, relations d'utilisation et d'héritage, polymorphisme, encapsulation de données. Un rappel sur le langage C et une présentation des extensions apportées par le langage C++. Une mise en pratique en utilisant le langage C++. (Implémentation d'une application avec les techniques de la POO).

**ELECTRONIQUE DE PUISSANCE ET COMPOSANTS (S1)**

**14H C, 7H TD**

Structures de base, Isolement galvanique, Conception des transformateurs et des inductances, Semi-conducteurs de puissance, Commutation douce

## **CONVERTISSEURS (S1)**

**14H C, 7H TD**

Convertisseurs : Convertisseurs de type continu / continu, Redresseurs à diodes, redresseurs synchrones, Correcteurs de facteur de puissance, Redresseurs à thyristors et mixtes. Onduleurs autonomes.

## **ATELIER CONVERTISSEURS (S1)**

**15H TP**

Eude des différents convertisseurs.

## **MACHINES STATIQUES (S1)**

**14H C, 7H TD**

Machines statiques : Rappel sur l'électrotechnique et les bases de la physique pour l'électrotechnique, Transport et utilisation de l'énergie électrique, Transport et utilisation de l'énergie électrique, Transformateurs monophasé et triphasé.

## **MACHINES TOURNANTES (S1)**

**14H C, 7H TD**

Conversion électromécanique, Lien entre énergies électrique, magnétique, et mécanique. Machine à courant continu Concepts généraux sur les machines à courant alternatif, Machine synchrone en régime permanent, Moteur asynchrone en régime permanent, Associations convertisseur-machine.

## **ATELIER MACHINES ELECTRIQUES 1 (S1)**

**15H TP**

Etudes des différentes machines.

## **AUTOMATIQUE (S1)**

14h C, 7h TD

Rappel sur la modélisation des systèmes dynamiques, Représentation d'état continue (Définitions, Relation entre la représentation d'état et la fonction de transfert, Résolution des équations d'état, Commandabilité, Observabilité, Réalisations minimales, Interprétation physique des pôles et des zéros), Représentation d'état échantillonnée (Définitions, Relation entre la représentation d'état et la fonction de transfert, Résolution des équations d'état, Commandabilité, Observabilité, Réalisations minimales, Interprétation physique des pôles et des zéros, Effets de

l'échantillonnage), Commande et observation (Commande avec retour d'état, Observation, Commande avec retour de sortie).

### **MODELISATION ET IDENTIFICATION DES SYSTEMES (S1)**

**14H C, 7H TD**

Introduction à l'identification, Méthodes d'identification non-paramétrique (Méthodes temporelles, Méthodes fréquentielles), Méthodes d'identification paramétrique (Principe, Algorithmes non récursifs, Algorithmes récursifs, Choix du signal d'excitation, Effets des perturbations aléatoires, Méthodes d'identification basées sur le blanchissement de l'erreur de prédiction, Méthodes d'identification basées sur la décorrélation du vecteur des observations et l'erreur de prédiction, Validation des modèles identifiés).

### **ATELIER AUTOMATIQUE 1 (S1)**

Synthèse et mise en œuvre d'une commande par retour d'état avec observateur sur un procédé, Identification d'une unité didactique.

### **ELECTROTECHNIQUE DES INSTALLATIONS (S1)**

**14H C, 7H TD**

Dangers et prévention des risques électriques, Généralités sur les réseaux équilibrés et déséquilibrés, Méthodologie de conception. Normalisation, Schéma de Liaison à la terre, Compensation énergie électrique, Appareillage, Canalisations électriques, Calcul des courants de court-circuit, Eclairage.

### **ENERGIES NOUVELLES (S1)**

**14H C, 7H TD**

Connaissances générales, Energie solaire, Energie hydroélectrique, Energie éolienne, Energie de la biomasse, Energie géothermique.

### **AUDIT ENERGETIQUE: (S1)**

**14H C, 7H TD**

Energie dans l'industrie, Energie habitat, Energie renouvelables, Systèmes de gestion de l'énergie, Quantification et qualification de l'énergie consommée pour chaque activité (La qualification : décrire les combustibles utilisés, les températures et les fluides nécessaires à la combustion ainsi que les prix de revient de chaque élément. La quantification : il s'agit d'évaluer les débits d'énergie consommée par unités de

temps), Calcul des performances du ou des procédés de production (Cette étape permet de comparer les procédés de production de l'entreprise aux meilleures pratiques disponibles), Mesure des performances des équipements (Dans cette étape, la consommation effective de chaque équipement est d'abord estimée et est ensuite comparée à la consommation des équipements lors de leur mise en service), Formulation de pistes d'amélioration.

### **CRÉATION D'ENTREPRISES 1 (S2)**

**14H C, 7H TD**

Naissance de l'idée (Où trouver l'idée ? De l'idée au projet) ; L'élaboration du projet (L'étude commerciale, L'étude financière, L'étude juridique).

### **ANGLAIS (S2)**

**21 CI**

Syntaxe de l'anglais général ; Expression écrite : Correspondances professionnelles, rapports, lettres de motivations, CV. Compréhension orale et écrite: Anglais de l'entreprise.

### **QUALITE ET NORMES (S2)**

**14H C, 7H TD**

Approche globale de la qualité ; Synthèse et discussion sur la qualité et les normes ; Méthode pédagogique ; Démarche Qualité.

### **MINI-PROJET (S2)**

**15H TP**

Mini-Projet : Idée de projet et étude du marché.

### **PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE (S2)**

**14H C, 7H TD**

Panorama des différentes filières technologies de production, Evaluation des risques et de leurs causes pour les systèmes et leurs composants, Renouvellement d'un parc de production.

## **RESEAUX DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION (S2)**

**14H C, 7H TD**

Structure d'un système de production-transport-distribution d'énergie électrique, Calcul de « load flow », Réglage des systèmes électriques, Stabilité des systèmes électriques, Organisation des systèmes électriques.

## **MODELISATION ET COMMANDE DES CONVERTISSEURS (S2)**

**14H C, 7H TD**

Modélisation et commande des convertisseurs : Techniques de commande, Modélisation des convertisseurs sous l'angle de l'automatique, Modélisation des convertisseurs sous l'angle de la simulation numérique.

## **CEM (S2)**

**14H C, 7H TD**

Introduction, Mode différentiel conduit, Mode commun conduit, Résonances H.F. au-delà du MHz, Réduction des interférences rayonnées en champ magnétique et en champ électrique.

## **FIABILITE (S2)**

**14H C, 7H TD**

Aspects théoriques : probabilités, lois de distribution, représentation des systèmes, AMDEC, Application à trois études de cas, Synthèse et discussion sur la qualité et la fiabilité

## **SYSTEMES NON LINEAIRES (S2)**

**14H C, 7H TD**

Introduction, L'approximation du premier harmonique, Asservissements à relais, Correcteurs non linéaires, Méthode du plan de phase.

## **FILTRAGE OPTIMAL (S2)**

**14H C, 7H TD**

Rappels, Théorie de Wiener, Théorie de Kalman, Généralisation du filtre de Kalman.

## **COMMANDE OPTIMALE (S2)**

**14H C, 7H TD**

Méthodes de Lyapunov, Commande optimale à critère quadratique : équation de Ricatti, Estimation d'état.

## **TECHNIQUE DE MIE EN ŒUVRE (S2)**

**14H C, 7H TD**

Structure de régulation, Les différents types de la commande (analogique, Numérique/Analogique, Numérique), Convertisseur A/N et N/A, Choix de la période d'échantillonnage, Conception d'un système de Commande Numérique (Démarche à suivre, Définition du procédé, Modélisation du procédé, Acquisition des mesures, Traitement de mesures, Choix de la structure du modèle et d'une méthode d'identification, Estimation des paramètres, Validation).

Synthèse de la commande (Choix des performances désirées, Choix de la méthode, Calcul des paramètres du régulateur, Implémentation de régulateur, Validation.

Commande par Modèle Interne, Mise en Œuvre de l'Identification (Acquisition des mesures, Filtre anti-repliement, Signal d'excitation, Traitement des mesures, Analyse des mesures d'E/S par les méthodes d'identifications non paramétriques, Détermination de la structure).

Mise en Œuvre de la Commande (Choix des performances, Effet de convertisseur Numérique Analogique, Effet de retard de Calcul, Analyse de qualité d'un système de commande, Algorithme de commande.

## **REGULATION DES SYSTEMES ENERGETIQUE (S2)**

**14H C, 7H TD**

Réglage de puissance des échangeurs, Comportement dynamique des équipements climatiques, Schémas de régulation d'installations climatiques types, Logique de fonctionnement d'une CTA, Télésuivis d'installation de PAC industrielle, chaudières, cogénération, lien entre régulation, confort et consommation, Courbes caractéristiques de vannes de réglage. Étude de PID. Méthodes de réglage, Applications à des schémas – type.

## **DIAGNOSTIC DES DEFAUTS (S2)**

**14H C, 7H TD**

Généralités (quelques définitions, les étapes d'une procédure de diagnostic, domaine d'application), Diagnostic à base de modèle, Diagnostic à base de connaissances, Classification pour le diagnostic, Eléments statistiques pour la détection de défauts.

## **CREATION D'ENTREPRISES (S3)**

**14H C, 7H TD**

Lancement des opérations : Sur le plan juridique ; Sur le plan financier ; Sur le plan commercial.

## **ANGLAIS (S3)**

**14H C, 7H TD**

Etude en semi-autonomie, encadrement assuré par des formateurs anglophones. Les activités comprennent des ateliers d'expression orale déclinés en niveaux. Expression écrite anglais générale et de l'entreprise.

## **SECURITE ELECTRIQUE (S3)**

**21H CI**

Règles spéciales de sécurité ; Distribution de l'énergie électrique ; Canalisations. Effets physiologique du courant électrique ; Appareillage de sectionnement ; Commande et protection ; Protection contre les contacts directs et indirects.

## **MINI-PROJET (S3)**

**15 TP**

Etude d'un mini-projet.

## **COMMANDE DES MACHINES ELECTRIQUES (S3)**

**14H C, 7H TD**

Modélisation des entraînements en régime dynamique, Moteurs synchrones, Moteurs asynchrones, Mise en œuvre industrielle.

## **MISE EN ŒUVRE DE LA COMMANDE (S3)**

### **9H TP**

Circuits d'acquisition, de conditionnement et de restitution. Circuits numériques (DSP) dédiés à la commande des moteurs à courant alternatif, Outils de développement d'une commande numérique.

## **SIMULATION NUMERIQUE (S3)**

### **9H TP**

Types d'outils, Modélisation des convertisseurs, Modélisation des machines, Application à la commande.

## **PROTECTION DES RESEAUX ELECTRIQUES (S3)**

### **14H C, 7H TD**

Principes physiques des capteurs, Réalisation de capteurs industriels, Court-circuit dans les réseaux d'énergie, Qualité de l'énergie : distorsion de la tension.

## **RESEAUX ELECTRIQUES EMBARQUES (S3)**

### **14H C, 7H TD**

Réseaux électriques embarqués : Dimensionnement électrotechnique de réseau électrique de bord d'un véhicule automobile thermique Le réseau de puissance, les organes importants, leurs caractéristiques : comportements d'une batterie, d'un alternateur, d'un démarreur. Apport de la modélisation. Fonctionnement du réseau de bord (véhicule en parking, en phase démarrage, en roulage), les usages clients et le dimensionnement de la génération d'énergie. Processus de développement : cadencement, jalonnement inhérent à la production grande série. Processus de validation. Les contraintes de fabrication et de logistique. Exemple simple de dimensionnement.

## **RESEAUX LOCAUX INDUSTRIELS ET SUPERVISION (S3)**

### **14H C, 7H TD**

Introduction aux réseaux informatiques (Définition, Topologie, Le modèle OSI, Les protocoles de communication, Les composants d'un réseau informatique), Réseaux Locaux Industriels (Généralités, La méthodologie CIM (Computer Integrated Manufacturing), Architecture et Caractéristiques d'un Réseau Local, Bus de Terrain), Etude de quelques réseaux de terrain (Asi, Profibus DP et FMS, Interbus S, Fipway et Uni-Telway), Réseaux Locaux et Supervision (Systèmes d'information pour



l'industrie, Communication temps réel, Le protocole OPC, Réseaux d'automates, Introduction à la télégestion).

### **AUTOMATISMES ET API (S3)**

**14H C, 7H TD**

Introduction aux systèmes automatisés, Automate programmable industriel, Langages de programmation avec CEI 1131, Mise en œuvre d'un automate programmable industriel, Communication avec un automate programmable industriel.

### **PHYSIQUE DES SEMI-CONDUCTEURS (S3)**

**14H C, 7H TD**

Techno-fabrication du silicium - fonctionnement du transistor de base & fabrication d'un wafer - les autres technologies (capteur, imager, analogique...). Conception d'un circuit (architecture de circuit, conception numérique, testabilité, implémentation physique - de la porte logique au layout...).

### **MATERIAUX COMPOSITES ET POLYMERES (S3)**

**14H C, 7H TD**

Polymères et matières plastiques (Classification : élastomères, thermodurs, thermoplastiques, Structures amorphes, semi-cristallines, Composition, charges, renforts, additifs) ; Méthodes de caractérisation (Essais mécaniques, Propriétés thermiques, Propriétés électriques, Comportement au feu) ; Grandes familles de polymères ; Mise en œuvre des thermoplastiques ; Techniques de transformation (extrusion, injection, thermoformage, rotomoulage) ; Rhéologie des polymères.

### **SURETE DE FONCTIONNEMENT – MAINTENANCE (S3)**

**14H C, 7H TD**

Sûreté de fonctionnement (SDF)(Généralités, Méthodologie d'analyse de la sûreté de fonctionnement, Méthode d'analyse des risques de défaillances, Mathématiques de la sûreté de fonctionnement, Méthodes quantitatives de sûreté de fonctionnement) ; Concepts de la Maintenance Conditionnelle (Méthodes de surveillance (préventive,...), Principes de surveillance, Distinction suivi / contrôle / bilan / expertise) ; Contrôles non destructifs (CND) hors paragraphes (Utilisation des 5 sens, Examens des états de surface ,Examens structurels, Suivi de caractéristique, Autres CND) ; Analyse vibratoire (La mesure vibratoire, Le diagnostic vibratoire, Typologie de spectres vibratoires, Modes propres – résonance, Suivi vibratoire - maintenance

conditionnelle, Etude de cas); Thermographie infrarouge (Principe, Matériel, Avantages, Applications); Analyse et la mesure électrique (Distribution électrique type d'un site industriel, Définition des mesures types (moteur,...), Exemples de mesures); Lubrifiants (Origine, Rôle, Analyses physico-chimiques, Analyses spécifiques (spectrométrie, ferrométrie, ferrographie).

### **COMMANDE NEURO-FLOUE (S3)**

**14H C, 7H TD**

- Ensembles flous, Contrôleur Flous, Méthodes de Mamdani et Sugeno,
- Le processeur flou de Yamakawa ;-Bases des réseaux de neurones,
- Perceptrons multicouches et rétropropagation du gradient, Principes de la Commande neuronale,
- Apprentissage hors ligne, en ligne,
- Application à la commande des robots.