

DIPLÔME D'INGÉNIEUR SPÉCIALITÉ GÉNIE ÉLECTRIQUE

Langue principale d'enseignement :

Français Anglais Arabe

Campus où le programme est proposé : CST

OBJECTIFS

Le programme de Diplôme d'ingénieur spécialité génie électrique a pour objectifs de former des étudiants aptes à :

- Évoluer dans leur carrière, dans différents secteurs, aux niveaux local, régional et international, tout en respectant les codes professionnels et de l'éthique.
- Poursuivre des études supérieures dans des universités de renommée internationale.
- Devenir des décideurs, des innovateurs et des leaders dans leur profession.

COMPÉTENCES

- Identifier, formuler et résoudre des problèmes complexes d'ingénierie en appliquant les principes d'ingénierie, de sciences et de mathématiques.
- Appliquer les méthodes de conception d'ingénierie pour produire des solutions qui répondent à des besoins spécifiés, tout en tenant compte de la santé publique, de la sécurité et du bien-être, ainsi que de facteurs globaux, culturels, sociaux, environnementaux et économiques.
- Communiquer efficacement avec des publics variés.
- Reconnaître les responsabilités éthiques et professionnelles dans des situations d'ingénierie et formuler des opinions critiques qui doivent prendre en compte l'impact des solutions d'ingénierie dans des contextes globaux, économiques, environnementaux et sociétaux.
- Fonctionner efficacement dans une équipe dont les membres assurent ensemble le leadership, créent un environnement collaboratif et inclusif, établissent des buts, planifient des tâches et atteignent des objectifs.
- Développer et mener des expériences appropriées, analyser et interpréter des données, et utiliser un jugement d'ingénieur pour tirer des conclusions.
- Acquérir et appliquer de nouvelles connaissances au besoin, en utilisant des stratégies d'apprentissage appropriées.

EXIGENCES DU PROGRAMME

UE obligatoires (154 crédits), optionnelles fermées (22 crédits), optionnelles ouvertes (4 crédits).

Formation générale USJ (22 crédits)

10 crédits additionnels sont validés au Département des classes préparatoires

6 crédits additionnels de Techniques de communications sont comptabilisés dans la catégorie UE fondamentales

Anglais (4 Cr.)

Anglais niveau A (4 Cr.)

Arabe (4 Cr.)

Langue et culture arabes (2 Cr.) – une UE optionnelle ouverte à sélectionner entre :

La langue arabe et les médias (2 Cr.)

La langue arabe et les arts (2 Cr.)

La langue arabe : le roman contemporain, le cinéma et le théâtre (2 Cr.)

UE enseignée en arabe (2 Cr.)

Droit des affaires (2 Cr.)

Sciences humaines (6 crédits) - *4 crédits additionnels sont à valider au département des classes préparatoires*



Éthique (4 Cr.)

Éthique et entreprise (4 Cr.)

Sciences religieuses (2 crédits à valider au Département des classes préparatoires)

Engagement civique et citoyen (2 crédits à valider au département des classes préparatoires)

Autre (2 Cr.)

Les valeurs de l'USJ au quotidien (2 Cr.)

Sciences sociales (6 Cr.)

Insertion professionnelle et entrepreneuriat (2 Cr.) – une UE optionnelle fermée à sélectionner entre :

Work Ready Now (2 Cr.)

Entrepreneurship (2 Cr.)

Autre (4 Cr.)

Gestion de projets (4 Cr.)

Techniques de communication (2 Cr.)

Techniques d'expression et de communication (2 Cr.)

Projet multidisciplinaire (2 des 6 crédits comptabilisés dans la catégorie UE fondamentales)

Projet de fin d'études (4 des 16 crédits comptabilisés dans la catégorie UE fondamentales)

Techniques quantitatives (6 crédits à valider au Département des classes préparatoires)

UE fondamentales (156 Cr.)

UE obligatoires (136 Cr.)

Analyse des réseaux électriques (4 Cr.)

Automatique linéaire (6 Cr.)

Capteurs et Instrumentation (4 Cr.)

Commande temporelle (4 Cr.)

Comptabilité (4 Cr.)

Conversion continu-alternatif (4 Cr.)

Conversion continu-continu (4 Cr.)

Électronique analogique (6 Cr.)

 Électronique industrielle (6 Cr.)

Électronique numérique (6 Cr.)

Électrotechnique (6 Cr.)

Énergies renouvelables (4 Cr.)

Entraînements à vitesse variable (6 Cr.)

Installations électriques 1 (6 Cr.)

Installations électriques 2 (4 Cr.)

Machines électriques 1 (6 Cr.)

Machines électriques 2 (4 Cr.)

Management (2 Cr.)

Modélisation des systèmes dynamiques (4 Cr.)

Programmation orientée objets (6 Cr.)

Projet de fin d'études (16 Cr.)

Projet multidisciplinaire (6 Cr.)

Signaux et systèmes (4 Cr.)

Stage en entreprise (2 Cr.)

Statistiques (4 Cr.)

Systèmes à microprocesseurs (4 Cr.)

Systèmes et commandes numériques (4 Cr.)

UE optionnelles fermées (20 Cr.) – cinq UE à sélectionner parmi les suivantes :

Climatisation 1 (4 Cr.)

Climatisation 2 (4 Cr.)

Conception de circuits imprimés (4 Cr.)

Conception de circuits intégrés (4 Cr.)

Conception de systèmes mécatroniques (4 Cr.)



Domotique (4 Cr.)
 Génie industriel (4 Cr.)
 Identification des processus (4 Cr.)
 Intelligence artificielle (4 Cr.)
 Logique floue et réseaux neuronaux (4 Cr.)
 Machine Learning (4 Cr.)
 Mécanique des fluides (4 Cr.)
 Méthodes numériques (4 Cr.)
 Optimisation (4 Cr.)
 Procédés industriels (4 Cr.)
 Production de l'énergie électrique (4 Cr.)
 Robotique (4 Cr.)
 Robots mobiles (4 Cr.)
 Space and micro/nano satellite technologies (4 Cr.)
 Systèmes à microcontrôleurs avancés (4 Cr.)
 Systèmes embarqués (4 Cr.)
 Systèmes non-linéaires (4 Cr.)

UE optionnelles ouvertes (2 Cr.)

PLAN D'ÉTUDES PROPOSÉ

Semestre 1

Code	Intitulé de l'UE	Crédits
020ELAES1	Électronique analogique	6
020ETCES1	Électrotechnique	6
020MSDES1	Modélisation des systèmes dynamiques	4
020CPPE1	Programmation orientée objets	6
020SYSES1	Signaux et systèmes	4
020STAES1	Statistiques	4
	Les valeurs de l'USJ au quotidien	2
	Total	32

Semestre 2

Code	Intitulé de l'UE	Crédits
020AULES2	Automatique linéaire	6
020ELIES2	Électronique industrielle	6
020ELNES2	Électronique numérique	6
020IE1ES2	Installations électriques 1	6
020ME1ES2	Machines électriques 1	6
020TCOES2	Techniques d'expression et de communication	2
	Optionnelle ouverte : langue et culture arabes	2
	Total	34

Semestre 3

Code	Intitulé de l'UE	Crédits
020CEIES3	Capteurs et Instrumentation	4
020CCCES3	Conversion continu-continu	4
020GPRES2	Gestion de projets	4
	Work ready now ou Entrepreneurship	2
020IE2ES3	Installations électriques 2	4
020ME2ES4	Machines électriques 2	4
020SMPES3	Systèmes à microprocesseurs	4
020SCNES3	Systèmes et commandes numériques	4
	Optionnelle fermée	4
	Total	34

Semestre 4

Code	Intitulé de l'UE	Crédits
020ANGES4	Anglais	4
020CTMES4	Commande temporelle	4
020CCAES4	Conversion continu-alternatif	4
020EVVES4	Entraînements à vitesse variable	6
020PRMES4	Projet multidisciplinaire	6
	Optionnelle ouverte	2
	Optionnelles fermées	8
	Total	34

Semestre 5

Code	Intitulé de l'UE	Crédits
020ANRES4	Analyse des réseaux électriques	4
020CMPES5	Comptabilité	4
020DROES5	Droit des affaires	2
020ERNES6	Énergies renouvelables	4
020ETHES3	Éthique et Entreprise	4
020MNGES5	Management	2
020STGES5	Stage en entreprise	2
	Optionnelles fermées	8
	Total	30

Semestre 6

Code	Intitulé de l'UE	Crédits
020PFES6	Projet de fin d'études	16
	Total	16

DESCRIPTIF DES UE

020ANRES4	Analyse des réseaux électriques	4 Cr.
<p>Généralités sur les réseaux de distribution de l'énergie électrique. Historique. Rappel sur les concepts énergétiques. Bases de calcul et valeurs réduites. Modélisation d'un réseau électrique. Composants d'une ligne électrique. Calcul des résistances, inductances et capacités linéiques. Effets de la fréquence. Notions de Circular Mil, GMR et GMD. Caractéristiques des conducteurs d'aluminium renforcés d'acier (ACSR). Étude des lignes en régime permanent. Modèle nominal en π d'une ligne. Pertes de puissance. Rendement. Régulation de tension. Impédance caractéristique et puissance caractéristique d'une ligne. Écoulement de puissance. Compensation réactive. Étude des défauts de court-circuit. Composantes symétriques. Séquences directe, inverse et homopolaire. Application à l'étude de la stabilité. Choix des disjoncteurs. Surtension et coordination de l'isolement. Isolation externe et interne. Prise en compte de la pollution. Méthodes statistiques et semi-statistiques. Réseau de transport à courant continu. Avantages et faiblesses. Principaux composants. Fonctionnement. Commande et réglage. Étude des grands réseaux. Représentation matricielle. Matrice d'admittance nodale. Techniques de résolution numérique. Algorithmes de Gauss-Seidel et de Newton-Raphson. Simulations numériques des grands réseaux sous MATLAB.</p>		
020ANGES4	Anglais	4 Cr.
<p>Amener les élèves ingénieurs à maîtriser l'anglais en vue de faciliter leur future insertion dans le milieu professionnel.</p>		
020AULES2	Automatique linéaire	6 Cr.
<p>Cette unité d'enseignement couvre les concepts de base de l'automatique linéaire : I) Étude des systèmes linéaires du 1^{er} et du 2nd ordre : réponses aux entrées usuelles (réponses indicielle, impulsionnelle, harmonique, etc.), propriétés (temps de réponse, erreurs statiques de position, de vitesse et d'accélération, pulsation de coupure, bande passante, dépassement, résonance, etc.), représentation fréquentielle (diagrammes de Bode, Nyquist et Black) – introduction aux notions de régulation et d'asservissement (boucle fermée, consigne, cahier des charges, etc.) – Étude de la stabilité et de la précision d'un système. II) Systèmes asservis : principe et techniques de synthèse des correcteurs les plus utilisés dans l'industrie (régulateurs P, PI, PID, commandes à avance et à retard de phase, etc.) – Calcul analytique (méthode de compensation des pôles et des zéros), graphique (diagramme de Bode) et/ou pratique (PID tuning, trial and error, etc.). Le tout est mis en œuvre et validé par des Bureaux d'études (BE), des Travaux dirigés (TD) et des simulations sur MATLAB/Simulink suivies par une validation expérimentale sous forme de Travaux pratiques (TP).</p> <p>Corequis : Électronique (020ELCES1) ou Électronique analogique (020ELAES1).</p>		
020CEIES3	Capteurs et Instrumentation	4 Cr.
<p>Généralités : Principes fondamentaux, corps d'épreuve, grandeurs d'influence, caractéristiques métrologiques (erreurs, sensibilité, rapidité). Conditionneurs de capteurs passifs : montage potentiométrique, pont de Wheatstone, oscillateurs. Conditionneur du signal : analyse spectrale, chaîne de mesure, adaptation, linéarisation, amplification, réduction de la tension de mode commun, détection de l'information des signaux modulés en amplitude ou en fréquence. Capteurs optiques : propriétés de la lumière, cellule photoconductrice, photodiode, phototransistor. Capteurs de température : thermométrie par résistance, thermométrie par diode et transistor, thermométrie par thermocouple. Capteurs tachymétriques : généralités, tachymètre à courant continu, tachymètres à courant alternatif, tachymètre à réluctance variable, tachymètre optique. Capteurs de position et de déplacement : potentiomètre résistif, capteurs inductifs, microsyn, capteurs capacitifs, montages de mesure, capteurs digitaux, codeurs absolus, générateur incrémental optique. Capteurs de force, pesage et couple : capteurs piézoélectriques, capteurs à magnétostriction.</p> <p>Prérequis : Électronique numérique (020ELNES2) ou Électronique (020ELCES1).</p>		

020CL1ES3	Climatisation 1	4 Cr.
<p>Confort Thermique. Diagramme psychrométrique et étude de l'évolution de l'air sur le diagramme psychrométrique. Thermique des bâtiments : résistance thermique et coefficient U. Ventilation naturelle et mécanique, simple et double flux. Calcul du bilan thermique hiver. Chauffage par air pulsé chaud. Centrale de traitement d'air. Chauffage statique par eau chaude : corps de chauffe, tubes, pompe, chaudières, production d'eau chaude sanitaire, etc.</p> <p>Prérequis : Mécanique des fluides (020MEFES1) et Introduction au transfert de chaleur (020ITCEN13) ou Thermodynamique 2 (020TH2N13 ou 020TH2C14).</p>		
020CL2ES4	Climatisation 2	4 Cr.
<p>Pompe à chaleur. Étude de la pompe à chaleur sur le diagramme de Mollier. La problématique liée aux fluides frigorigènes (ozone et effet de serre) et nouveaux fluides. Calcul du bilan thermique été. Batterie froide et évolution de l'air sur les batteries froides. Modes de climatisation à détente directe et indirecte. Réseaux de gaine à basse et grande vitesse, simple et double flux et à débit d'air variable.</p> <p>Prérequis : Climatisation 1 (020CL1ES3).</p>		
020CTMES4	Commande temporelle	4 Cr.
<p>Le cours de commande temporelle est articulé autour de deux grands axes : I) Analyse temporelle : Équations d'état. Linéarisation. Réponses et matrices de transfert. Réalisation sous forme de contrôlabilité, d'observabilité et de Jordan. Définitions et critères de la contrôlabilité et de l'observabilité. Condition de simplification d'un zéro par un pôle et réalisation minimale. II) Commande par retour d'état : Placement des pôles avec minimisation de l'erreur et intégration. Observateur d'état. Commande quadratique et filtre de Kalman.</p> <p>Prérequis : Automatique linéaire (020AULES2).</p>		
020CMPES5	Comptabilité	4 Cr.
<p>Comptabilité générale : introduction, comptes du bilan et plan comptable général, les comptes en Te, le compte de résultat, le budget et les amortissements. Comptabilité analytique : répartition des charges, définition des charges fixes, définition des charges variables, le point mort, analyse des documents de synthèse, répartition des charges totales en charges fixes et charges variables, analyse des charges, introduction du ROI, analyse des écarts. Les évolutions récentes de la comptabilité analytique et du contrôle de gestion, la moindre importance de la main d'œuvre directe et l'envolée des charges indirectes.</p>		
020PCBES5	Conception de circuits imprimés	4 Cr.
<p>Ce cours présente les principes fondamentaux de la conception de circuits imprimés (CI) en utilisant des outils logiciels d'EDA industriels. Les étudiants apprendront les concepts clés, les outils et les techniques utilisés dans la conception de CI, notamment la capture de schémas, le placement des composants, le routage, les règles de conception et les considérations liées à la fabrication. Le cours abordera également des sujets tels que l'intégrité du signal, les effets parasites, le couplage, le contrôle d'impédance et la distribution des lignes d'alimentation.</p> <p>Prérequis : Électronique numérique (020ELNES2).</p>		
020CCIES4	Conception de circuits intégrés	4 Cr.
<p>Introduction au flot de fabrication et de conception des circuits intégrés. Amplificateurs multi-étage, miroirs de courant, charges actives, Concept de polarisation, Signaux différentiels, amplificateurs différentiels, réponse en fréquences des circuits analogiques, stabilité des circuits AO rebouclés, circuits commutés, simulation des circuits analogiques sur logiciel EDA avancé. Introduction aux notions de bruit et de non-linéarité.</p> <p>Prérequis : Electronique numérique (020ELNES2).</p>		
020CSMES4	Conception de systèmes mécatroniques	4 Cr.
<p>Ce cours traite les systèmes mécatroniques : analyses de données, systèmes de numérotation, architecture du microcontrôleur, programmation en langage assembleur, conversion A/N et N/A ; fonctionnement par signal d'horloge programmable E/S parallèles, interface de capteurs et d'actionneurs, Arduino, Raspberry applications ; un projet d'équipe sur la conception et la mise en œuvre d'un système mécatronique.</p> <p>Prérequis : Capteurs et Instrumentations (020CEIES3).</p>		

020CCCE3	Conversion continu-continu	4 Cr.
-----------------	-----------------------------------	--------------

Généralités. Rappel sur les familles de convertisseurs. Place de la conversion continu-continu dans les applications industrielles. Rappel sur les principaux semi-conducteurs de puissance utilisés dans la conversion continu-continu : structure, caractéristiques statiques et dynamiques, circuits de protection et d'aide à la commutation, circuit de commande. Variateurs à courant continu. Fonctions de base. Hacheurs série et parallèle. Application à la commande en vitesse d'un moteur à courant continu. Alimentations à découpage non isolées. Structures de base. Hacheurs abaisseurs, élévateurs et inverseurs. Fonctionnement en conduction continue et discontinue. Dimensionnement des composants. Alimentations isolées. Forward à un interrupteur, asymétrique et à sorties multiples. Push-pull série, parallèle et en pont complet. Fly-back à une ou plusieurs sorties, en continuité ou en discontinuité de flux. Modélisation mathématique des alimentations à découpage. Technique de modélisation : Méthode des générateurs moyens. Méthode du modèle d'état moyen. Méthode de la série de Fourier. Linéarisation. Modèles statique et dynamique en « petits signaux ». Fonctions de transfert. Conception du système de réglage. Choix des paramètres des régulateurs. Détermination du pire cas pour la commande. Prérequis : Électronique industrielle (020ELIES2).

020CCAES4	Conversion continu-alternatif	4 Cr.
------------------	--------------------------------------	--------------

Généralités. Rappel sur les familles de convertisseurs. Place des onduleurs dans les applications industrielles. Composants semi-conducteurs utilisés. Onduleurs monophasés. Onduleur avec un transformateur à point milieu. Onduleur en demi-pont. Onduleur en pont complet. Onduleurs triphasés. Notes sur les onduleurs multi-niveaux. Techniques de commande. Commande pleine onde décalée. Commande MLI sinus-triangle. Principes de la surmodulation. Commande unipolaire et bipolaire d'un pont monophasé complet. Modulation phase par phase d'un onduleur triphasé. Modulation suboptimale. Modulation partielle. Commande vectorielle d'un onduleur triphasé. Modulation précalculée. Commande d'un onduleur en pont monophasé par déphasage des commandes des deux demi-ponts. Modulation sigma-delta et modulation delta. Notes sur le filtrage des grandeurs d'entrée et de sortie. Dimensionnement des filtres. Convertisseurs alternatif-continu à facteur de puissance élevé. Principes de filtrage et de mise en forme des courants de source. Filtrage passif versus filtrage actif. Topologies monophasées uni et bidirectionnelles. Circuits de correction du facteur de puissance. Topologies triphasées directes. Topologie à six interrupteurs. Redresseur de Vienne. Topologies indirectes. Redresseur de Minnesota. Redresseur triphasé à injection active de courant. Techniques de commande : commande à fréquence fixe versus commande par bascules à hystérésis. Modélisation et réglage des redresseurs actifs. Simulations numériques et vérification des performances. Imperfections de fonctionnement. Problème de saturation de commande. Prérequis : Conversion continu-continu (020CCCE3).

020DOMES3	Domotique	4 Cr.
------------------	------------------	--------------

La domotique est l'ensemble des techniques de l'électronique, de physique du bâtiment, d'automatisme, de l'informatique et des télécommunications utilisées dans les bâtiments, plus ou moins « interopérables » et permettant de centraliser le contrôle des différents systèmes et sous-systèmes de la maison et de l'entreprise (chauffage, volets roulants, porte de garage, portail d'entrée, prises électriques, etc.). La domotique vise à apporter des solutions techniques pour répondre aux besoins de confort (gestion d'énergie, optimisation de l'éclairage et du chauffage), de sécurité (alarme) et de communication (commandes à distance, signaux visuels ou sonores, etc.) que l'on peut retrouver dans les maisons, les hôtels, les lieux publics.

Prérequis : Électronique numérique (020ELNES2) ou Électronique (020ELCES1).

020DROES5	Droit des affaires	2 Cr.
------------------	---------------------------	--------------

Introduction au droit, règles et sanctions. Les droits subjectifs. Le procès, première instance, voies de recours (en matière civile et commerciale). Droit commercial : les actes de commerce, les commerçants, le fonds de commerce. Les sociétés commerciales. Cadre juridique de l'environnement légal de l'entreprise. Principaux outils de paiement et de crédit. Garanties données et reçues par l'entreprise.

020ELAES1	Électronique analogique	6 Cr.
------------------	--------------------------------	--------------

Ce cours consiste en l'étude des principaux composants électroniques de faible puissance, utilisés pour la réalisation des circuits électroniques et s'articule selon les thèmes suivants : 1) Semi-conducteurs de types N et P – jonction PN. 2) Diodes : Caractéristiques – Circuits d'applications (écrêtage, redressement...) - Diode Zener (régulation) – Diode électroluminescente (dimensionnement). 3) Transistor bipolaire : Fonctionnement en régime statique (polarisation, circuit d'application) – Fonctionnement dynamique (circuit d'amplification) – Synthèse d'un amplificateur – Transistor bipolaire en commutation (dimensionnement). 4) Transistor FET et MOSFET : Caractéristiques - Fonctionnement résistif et amplification. 5) Amplificateur opérationnel (AO) : Structure différentielle et amplificateur différentiel – Circuit de bases – Caractéristiques et limitations des performances statiques et dynamiques – Circuits d'applications (AO logarithmique, filtrage actif...). 6) Comparateur : Caractéristiques et limitations des performances – Circuits d'application (horloge, hystérésis, détecteur de valeur crête). 7) transistor de puissance.

Prérequis : Systèmes et réseaux électriques linéaires (020SRLN14 ou 020SRLC14).

020ELIES2	Électronique industrielle	6 Cr.
------------------	----------------------------------	--------------

Ce cours permet l'étude des points suivants : Aspect énergétique des signaux temporeux. Interrupteurs de puissance (diodes, thyristors, triacs, transistor bipolaire, MOSFET, IGBT, GTO, etc.) : caractéristiques, fonctionnement en commutation, circuit de commande, critères de choix, protections. Introduction aux convertisseurs de puissance de type AC-DC, DC-AC, DC-DC, AC-AC. Redresseurs assistés par le réseau alternatif de type monophasé à quatre thyristors et triphasé à six thyristors : formes d'ondes, grandeurs caractéristiques, aspect énergétique. Autres topologies : Aspect énergétique, avantages/inconvénients - Bureau d'études : cahier des charges, chaîne de conversion d'énergie, dimensionnement des composants, protections thermiques et électriques.

Prérequis : Électronique analogique (020ELAES1).

020ELNES2	Électronique numérique	6 Cr.
------------------	-------------------------------	--------------

Introduction à la technologie des circuits intégrés. Circuits intégrés numériques à base de transistor MOS, caractéristiques des circuits CMOS, briques de base CMOS, conception au niveau transistor de fonctions et portes logiques. Interfaçage des circuits intégrés numériques.

Systèmes numériques et analogiques : échantillonnage, quantification, codage et interrupteurs analogiques. Convertisseurs analogiques numériques et Numérique analogique et leurs circuits (résistif pondéré, R/2R, SAR, Flash). Introduction aux circuits mémoire : terminologie, architecture, ROM, SRAM, DRAM, assemblage de circuits mémoire.

Prérequis : Électronique analogique (020ELAES1).

020ETCES1	Électrotechnique	6 Cr.
------------------	-------------------------	--------------

Principes de conversion de l'énergie. Présentation d'une chaîne de conversion de l'énergie. Matériaux de l'électrotechnique : matériaux isolants, conducteurs, magnétiques. Circuits magnétiques en régimes linéaire et saturé. Fuites magnétiques et incidence de la présence d'un entrefer. Transformateur monophasé : transformateur parfait, couplage magnétique, modélisation du couplage magnétique réel par les méthodes des fuites partielles et totales, constitution d'un transformateur monophasé, schémas équivalents d'un transformateur monophasé, grandeurs nominales, plaque signalétique, grandeurs réduites, détermination des éléments du schéma équivalent à partir des essais expérimentaux, exploitation du schéma équivalent pour étudier le fonctionnement du transformateur à vide, en court-circuit et en charge, fonctionnements anormaux d'un transformateur monophasé. Circuits électriques fonctionnant en régime sinusoïdal triphasé équilibré et déséquilibré : rappels sur le régime sinusoïdal, schéma monophasé étoile équivalent, calculs et mesures de puissances, méthode des composantes symétriques. Transformateur triphasé : introduction aux normes, constitution, couplage des enroulements, indice horaire, schémas équivalents, grandeurs nominales, plaque signalétique, grandeurs réduites, fonctionnement à vide, en court-circuit et en charge, détermination des éléments du schéma monophasé étoile équivalent à partir des essais expérimentaux, fonctionnements anormaux d'un transformateur triphasé.

Prérequis : Électromagnétisme (020EMEN13 ou 020EMEC13), Systèmes et réseaux électriques linéaires (020SRLN14 ou 020SRLC14).

020ERNES6	Énergies renouvelables	4 Cr.
------------------	-------------------------------	--------------

Énergies primaires et énergies renouvelables. Énergie et environnement. Conversion de l'énergie hydraulique en énergie électrique. Turbines Pelton, Francis et Kaplan. Dimensionnement d'une turbine hydraulique et évaluation des coûts d'une installation. Principe de fonctionnement d'une turbine éolienne. Conversion de l'énergie du vent en énergie électrique. Distribution de Weibul. Dimensionnement d'une éolienne et évaluation des coûts d'une installation éolienne. Principes fondamentaux de la conversion de l'énergie photovoltaïque. Spectre solaire, effet de la géométrie, atténuation atmosphérique. Principales technologies de membranes (amorphe, mono et poly cristallin), rendement. Types d'installation électrique (autonome, connectée au réseau). Évaluation des rendements et des pertes d'une installation PV. Étude économique d'une installation photovoltaïque. Différentes technologies de panneaux solaires, leur mode de fonctionnement et leur efficacité et rendement. Biomasse et environnement. Voies de valorisation énergétique de la biomasse : Chimique (hydrolyse, liquéfaction, pyrolyse, gazéification), Thermochimique (méthanisation, et biologique (composte). Systèmes d'application de la biomasse pour la production de l'électricité et/ou de la chaleur. Différents types d'énergie géothermique. Dimensionnement des installations géothermiques et calcul de leur performances et rendement. Stockage d'énergie et de chaleur. Les piles à combustibles. Les super condensateurs. L'air comprimé. Les volants d'inerties. Les batteries chimiques. Les stockages hydrauliques. Principe de fonctionnement. Technologies existantes. Efficacité et rendement.

020EVVES4	Entraînements à vitesse variable	6 Cr.
------------------	---	--------------

Nécessité de la vitesse variable. Machine à courant continu à vitesse variable : réversibilité totale, convertisseur quatre quadrants sans circulation de courant, boucle de courant, boucle de vitesse. Modélisation et types d'alimentations du moteur asynchrone : équations en valeurs réduites, modèle simplifié à fréquences élevées, commande en tension, commande en courant, convertisseurs associés au moteur asynchrone. Commandes scalaire, vectorielle et DTC de la machine asynchrone. Modélisation de la machine synchrone en vue de la commande. Alimentation par le réseau triphasé. Commande en couple de la machine synchrone : autopilotage et commande vectorielle. Commande en vitesse de la machine synchrone. Bureau d'études sur MATLAB/Simulink. Prérequis : Automatique linéaire (020AULES1), Machines électriques 2 (020ME2ES4).

020ENTES1	Entrepreneurship	2 Cr.
------------------	-------------------------	--------------

Les écoles de commerce et les étudiants ont beaucoup travaillé sur le développement de « business plan » dans le cadre de leurs cours d'entrepreneurship « entrepreneuriat », au cours desquels de véritables entrepreneurs rédigent leur plan d'activité sur un canvas. Ces dernières années, il a été prouvé que l'activité entrepreneuriale est devenue d'une très grande importance et a plus à voir avec les affaires et la gestion. Ce cours présentera de nouvelles méthodes d'enseignement et d'apprentissage de l'entrepreneuriat pouvant être utilisées dans la vie pratique.

020ETHES3	Éthique et entreprise	4 Cr.
------------------	------------------------------	--------------

Ce cours s'adresse aux étudiants destinés à opérer dans des entreprises publiques ou privées et touchant à tous les domaines. Il s'agit de les sensibiliser à la notion d'éthique qui devient incontournable de nos jours, vu les tendances actuelles au développement durable, à la diffusion de l'information auprès des parties prenantes et à la compétition transparente et honnête. Le cours offre aux futurs ingénieurs la possibilité d'appréhender le monde professionnel sous un angle analytique d'actualité et de se démarquer ainsi par un esprit professionnel averti et responsable. Les étudiants seront enfin plus alertes quant à la démarche entrepreneuriale et la réflexion sur l'éthique qui l'accompagne.

020GPRES2	Gestion de projets	4 Cr.
------------------	---------------------------	--------------

Ce cours est une étude des théories de la gestion, mettant l'accent sur les fonctions de gestion de la planification, de la prise de décision, de l'organisation, de la direction et du contrôle. Décrire les fonctions de gestion de base et le processus de gestion. Saisir le rôle central que jouent les managers dans la gestion efficace de la diversité. Définir la communication et expliquer les obstacles à une communication efficace. Décrire les étapes du développement du groupe. Définir le processus de motivation. Expliquer les différents styles de leadership. Décrire le processus de contrôle.

020IPRES5	Identification des processus	4 Cr.
------------------	-------------------------------------	--------------

Ce cours consiste à étudier les différentes techniques permettant d'identifier un système inconnu dans le but de réaliser un contrôle automatisé et ce, selon les points suivants : Modélisation d'un système (type de modèles, méthodes de représentation, méthodes de conversion continu/discret) - Approximation d'un bruit par un signal binaire pseudo-aléatoire - Identification de modèles non-paramétriques dans les domaines temporel (réponse impulsionnelle par déconvolution numérique et par la méthode de corrélation) et fréquentiel (par transformée de Fourier et par analyse spectrale) - Identification d'un modèle paramétrique par la méthode des moindres carrés et ses dérivées (récurifs, pondérés, généralisés, etc.) - Aspects pratiques de l'identification (choix de l'entrée d'excitation, ordre du système à identifier, validation du modèle obtenu, identification en boucle fermée, passage d'un modèle non-paramétrique à un modèle paramétrique, etc.).

Prérequis : Signaux et systèmes (020SYSES2).

020INDES2	Innovation and design thinking	2 Cr.
------------------	---------------------------------------	--------------

The focus of this course is to learn about the creative mindset and particular practices that enable innovation. After establishing the mindset, we will explore creativity and the sources of innovative ideas. Because believing that one can be creative is the first step to becoming an innovative thinker and leader, we delve into strategies for enhancing creative confidence and instilling it in others. From there, we will introduce the design thinking process, which is a time-tested approach for practicing innovation. The next sessions will explore the various aspects of the design thinking process, from need finding and empathy to generating insights to prototyping and experimenting. Lastly, we will delve into how to create and implement an innovative mindset in a work environment and how to influence and inspire others. This module concludes with a project that allows students to put design thinking into practice in a project of their own.

020IE1ES2	Installations électriques 1	6 Cr.
------------------	------------------------------------	--------------

Équipement électrique, interrupteurs, sectionneurs, contacteurs, fusibles, disjoncteurs, disjoncteur différentiel, relais thermiques, câbles (types, dimensionnement...). Schémas électriques (raccordement de contacteur, disjoncteur, fusibles et dessins). Batteries. Éclairage : physique de base, lumière et couleur, unités de mesure, types de lampes (ballasts et ballasts HID, décharge à haute intensité (HID), techniques de calcul, introduction au logiciel « Dialux », cours AutoCAD.

Prérequis : Électrotechnique (020ETCES1).

020IE2ES3	Installations électriques 2	4 Cr.
------------------	------------------------------------	--------------

Calcul de la consommation électrique et estimation de la puissance. Éclairage. Prises de courant. Dimensionnement des sorties pour la climatisation. Calcul du courant de court-circuit (en tenant compte des transformateurs, de l'impédance des câbles, ...). Dimensionnement des disjoncteurs et interrupteurs, installation des câbles (différents niveaux de protection). Schémas de mise à la terre (disjoncteur différentiel). Paratonnerre. Parafoudre. Alimentation de secours. Onduleurs. Systèmes basse tension (téléphone, données, vidéosurveillance, télévision, musique, vidéophone, etc.). Tableaux électriques (consommation réelle). Alimentation auxiliaire. Schémas de distribution verticale et dessins. Devis quantitatif estimatif. Logiciels (Dialux, Ecodial et AutoCAD).

Prérequis : Installations électriques 1 (020IE1ES2).

020IA2ES4	Intelligence artificielle	4 Cr.
------------------	----------------------------------	--------------

Ce cours vise à étudier les agents dotés d'intelligence artificielle. Il présente plusieurs méthodes de mise en œuvre de ces agents, allant des agents de réflexe simples aux agents basés sur l'utilité, ainsi qu'aux agents d'apprentissage. Nous commençons par aborder les recherches gloutonnes et A*, l'implémentation de jeux à l'aide des algorithmes minimax et expectimax, les processus de décision markoviens (MDP) et l'apprentissage par renforcement (RL). Nous introduisons ensuite les réseaux bayésiens et plusieurs algorithmes d'apprentissage automatique que nous pouvons appliquer en télédétection.

020LFLES5**Logique floue - Réseaux neuronaux****4 Cr.**

Introduction à l'intelligence artificielle. Application à la commande des processus complexes. La logique floue. Fondements historiques. Notions de sous-ensembles flous. Opérations sur les sous-ensembles flous. Les α -coupes. Principe d'extension. Normes et co-normes triangulaires. Relations floues. Quantités floues. Variable linguistique. Modificateurs linguistiques. Propositions floues. Quantificateurs flous. Caractéristiques de la logique floue. Implications floues. Modus ponens généralisé. Commande floue. Fuzzification et défuzzification. Règles d'inférence. Agrégation. Méthodes de Mamdani et de Larsen. Simulations numériques avec Fuzzy Toolbox de Matlab. Réseaux de neurones artificiels. Généralités. Historique. Fondements biologiques. Modèles d'un neurone. Architectures de réseaux neuronaux. Paradigmes et lois d'apprentissage. Mémoire associative. Matrice de corrélation. Correction d'erreur. Le Perceptron. Théorème de convergence de l'algorithme d'apprentissage. Mesure de performance. Algorithme LMS. Équations de Wiener-Hopf. Méthode de la descente du gradient. Convergence. Paramètres d'apprentissage. Adaline. Perceptrons multicouches. Algorithme de rétro-propagation de l'erreur. Amélioration de l'algorithme. Problème de surdimensionnement. Validation croisée. Application à l'identification de fonctions. Algorithme de Levenberg-Marquardt. Fonctions à base radiale. Problème d'interpolation. Théorie de régularisation. Réseaux RBF généralisés. Stratégies d'apprentissage. Application des réseaux neuronaux à l'identification et au réglage des processus dynamiques non-linéaires. Simulations numériques avec Neural Networks Toolbox de MATLAB.

020MLRES4**Machine Learning****4 Cr.**

Le Machine Learning (ML) est un sous-domaine de l'intelligence artificielle. C'est la science de faire apprendre à la machine par des exemples. Les principaux sujets de recherche en ML comprennent : la compréhension du langage naturel, l'interprétation des images par ordinateur, et les voitures autonomes. Dans ce cours, nous étudierons l'implémentation de différents algorithmes en utilisant Python avec Tensorflow et Keras. Nous présenterons plusieurs algorithmes tels que les arbres de décision, random forest, support vector machines, les réseaux de neurones ainsi que d'autres algorithmes.

020ME1ES2**Machines électriques 1****6 Cr.**

Constitution. Modélisation. Mise en équation et caractéristiques externes en régime permanent de la machine à courant continu. Champs tournants. Machine asynchrone : constitution, modélisation, mise en équation, schémas équivalents et caractéristiques externes en régime, détermination des éléments du schéma monophasé étoile équivalent à partir des essais expérimentaux. Machine synchrone : constitution, modélisation, mise en équation, schémas équivalents et caractéristiques externes en régime permanent de la machine synchrone à pôles lisses, notion de stabilité, détermination des éléments du schéma monophasé étoile équivalent à partir des essais expérimentaux - Introduction aux entraînements à vitesse variable.
Prérequis : Électrotechnique (020ETCES1).

020ME2ES4**Machines électriques 2****4Cr.**

Ce cours s'articule autour de quatre axes : I) Transformateurs : étude des transformateurs spéciaux - Transformateurs en régime déséquilibré - Régimes transitoires des transformateurs - Fonctionnement en parallèle des transformateurs - Applications sous Matlab. II) Machines à courant continu : Mise en équation de la MCC en régime transitoire - Exploitation des équations en régime transitoire non saturé. III) Machines asynchrones : Fonctionnement en génératrice et en frein. Machines asynchrones spéciales : monophasées, à double cage et à encoches profondes. Modélisation de la machine asynchrone en régime transitoire et applications. IV) Machines synchrones : Rappels sur les champs tournants - Modélisation dynamique des machines synchrones : à pôles lisses, à pôles saillants, avec ou sans amortisseurs - Étude du régime transitoire en mode alternateur et applications.

Prérequis : Machines électriques 1 (020ME1ES2)

020MNGES5**Management****2 Cr.**

Ce cours est une étude des théories de la gestion, mettant l'accent sur les fonctions de gestion de la planification, de la prise de décision, de l'organisation, de la direction et du contrôle.
Décrire les fonctions de gestion de base et le processus de gestion. Saisir le rôle central que jouent les managers dans la gestion efficace de la diversité. Définir la communication et expliquer les obstacles à une communication efficace. Décrire les étapes du développement du groupe. Définir le processus de motivation. Expliquer les différents styles de leadership. Décrire le processus de contrôle.

020MEFES2	Mécanique des fluides	4 Cr.
<p>Caractéristiques des fluides. Statique. Cinématique. Équations d'équilibre des fluides (linéaire et rotationnelle). Étude des fluides visqueux. Analyse dimensionnelle et similarité. Régimes d'écoulement. Introduction aux écoulements laminaires et turbulents dans les conduites. Théorème d'Euler et Bernoulli. Équations de Navier-Stokes pour les écoulements 1D- Écoulement non visqueux. Écoulement incompressible. Analyse dimensionnelle et similarité. Introduction au flux laminaire et turbulent. Écoulement sur les corps immergés. Fluide compressible. Forces de portance et de traînée. Théorie des écoulements potentiels.</p> <p>Prérequis : Mécanique 2 (020MC2NI3 ou 020MC2CI3).</p>		
020MENES1	Méthodes numériques	4 Cr.
<p>Le cours initie aux techniques numériques pour résoudre différents problèmes : notions d'erreurs, propagation des erreurs, interpolation, approximation, dérivation et intégration, résolution des équations différentielles, systèmes linéaires, résolution des équations aux dérivées partielles par la méthode de différences finies, calcul de valeurs et de vecteurs propres, résolution des systèmes non linéaires. Ce cours présente les techniques des résolutions numériques des problèmes d'ingénieurs insolubles mathématiquement. À la base de la simulation numérique, les techniques présentées dans ce cours permettent aux étudiants de développer des simulateurs pour différents problèmes. Cette unité d'enseignement permettra aux étudiants de résoudre numériquement les problèmes suivants : Déterminer une fonction qui approche au mieux un ensemble de points. Intégrer et dériver numériquement. Résoudre des équations différentielles et des équations aux dérivées partielles. Résoudre des systèmes linéaires et non linéaires. Calculer les éléments propres de matrices. Le cours requiert une bonne maîtrise de l'algèbre linéaire et de l'analyse tout comme il contribue au développement de la compétence « Résoudre des problèmes complexes en ingénierie en utilisant les outils théoriques adaptés ».</p> <p>Prérequis : Calculs différentiels (020CDFNI4) ou Analyse 2 (020AN2CI3), Algèbre linéaire (020ALNNI2) ou Algèbre 1 (020AL1CI2).</p>		
020MSDES1	Modélisation des systèmes dynamiques	4 Cr.
<p>Modélisation mathématique des systèmes électriques et mécaniques. Simulation dans MATLAB/Simulink. Analyse des performances dynamiques par voie de simulation. Méthodes de résolution numérique. Choix des paramètres de simulation.</p> <p>Prérequis : MATLAB (020MATNI4).</p>		
020PRNES4	Procédés industriels	4 Cr.
<p>Programmable Logic Controllers (PLC). Distributed Control Systems (DCS). Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). Human Machine Interface (HMI). Remote Terminal Unit (RTU). Fieldbus (MODBUS, PROFIBUS, PROFINET, HART). CPU memory (executive, system, data, program). Memory types (RAM, ROM, EPROM, EEPROM). Data type (input, output, digital, analog). SCADA architecture (field level, automation level, management level). Intelligent Electronic Devices (IED). Communication (message, sender, receiver, master, slave, serial, parallel). Transmission (simplex, duplex, point to point, multipoint, guided, unguided). Topology (mesh, star, bus, ring, hybrid). Transmission media (twisted pair, coaxial, patch cable, crossover cable, fiber optic). Data coding. Operational Block (OB). Function (FC). Function Block (FB) - DataBlock (DB). Scan cycle. Interrupt. MODBUS data types (discrete input, coil, input register, holding register).</p>		
020PENES4	Production de l'énergie électrique	4 Cr.
<p>Situation énergétique mondiale. Prévisions énergétiques et réserves mondiales. Formes d'énergies et mode de conversion. Génération de puissances par turbomachines. Aspects économiques et environnementaux. Secteur de l'électricité : courbe de charge, courbe monotone annuelle. Principes fondamentaux de la conversion et du transfert de l'énergie. Cycles de production d'énergie au moyen de la vapeur d'eau : notions générales sur les cycles à vapeur, cycle de Carnot, cycle Rankine, cycle de Hirn, cycle de Hirn avec réchauffage de l'eau d'alimentation, cycle avec resurchauffe. Condensation de la vapeur. Turbines à action à vapeur multicellulaire. Turbines multicellulaires à réaction. Turbines à plusieurs corps. Turbines à fluide non condensable. Réglage des turbines à vapeur. Cycle simple d'une turbine à gaz. Calcul d'une turbine à gaz au point nominal. Fonctionnement d'une turbine à gaz aux charges partielles. Turbines à gaz avec régénération, compression refroidie et réchauffage. Cycles combinés gaz-vapeur. Moteurs alternatifs à combustion internes : le mécanisme coulissant à manivelle, cycle Lenoir, cycle Otto et cycle Diesel.</p> <p>Prérequis : Mécanique des fluides 1 (020MEFES1).</p>		

020CPPEs1	Programmation orientée objets	6 Cr.
<p>La syntaxe du langage C/C++ : déclarations typées de variables, lecture du clavier, écriture vers l'écran, expressions, conversion de types implicite et explicite, branchement conditionnel, différentes formes de boucles, fonctions et prototypes, passage de paramètres, surcharge, std : vector, std : string, C array, C string, tableaux multidimensionnels, typedef, résolution de dépendances cycliques, structures, déclaration de références, pointeurs et allocation dynamique de la mémoire. Gestion manuelle de la mémoire (manual memory management) : différence entre l'allocation statique et dynamique de la mémoire, pile vs. tas (stack vs. heap), C alloc/free et C++ new/delete, common segmentation fault errors, copie profonde, pointeurs à la C, unique_ptr, shared_ptr. Le paradigme orienté objets : abstraction et encapsulation, héritage, polymorphisme. Spécificité du langage C++. Environnement de développement. Compilation. Versionnement du code. Génération de documentation. Introduction aux interfaces graphiques C++ de Qt.</p> <p>Prérequis : Informatique 2 (020IF2N13 ou 020IF2C13)</p>		
020PFEEs6	Projet de fin d'études	16 Cr.
<p>Le projet de fin d'études est un projet réalisé par groupes de 2 à 4 étudiants, visant à offrir une expérience pratique de conception en génie dans le programme concerné, avec la supervision et l'approbation d'un encadrant de la Faculté. Les étudiants doivent définir le projet, préciser ses objectifs, examiner l'état des connaissances, établir ses spécifications et sélectionner une méthode de conception. Dans ce projet, les étudiants doivent mettre en œuvre les connaissances acquises dans leur formation académique et fournir un produit final qui a franchi les étapes de conception, de modélisation, d'analyse, d'essai et d'évaluation. Un rapport final et deux présentations orales constituent les principaux livrables du projet.</p> <p>Prérequis : avoir validé 150 crédits.</p>		
020PRMEs4	Projet multidisciplinaire	6 Cr.
<p>Ce projet réunit des étudiants de différents programmes et/ou options où chaque étudiant participe à la réalisation d'une tâche en relation avec son domaine. Il vise à offrir une expérience pratique de conception, renforce leur esprit critique et développe leurs capacités de communication et de collaboration. Dans ce projet, les étudiants doivent mettre en œuvre les connaissances acquises dans leur formation académique et fournir un produit final qui a franchi les étapes de conception, de modélisation, d'analyse, d'essai et d'évaluation. Un rapport final et une présentation orale constituent les principaux livrables du projet.</p>		
020ROBEs5	Robotique	4 Cr.
<p>Ce cours introduit aux étudiants les concepts de la robotique appliqués principalement aux bras de robot. Ces concepts comprennent la modélisation de la cinématique et de la dynamique, la génération de trajectoires dans les espaces cartésiens, l'analyse de stabilité, la commande linéaire et non linéaire, ainsi qu'une vue d'ensemble de certains algorithmes adaptatifs.</p>		
020RBMES4	Robots mobiles	4 Cr.
<p>Ce cours traite des robots mobiles à roues. Le cours couvre : La non holonomie et l'intégrabilité des contraintes cinématiques ; modélisation : cinématique, dynamique et représentation de l'espace d'états ; et stratégies de contrôle non linéaires (en boucle ouverte et en boucle fermée). Cinq études de cas sont couvertes : les pendules mobiles à roues semblables à des voitures, les chariots, les roues omnidirectionnelles et les robots type vélo.</p>		
020SYSEs2	Signaux et systèmes	4 Cr.
<p>Ce cours couvre les concepts de base de traitement et d'analyse des signaux et des systèmes continus et discrets comme la transformée de Fourier, les distributions, la décomposition en série de Fourier des signaux périodiques, le théorème de Parseval, les systèmes linéaires et invariants, le filtrage linéaire des signaux continus, les distorsions linéaires et non-linéaires, l'échantillonnage, la transformée en Z, la transformée de Fourier à temps discret, les fenêtres de troncatures, la transformée de Fourier discrète (TFD), la transformée de Fourier Rapide (FFT), les filtres numériques récurrents et non récurrents, la synthèse des filtres récurrents et non-récurrents.</p> <p>Prérequis : Calculs différentiels (020CDFN14) ou Analyse 2 (020AN2C13).</p>		

02oSSTES4	Space and micro/nano satellite technologies	4 Cr.
------------------	--	--------------

Micro/nano satellite mission, orbits design and analysis, subsystem scheme, micro/nano satellite configuration design, system performance determination and analysis, reliability and safety analysis technical processes of the satellite development, attitude system determination and control, design of the micro/nano satellite integrated electronic system, architecture of micro/nano satellite integrated electronic and relevant technical specifications, concept of micro/nano satellite testing description,, ground station types and related software's, STK tracker software, design and implement (tabletop) a nanosatellite type Cubesat 1U using commercial components and boards.

Prérequis : Électronique analogique (02oELAES1), Mécanique 1 (02oMC1NI1 ou 02oMC1CI1).

02oSTGES5	Stage en entreprise	2 Cr.
------------------	----------------------------	--------------

Le stage en entreprise est un mode de formation permettant à l'étudiant : L'application des connaissances acquises en cours de formation dans un milieu professionnel. L'acquisition d'aptitudes professionnelles en complément de la formation théorique et pratique. L'expérience des situations de relations humaines qui se vivent dans les différents milieux où l'ingénieur est appelé à travailler. L'occasion d'acquérir des connaissances que seul le milieu de travail peut donner. L'acquisition d'une expérience et de connaissances qui facilitent une future embauche.

02oSTAES1	Statistiques	4 Cr.
------------------	---------------------	--------------

Hypothèses, caractéristiques d'un échantillon. Échantillonnage. Estimation. Intervalles de confiance. Contrôle statistique. Principe des tests d'hypothèses. Tests de conformité à un standard. Tests de comparaison de deux populations normales. Tests d'ajustement. Tests d'indépendance. Tests non paramétriques. Analyse de la variance. Étude de l'influence de deux facteurs. Régression linéaire : estimateurs des Moindres Carrés Ordinaires (MCO), lois des estimateurs et tests des estimateurs, corrélation et analyse de la variance, utilisation du modèle de régression en prévision.

Prérequis : Probabilités (02oPRBNI4) ou Analyse 3 (02oAN3CI4).

02oSAMES5	Systèmes à microcontrôleurs avancés	4 Cr.
------------------	--	--------------

Introduction aux systèmes embarqués. Introduction à la famille STM32 de MCU et STM32CubeIDE. Principes d'interprétation des schématique pour les applications embarquées. Présentation et tests pratiques des périphériques MCU : ADC, DAC, Advanced Timers, PWM, UART, I2C, SPI, DMA, SDIO, USB. Introduction au système d'exploitation en temps réel (RTOS). Introduction à l'apprentissage automatique sur les MCU et TinyML. Prérequis : Systèmes à microprocesseurs (02oSMPE3).

02oSMPE3	Systèmes à microprocesseurs	4 Cr.
-----------------	------------------------------------	--------------

Différence entre un microprocesseur, un microcontrôleur et un DSP. Architecture d'un microprocesseur et réalisation d'une carte minimale. Architecture du microcontrôleur 18F2520. Mise en œuvre des mémoires ROM, RAM et DATA EEPROM. Étude des registres spéciaux. Modes d'adressages. Les entrées sorties. Les interruptions. Les timers. Le convertisseur analogique numérique. Le port série asynchrone. La lecture de la mémoire de programme. Les comparateurs. Le chien de garde. Le mode sleep. Le low voltage detect. L'oscillateur. Les mots de configuration. Conception, simulation et réalisation d'un système à microprocesseurs.

Prérequis : Techniques digitales (02oTEDNI4 ou 02oTEDCI4).

02oSEMES3	Systèmes embarqués	4 Cr.
------------------	---------------------------	--------------

Systèmes embarqués : introduction, motivation et applications. Types de systèmes embarqués. Niveaux d'intégration et de mise en œuvre. Types de variables. Formats de variables à virgule fixe et virgule flottante. Schématiques et PCB – FPGA : introduction, architecture d'un FPGA, entrée/sortie. Introduction à Quartus Prime et à Altera FPGA – VHDL : introduction, notions de base, comportement combinatoire et séquentiel, processus et horloges, concepts avancés. Introduction au co-design : lien entre le matériel et le logiciel. Création et programmation du processeur NIOS II à l'intérieur de l'FPGA.

Prérequis : Techniques digitales (02oTEDNI4 ou 02oTEDCI4), Informatique 1 (02oIF1NI2 ou 02oIF1CI2).

020SCNES3 Systèmes et commandes numériques**4 Cr.**

Ce cours s'articule autour de deux axes principaux : I) Modélisation : structure, organes et fonctionnement d'un système de commande discret. Transformées en Z directe, inverse et modifiée. Fonction de transfert discrète. Échantillonnage asynchrone et multiple. II) Analyse et commande des systèmes discrets : Stabilité (asymptotique et BIBO) - Critères de stabilité (Jury et Nyquist). Stabilité par transformation homographique (Routh et Nyquist). Réponse indicielle et fréquentielle d'un système échantillonné. Théorème de Shannon. Performances (poursuite et rejet des perturbations et des bruits). Robustesse (marges de gain et de phase). Discrétisation des lois de commande analogiques. Conception de la commande : par le lieu d'Evans, par transformation homographique, par approximation pseudo-continue, par déduction (algorithme de Kalman).

Prérequis : Automatique linéaire (020AULES2), Signaux et systèmes (020SYSES2).

020SNLES5 Systèmes non-linéaires**4 Cr.**

Classification des non-linéarités. Non-linéarités naturelles et non-linéarités artificielles. Non-linéarités symétriques. Non-linéarités sans mémoire. Non-linéarités statiques et dynamiques. Méthode de l'approximation du premier harmonique. Notions de gain complexe équivalent et de lieu critique. Critère de Loeb pour la stabilité. Réponse en fréquence. Réponse à une consigne constante. Cas de non-linéarités en série. Oscillateurs harmoniques. Diode tunnel. Transistor uni-jonction. Oscillateur à circuit accordé. Technique du plan de phase. Tracé des trajectoires. Méthode des isoclines. Stabilité de Lyapunov. Asservissements à relais. Oscillations libres et forcées. Lieu de Hamel. Correction des systèmes non-linéaires. Réaction tachymétrique. Régime glissant. Commande optimale. Réglage par mode de glissement. Principe et caractéristiques générales. Applications. Exemples d'illustration. Procédure générale de conception de régulateurs à structure variable. Définitions et notions préliminaires : surface de commutation, modes de glissement, conditions d'existence d'un mode de glissement, exemples illustratifs. Existence et unicité des solutions en mode de glissement des systèmes de réglage à structure variable. Théorème de Filippov. Méthode de la commande équivalente. Conception de la surface de glissement : établissement du système réduit, forme régulière. Conception du régulateur : méthodes de diagonalisation, méthode de la hiérarchie de commande, autres approches. Systèmes à relais. Application au cas des systèmes incertains. Problème de commutation (chattering). Réglage par linéarisation exacte. Principe et outils mathématiques. Dérivées et crochets de Lie. Difféomorphismes et transformations d'état. Théorème de Frobenius. Linéarisation entrée-état des systèmes monovariables. Linéarisation entrée-sortie des systèmes monovariables. Dynamique interne. Stabilisation asymptotique locale et globale. Extension aux systèmes multi-variables.

020TCOES2 Techniques d'expression et de communication**2 Cr.**

Importance de l'écrit, adaptation de la stratégie de rédaction au contexte et au lecteur, compromis entre mots techniques et degré de vulgarisation, précision des mots et expressions, pertinence des idées, esprit de synthèse, structure d'un document, fond, forme, utilisation des outils bureautiques, etc. Enjeux du verbal, contexte d'échange, nature de l'auditoire, stratégie d'échange, préparation d'une intervention orale, adaptation du langage, choix des termes appropriés, improvisation, gestion du temps de parole, maîtrise de l'attitude (intonation, émotions, hésitations, gestuelle), dépassement des difficultés linguistiques.