



الجمهورية التونسية  
 وزارة التعليم العالي  
 والبحث العلمي

الإدارة العامة للتجديد الجامعي

## Habilitation d'un Parcours

### Pour les années universitaires de 2013-2014 à 2015-2016

<b>Université de Gabès</b>	<b>Mastère</b>	<b>Professionnel</b>	
<b>Institut Supérieur des Systèmes Industriels de Gabès</b>		<b>de Recherche</b>	<b>X</b>

**Domaine :**  
**Sciences Appliquées et Technologies**



## **Semestre 1:**

### **Intitulé de l'UE**

### **Unité transversale 1**

Nombre des crédits: 5

### **ECUE n° 1 : Anglais Scientifique 1**

#### **Plan du cours**

#### **Objectifs de l'ECUE**

Aimed at enhances the writing skills which master students will need while doing research

#### **Contenu**

- 1- This course is intended in the first instance for master students who have at least already written or who are in the advanced stages of writing a first research article in English. Groups will comprise participants actively involved in writing a research article or thesis in English.
- 2- The course provides practical awareness-raising, resources, strategies, exercises, and feedback on writing to enable individual writers to identify areas for improvement, notably in terms of productivity, readability and accuracy of writing.
- 3- Participants are also encouraged to develop self-directed strategies for improving the revising and editing process and for improving feedback on their writing beyond the course/group.

### **Intitulé de l'UE**

### **Mathématiques 1**

Nombre des crédits: 10

### **ECUE n° 1 : Statistiques et processus stochastiques**

#### **Plan du cours**

#### **Objectifs de l'ECUE**

Permet à l'étudiant de synthétiser l'information contenue dans une masse de données et permet aux étudiants d'approfondir leurs connaissances sur le processus stochastiques et leurs applications

#### **Contenu**

Rappel et approfondissement du cours de la licence, Bruit, Chaînes de Markov, Convergence et théorèmes limites, Vecteurs gaussiens, Estimation de paramètres, Tests d'hypothèses, Régression Linéaire.



---

## ECUE n° 2 : Méthodes numériques

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Apporter aux étudiants les connaissances nécessaires pour le traitement numérique des équations aux dérivées partielles de la mécanique. Introduire les principales méthodes numériques permettant de résoudre ces équations.

#### Contenu

Résolution numérique des systèmes linéaires, Résolution numérique de systèmes non linéaires, Méthode des Eléments Finis, Résolution des problèmes en temps.

<b><u>Intitulé de l'UE</u></b>
--------------------------------

<b>Informatiques embarquées</b>
---------------------------------

Nombre des crédits: 5
-----------------------

---

## ECUE n° 1 : Programmation orienté objet

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

L'approche Objets (les objets, les classes, l'héritage, présentation du langage java)

#### Contenu

- Programmation O.O : Approche Objets (les objets, les classes, l'héritage, présentation du langage java), Définition d'une classe (variable d'instance, méthode d'instance, constructeur, surcharge, masquage d'information, définition d'un type), Héritage (principe, hiérarchie de classe, redéfinition, masquage d'information, type/sous-type), Objet (variable objet, polymorphisme, identité d'un objet), Conception d'une classe (séparation interface/implémentation, programmer avec des types, classe et objet, composition ou héritage)



---

## ECUE n° 2 : Circuits logiques programmables

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Etudier les principes de fonctionnement des circuits logiques programmables.

#### Contenu

- Effectuer une classification et applications des mémoires : mémoires mortes, mémoires vives (SRAM, DRAM), mémoires séries (I2C), extensions mémoires. Etudier les architectures et fonctions de base des microprocesseurs. Etude et programmation d'un microprocesseur : registres, modes d'adressage, principales instructions, interruptions, etc. Comprendre le fonctionnement des FPGA et les différents types de familles qui existent dans l'industrie.

- VHDL : Etude des systèmes analogiques et implémentation en utilisant VHDL (sommeur, soustracteur, diviseur,...). Implémentation des fonctions électroniques en VHDL.

---

## ECUE n° 3: Programmation LabVIEW-Matlab/Simulink

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

L'initiation à la programmation Matlab/Simulink et Labview (National Instrument) permettant la gestion interactive d'applications automatisées.

#### Contenu

Aspects généraux de la programmation graphique, instrumentation virtuelle et programmation LabVIEW, bases de programmation LabVIEW : faces *Diagram* et *Front Panel*, types de données, tableaux, variables, structures de contrôle, modules logiciels intégrés (Control Design and Simulation Module, Fuzzy and PID Control, Real Time and FPGA, Robotique), Développement, simulation et mise en œuvre des lois de commande de systèmes dynamiques, cartes et modules d'interface NI-DAQ, calculateur industriel CompactRIO, PXI, DANI Robot, instruments GPIB, etc. Environnement MATLAB/Simulink, bases de programmation et différentes bibliothèques, programmation graphique et génération automatique des codes sources avec Real Time Workshop, flot de développement de lois de commande, cartes d'acquisition et d'interface PCI-1710, DSpace, ...



---

**Intitulé de l'UE****Actionneurs et capteurs en robotique****Nombre des crédits: 5**

---

**ECUE n° 1 : Actionneurs électriques en robotique**

---

**Plan du cours****Objectifs de l'ECUE**

Savoir les différents actionneurs électriques qui sont utilisés en robotique.

**Contenu**

Notions de base des servocommandes, Commandes à C. C., Moteur pas à pas, Moteur à C. C. sans balais, Commandes d'alimentation pour les machines à CNC, Miniaturisation

---

**ECUE n° 2 : Actionneurs hydraulique et pneumatique**

---

**Plan du cours****Objectifs de l'ECUE**

Savoir les différents actionneurs hydraulique et pneumatique qui sont utilisés en robotique.

**Contenu**

Composants pneumatiques, Circuits fondamentaux en pneumatique, Conception et simulation des circuits pneumatiques, Asservissements pneumatiques, Composants et pompes hydrauliques, Circuits fondamentaux en hydraulique, Conception et simulation des circuits hydrauliques, Asservissements hydrauliques

---

**ECUE n° 3 : Instrumentation et capteurs en robotique**

---

**Plan du cours****Objectifs de l'ECUE**

Etude des capteurs et son intégration dans des chaînes de mesures

**Contenu**

Introduction (Les origines de la métrologie, Métrologie : de l'importance de la mesure, La métrologie, une des bases de la qualité), Vocabulaire, définitions (Grandeurs, Dimensions, Mesure, définitions et propriétés, Unités, le système international d'unités), Erreurs et Incertitudes (Erreurs de mesures, Incertitudes normalisées, Incertitudes-types de type A, Incertitudes-types de type B, Incertitudes composées, Propagation des incertitudes, Cas des mesures indirectes, Cas des mesures multiples, Incertitudes-types élargies, Présentation des résultats de mesures, Intervalle de confiance), Instruments de mesure (Caractéristiques des instruments, Le multimètre, L'oscilloscope, L'analyseur de spectre, Convertisseur analogique et numérique), différents types de capteur (capteur sans fil).



---

## ECUE n° 4 : Atelier capteur et actionneur

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Mesure des grandeurs électriques, Manipulation d'un système d'acquisition de données

#### Contenu

Etudier les instruments dans une chaîne de mesure et comment faire les différents types de commande des différents types des actionneurs.

<b><u>Intitulé de l'UE</u></b>
--------------------------------

<b>Modélisation, identification, des systèmes dynamiques</b>
--

Nombre des crédits: 5
-----------------------

---

## ECUE n° 1 : Modélisation et Identifications des systèmes dynamiques

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Définir les méthodes non paramétriques ; Présentation des structures ARX, ARMA, ARMAX ; Méthode de l'erreur de prédiction. Présentation du problème et résolution.

#### Contenu

- Introduction et motivation : Présentation des objectifs, Rappels sur les méthodes non paramétriques, sur les définitions des fonctions d'auto et d'inter-corrélation, des densités spectrales de puissance et sur la théorie des variables aléatoires.
- Structure de modèle en identification : Présentation des structures ARX, ARMA, ARMAX, OE et Box-Jenkins. Analyse des avantages et inconvénients.
- La méthode d'estimation paramétrique des moindres carrés ordinaires. Présentation du problème, critère quadratique, minimisation du critère.
- Quantification de la confiance de l'estimation : Test de la blancheur de l'erreur de prédiction, Tests de corrélation entrée/sortie, Régions de confiance dans l'espace paramétrique, dans le plan de Bode et des pôles/zéros.
- Méthode de l'erreur de prédiction. Présentation du problème et résolution.
- Bureau d'études : Application des outils méthodes au cas d'un procédé réel.



---

## ECUE n° 2 : Diagnostic et localisation de défauts

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Introduction aux systèmes de surveillance à base de modèle ; définir les FDI par projection de relations de redondance dans l'espace de parité ; Définir les FDI à base d'observateurs de diagnostic.

#### Contenu

- Introduction aux systèmes de surveillance à base de modèle
  - Systèmes FDIR : Fault Detection, Isolation and Recovery.
  - FDI à base de modèle, démarche méthodologique : Génération des signaux indicateurs de défauts, Prise de décision, tests d'hypothèses, Robustesse / Performances.
  - Exemples et domaines d'application : Systèmes aéronautiques, Applications spatiales, Secteur nucléaire, Systèmes mécatroniques, Domaine de l'environnement.
  - Détectabilité (point de vue « signal », point de vue « système »).
- FDI par projection de relations de redondance dans l'espace de parité
  - Redondance statique
  - Redondance dynamique
  - Découplage, procédure d'optimisation « Gantmacher ».
- FDI à base d'observateurs de diagnostic
  - "Dedicated Observer Scheme"
  - "Generalized Observer Scheme".
  - Tests de décision, traitement des signaux indicateurs
  - Notion de risque et tests d'hypothèses

---

## ECUE n° 3 : Observateurs d'états

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Introduction à l'étude du comportement dynamique des systèmes linéaires et non linéaires, en représentation d'état, et étude de la commandabilité et l'observabilité.

#### Contenu

- Introduction à la modélisation des systèmes linéaires (représentation d'état, fonction de transfert,...)
- Etude de l'observabilité et la commandabilité (différentes formes et structure)
- Commande par un retour d'état
- Les observateurs d'états.



---

## ECUE n° 4 : Atelier d'automatique

---

### Plan du cours

#### **Objectifs de l'ECUE**

Introduction et mise en œuvre des techniques de commande et d'identification en utilisant un simulateur et un site pilote

#### **Contenu**

- Sur la mise en œuvre d'une commande par modèle interne, par un régulateur RST
- Sur la mise en œuvre de la commande numérique-analogique
- Sur la mise en œuvre de l'identification (algorithme de gradient, de moindres carrés récursifs,....)





## Semestre 2 :

### Intitulé de l'UE

### Unité transversale 2

Nombre des crédits: 3

## ECUE n° 1 : Anglais Scientifique 2

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

the aim is to improve the communicative skills of master students.

#### Contenu :

1. The goal of the course is to offer support to master students needing to use English as a means of communication in a variety of academic / professional situations -- arranging meetings or conferences, submitting proposals for a talk, preparing a bio profile, preparing a poster presentation, etc.
2. The course will focus primarily on the spoken language, but will also involve work on certain forms of brief written communication relevant to the academic world.
3. The course offers students the possibility to work with others towards the achievement of a specific goal arising out of their academic / professional interests, this involving the use of the language as a means of communication in a variety of modes.
4. The course involves an element of linguistic input prior to task performance, ongoing guidance and correction on the linguistic / communicative level, together with post --task feedback.
5. Participants are also required to constitute a portfolio of the various documents produced during the course.

### Intitulé de l'UE

### Mathématiques 2

Nombre des crédits:10

## ECUE n° 1 : Optimisation et recherche opérationnelle

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

P Montrer aux étudiants les concepts de base relatifs à l'étude des vibrations mécaniques des systèmes discrets et continus. Une seconde partie s'intéresse aux phénomènes préparatifs dans les fluides et solides, leur interaction avec les vibrations des structures ainsi qu'une introduction à l'interaction fluide structure à travers d'exemples.



## Contenu

1. **Optimisation** : Introduction à l'optimisation, Optimisation sans contrainte, Optimisation avec contraintes.
2. **Recherche opérationnelle** : Généralités sur les graphes, Programmation linéaire, Flots dans les réseaux

---

## ECUE n° 1 : Modélisation et simulation

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Apprendre la méthode des éléments finis (MEF). Maîtriser les concepts de base de la modélisation numérique. Être capable de résoudre des problèmes mécaniques et physiques. Apprendre à utiliser le code industriel ANSYS.

#### Contenu

1. Introduction ; méthodes matricielles pour résoudre les problèmes discrets : système ressorts, réseaux électriques, réseaux hydrauliques ;
2. Etapes logiques du calcul par Éléments Finis (EF) ;
3. Principe d'assemblage des matrices élémentaires ; introduction des conditions aux limites ;
4. Etapes pratiques du calcul par EF ;
5. Problèmes d'équilibre ou de valeurs aux limites ;
6. Approximation et discrétisation ; formulation intégrale ; méthode de résidus pondérés (Galerkin, méthode de collocation ...)
7. Éléments finis 1D, 2D et 3D ; systèmes de coordonnées ; éléments de référence et fonctions de forme ;
8. Transformation des dérivations et des intégrales ; intégration numérique (méthode de Gauss) ; équation aux dérivées partielles décrivant les phénomènes physiques rencontrés par l'ingénieur ;
9. Passage du continu au discret ;
10. Conditions aux limites portant sur la dérivée ; application en thermique (transfert de chaleur par conduction et convection)

<b><u>Intitulé de l'UE</u></b>
--------------------------------

<b>Synthèse de commande conventionnelle</b>
---

Nombre des crédits: 4
-----------------------

---

## ECUE n° 1 : Commande robuste

---

### Plan du cours

#### **Objectifs :**

Théorie de la commande robuste pour les systèmes linéaires et synthèse fréquentielle des commandes robustes.



### Contenu :

Présentation et rappels sur les approches existantes (Commandes LQ / LQG / Filtres de Kalman / placement de structure propre, etc...); Outils fondamentaux : Valeurs singulières, espace  $RH^\infty$  et norme L2 induites et  $H^\infty$ ; Représentation des incertitudes de modèle : Formalisme LFT (Linear Fractional Transformation); Le problème  $H^\infty$  en commande multi-variable; Le problème d'estimation robuste dans un contexte  $H^\infty$ .

**Synthèse fréquentielle de commandes robustes :** Présenté les deux méthodologies fréquentielles, QFT et CRONE; Commande CRONE : présentation, Commande CRONE de première génération, deuxième génération, troisième génération; problèmes de commande spécifiques; applications industrielles.

## ECUE n°2: Commande adaptative et prédictive

### Plan du cours

#### Objectifs :

La commande adaptative avec modèle de référence et comment définir le régulateur auto-ajustable. Présenté les notions de base de la commande prédictive et son application sur systèmes industriels.

#### Contenu :

- Régulateur auto-ajustable; commande adaptative avec modèle de référence; les méthodes de Lyapunov; fonctions de Lyapunov pour les systèmes linéaires à paramètres invariants.
- Présenter les notions de base de la commande prédictive: (horizon fuyant, équations de prédiction, critères de commande), algorithmes de commande (GPC, DMC et GlobPC), aspects pratiques et stabilité.
  - Présenter les principes suivants de la commande prédictive et son application sur systèmes industriels:
    - Trajectoire de référence,
    - Modèle interne,
    - Structuration de la variable manipulée future,
    - Auto compensateur
  - Cas des systèmes à retard,
  - Prise en compte des perturbations mesurées,
  - Prise en compte des contraintes.
  - Commande prédictive par modèle appliquée à des procédés multi variables.

## ECUE n° 3 : Atelier de synthèse de la commande

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Synthèse de commande conventionnelle

#### Contenu

- Synthèse de la théorie de la commande robuste pour les systèmes linéaires et synthèse fréquentielle des commandes robustes.
  - Synthèse de la commande adaptative avec modèle de référence et comment définir le régulateur auto-ajustable.
- Présenté les notions de base de la commande prédictive et son application sur systèmes industriels.



---

<b><u>Intitulé de l'UE</u></b> <b>Systemes Robotisés</b>
---

Nombre des crédits: 5
-----------------------

---

## ECUE n° 1 : Cinématique et génération de mouvements

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Définir les modèles cinématiques direct (MCD) et inverse (MCI) et les lois de génération de mouvement

#### Contenu

- Les modèles cinématiques direct (MCD) : une brève introduction permet de bien situer ce modèle par rapport aux autres représentations existantes (modèles géométriques, dynamiques) et d'introduire la notion essentielle de « matrice jacobienne du robot ».
- Le modèle cinématique inverse (MCI): rappels mathématiques nécessaires sur la résolution de systèmes linéaires sont effectués. Ensuite, ces résultats sont exploités dans le cadre de la robotique pour déterminer le modèle désiré. Les notions de singularité et de redondance sont abordées.
- A la fin la définition de lois de génération de mouvement et fait le lien avec les modèles établis.

---

## ECUE n° 2 : Outils d'optimisation pour la robotique

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Etudier les outils d'optimisation linéaire et non linéaire pour la robotique.

#### Contenu

- Optimisation non linéaire sans contraintes : après un rappel des conditions nécessaires d'optimalité et une brève présentation de l'algorithme du gradient, les méthodes des moindres carrés sont étudiées (moindres carrés pondérés, moindres carrés récursifs). L'utilisation des techniques de linéarisation est exposée sur un exemple.
- Optimisation linéaire : le contexte d'utilisation est tout d'abord présenté sur un exemple permettant d'expliquer l'étape de modélisation puis la transformation du modèle sous formes standard et simpliciale. L'algorithme du simplexe est ensuite introduit et suivi d'une étude de sensibilité aux variations de certains paramètres.



## **ECUE n° 3 : Réseaux embarqués dans les véhicules automobiles**

### **Plan du cours**

#### **Objectifs de l'ECUE**

- Découvrir une méthode d'analyse et de synthèse de système complexe mécatronique appliquée à l'électronique embarquée dans le véhicule automobile.
- Constaté l'apport de la mécatronique dans un système essentiellement mécanique au moyen de quelques applications concrètes.

#### **Contenu**

- Réseaux locaux, réseaux embarqués : Situation dans le modèle OSI
- Emergence des réseaux embarqués dans le véhicule : Introduction, Présentation générale.
- Le Système Electronique Véhicule, ses "clients" internes et leurs besoins.
- Les étapes de la conception : Architecture fonctionnelle, Architecture physique (réseaux, aspects matériel et logiciel), Architecture organique.

## **ECUE n° 4 : Atelier Robotique**

### **Plan du cours**

#### **Objectifs de l'ECUE**

Faire des bureaux d'études pour l'étude des Cinématique et génération de mouvements et utilisant Outils d'optimisation pour la robotique.

#### **Contenu**

Etude des Cinématique et génération de mouvements et utilisant Outils d'optimisation pour la robotique sur des robots mobiles ou des robots manipulateurs. Utiliser les logiciels MATLAB pour le synthèse et modélisation.

#### **Intitulé de l'UE**

### **Systemes complexes**

Nombre des crédits: 5

## **ECUE n° 1 : Approches multimodèle et multicommande**



---

## Plan du cours

### Objectifs

L'approche Multimodèle et Multicommande (Elaboration de la base de modèle, Calcul des validités, Structure du Multimodèle, Stabilité Multimodèle, Commande Multimodèle)

### Contenu

- L'approche dite "approche Multimodèle" a été développée pour apporter une réponse aux problèmes liés à la complexité des systèmes industriels : (une forte non linéarité, une non stationnarité, un large domaine de fonctionnement, des variations paramétriques, des perturbations externes ou des dynamiques non modélisées). Cette approche est basée directement sur la stratégie "diviser pour conquérir". En effet, le fonctionnement du processus est découpé en un ensemble de zones ou de régimes de fonctionnement (base ou bibliothèque de modèles). A chaque zone de fonctionnement, un modèle (dans le cas de l'identification) et/ou un régulateur local simple (dans le cas de la commande) est associé. Ces modèles locaux et/ou régulateurs sont, par la suite, combinés d'une façon ou d'une autre pour construire un modèle et/ou un régulateur global.
- Les outils connus d'analyse, d'identification et de commande des systèmes linéaires peuvent être appliqués à l'approche Multimodèle, mais avec certaines précautions.

---

## ECUE n° 2 : Commandes des systèmes non linéaires

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Etudier et commander les Systèmes non linéaires continus.

#### Contenu

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

---

## ECUE n° 3 Filtrage optimal

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Etudier les différentes méthodes de filtrage optimal.

#### Contenu

Filtrage optimale : Rappels, Théorie de Wiener, Théorie de Kalman, Généralisation du filtre de Kalman.



---

## **ECUE n° 4 : Analyse et commande des systèmes multivariables.**

---

### **Plan du cours**

#### **Objectifs de l'ECUE**

Etudier les Systèmes à retard et analysé les systèmes multivariable par les valeurs singulières après quelques rappels d'algèbre linéaires ; Les notions pratiques de gouvernabilité et d'observabilité.

#### **Contenu**

- **Systèmes à retard** : L'analyse théorique des propriétés dynamiques des systèmes à retard.
- **Systèmes multivariable** :
  - Les outils mathématiques et les techniques utilisés pour l'analyse et la représentation des systèmes dynamiques linéaires multi-variables (ou MIMO: Multi Input Multi Output). On présente principalement l'analyse par les valeurs singulières après quelques rappels d'algèbre linéaires et le calcul d'une réalisation minimale à partir d'une matrice de transfert ou d'un système d'équations différentielles.
  - Les notions pratiques de gouvernabilité et d'observabilité (grammiens) ainsi la réalisation équilibrée sont abordées.
  - Les méthodes de réduction.



## Semestre 3 :

**Intitulé de l'UE :**  
**Synthèse des lois de commande non conventionnelle**

**Nombre des crédits : 6**

---

### ECUE n° 1 : Calcul évolutif et méta-heuristiques

---

#### Plan du cours

##### Objectifs de l'ECUE

Introduction au calcul évolutif, notions de base méta-heuristiques, principales méta-heuristiques : algorithmes génétiques, essais particuliers, colonies de fourmis, recuit simulé, recherche Tabou.

##### Contenu

Introduction au calcul évolutif, différentes techniques : systèmes immunitaires artificiels, intelligence collective, algorithmes évolutifs, programmation évolutive, apprentissage, classification, ordonnancement, optimisation NP-difficile, recherche locale et globale, techniques à voisinage et à populations, diversification/intensification, Méta-heuristiques, notions de base, principales méta-heuristiques : algorithmes génétiques, essais particuliers, colonies de fourmis, recuit simulé, recherche Tabou, applications en optimisation multi-objectif, optimisation combinatoire.

---

### ECUE n° 2 : Commande floue et neuronale

---

#### Plan du cours

##### Objectifs de l'ECUE

- Introduction à la logique floue, les principes de l'arithmétique floue et la théorie des ensembles flous.
- Introduction aux réseaux de neurones, les principes théoriques, les fonctions d'appartenances, l'apprentissage supervisé, et quelques exemples d'applications des réseaux de neurones

##### Contenu

- Introduction à la logique floue, Les principes de l'arithmétique floue, théorie des ensembles flous, partition floue, règles floues, Les méthodes d'agrégation..., systèmes floues type TS, Mamdani, ...
- Introduction aux réseaux de neurones, Le modèle, Les principes théoriques, structure des réseaux, les fonctions d'appartenances, l'apprentissage, Les limitations, Le perceptron multi-couches, L'apprentissage (supervisé), La rétro-propagation, Quelques réseaux (Les réseaux de Hopfield, Les réseaux de Kohonen, le chapeau Mexicain...), Exemples d'applications des réseaux.
- **Synthèse de la commande floue et neuronale**





---

## ECUE n° 3 : Intelligence artificielle et systèmes experts

---

### Plan du cours

#### Objectifs de l'ECUE

Définir les origines des systèmes experts et montrer qu'ils présentent un certain nombre de logiciels informatiques issus de recherche en Intelligence Artificielle et réalisation d'un système expert.

#### Contenu

- Définir les origines des systèmes experts et montrer qu'ils présentent un certain nombre de logiciels informatiques issus de recherche en Intelligence Artificielle,
- Structure et fonctionnement d'un système expert, Problèmes adaptés aux systèmes experts, Processus d'ingénierie de connaissance, Acquisition de connaissance, Architecture générale d'un système expert, Les règles, Le chaînage avant, Le chaînage arrière, Le chaînage mixte...
- Atelier d'application : réalisation d'un système expert.

Intitulé de l'UE :

## Intégration des lois de commande

Nombre des crédits : 6

### ECUE n°1: Mise en œuvre de la commande

#### Plan du cours

#### Objectifs :

Mise en OEuvre 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.

#### Contenu :

- 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 OEuvre 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 Oeuvre 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.

---

## ECUE n°2: Systèmes embarqués en temps réels

---

### Plan du cours

#### Objectifs :

Introduction aux systèmes embarqués : notions de base, architectures, caractéristiques, fonctionnement, ...

Etude des systèmes embarqués sous l'angle de l'automatique, la robotique, l'électronique et informatique embarquées.

#### Contenu :

Introduction aux systèmes embarqués : notions de base, architectures, caractéristiques, fonctionnement, ..., méthodologies de conception, contraintes et aspects temps-réel, autonomie et fiabilité, composantes d'un système embarqué, logiciel et matériel, interfaces utilisateur, systèmes sur puce SoC, microprocesseurs et microcontrôleurs, DSP, FPGA, calculateurs numériques embarqués, développement des systèmes embarqués, bus industriels de communication (PCI, CAN, ...), surveillance et supervision, RTOS, multitâches et ordonnanceur, systèmes embarqués sous l'angle de l'automatique et de la théorie de commande, systèmes embarqués en robotique, électronique et informatique embarquées, perception et interaction avec l'environnement.

---

## ECUE n°3: Atelier de mise en œuvre en robotique

---

### Plan du cours

#### Objectifs :

Etudier la commande en temps réel pour les systèmes robotisés

#### Contenu :

Introduction aux systèmes robotisés : notions de base, échantillonnage, calculateur, convertisseur analogique numérique et convertisseur numérique analogique, bloqueur d'ordre zéro, mise en œuvre et conception d'une loi de commande en temps réel pour la commande d'un **robot mobile**.



---

Intitulé de l'UE  
**Robots mobiles**

---

**Nombre des crédits : 6**

---

**ECUE n°1: Robotique Mobile et Planification de Trajectoire**

---

**Plan du cours**

**Objectifs :**

Etudier la problématique de la robotique mobile et la planification de trajectoire.

**Contenu :**

- + La problématique de la robotique mobile.
- + Modèle de robot mobile à roues.
- + Localisation.
- + Problème de la commande.
- + Planification de trajectoire :
  - . Notion d'espace des configurations.
  - . Robot holonome.
  - . Robot non-holonome.

---

**ECUE n°2: Dynamique du véhicule, systèmes aéronautiques et spatiaux**

---

**Plan du cours**

**Objectifs :**

Intégrer la problématique de la dynamique des Systèmes Aéronautiques et Spatiaux.

**Contenu :**

- Dynamique du Vol,
- Commande des systèmes aéronautiques,

---

**ECUE n°3: Modélisation et Commande des Véhicules Robotisés**

---

**Plan du cours**

**Objectifs :**

Modélisation en vue de la commande de robots mobiles.

**Contenu :**

Problématique de la robotique mobile ; Modélisation de robot mobile à roues ; Problème de la commande ; Planification de trajectoire : notion d'espace des configurations, robot holonome et non-holonome.



---

## ECUE n°4: Robotique et Vision

---

### Plan du cours

**Objectifs :**

Etudier la robotique et la vision en vue d'un développement industriel

**Contenu :**

La robotique est fortement couplée à la vision dans les applications ce qui nécessite d'étudier la robotique et la vision en vue d'un développement industriel.

\* Cinématique et génération de mouvements

\* Rendu des images

Intitulé de l'UE

## Robots manipulateurs

Nombre des crédits : 6

---

## ECUE n°1: Modélisation et commande de robots manipulateurs

---

### Plan du cours

**Objectifs :**

Modélisation en vue de la commande de robots manipulateurs rigides.

**Contenu :**

Modélisation en vue de la commande de robots manipulateurs rigides ; commande articulaire : approche décentralisée ; méthode du couple calculé ; commande linéarisante découplante ; Éléments de commande cartésienne ; commande au contact avec l'environnement : commande en impédance, commande hybride force/position

---

## ECUE n°2: Robots séries et parallèles

---

### Plan du cours

**Objectifs :**

Modélisation, modèles géométriques direct et inverse en vue de la commande par retour d'efforts. Robots séries parallèle.

**Contenu :**

Définitions, exemples, caractéristiques générales des robots parallèles, constitutions, robots à 6 chaînes cinématiques, porteur à géométrie parallèle, robots de type « parallélogramme de l'espace », structures cinématiques de base, caractéristiques dimensionnelles et volume de travail, volume de travail et articulations, actionneurs et capteurs des robots parallèles, modélisation, modèles géométriques direct et inverse, commande par retour d'efforts, exemples de réalisations et performances, exemple du robot DELTA, applications industrielles, robots séries : actionneurs et capteurs, articulations, corps, organes terminaux, ..., robots redondants



---

## ECUE n°3: Programmation des robots

---

### Plan du cours

#### Objectifs :

mode de programmation explicite et programmation implicite, programmation hors ligne à partir de bases de données CAO-robotique.

#### Contenu :

Apprentissage, programmation hors ligne, langages de programmation (VAL II, KAREL,...), langages primitives de mouvements et langages structurés, modélisation de l'environnement, commande de mouvement, gestion des interactions avec l'environnement, perception, mode de programmation explicite et programmation implicite, programmation hors ligne à partir de bases de données CAO-robotique, méthodologie de la programmation par CAO, étalonnage géométrique du robot, simulation et robotique assistée par ordinateur, logiciel CATIA® Robotique, programmation par trajet et programmation par tâches...

---

## ECUE n°4: Atelier Robotique

---

### Plan du cours

#### Objectifs :

Modélisation et simulation sous **MATLAB/SIMULINK**.

#### Contenu :

Modélisation et simulation sous **MATLAB/SIMULINK** : modélisation cinématique, génération des trajectoires, évitement d'obstacles, suiveur de lignes, bras manipulateur planaire, robot uni-cycle, tricycle, de type voiture à n-remorques, animation graphique des mouvements du robot manipulateur (Bras manipulateur à 6 ddl).

Intitulé de l'UE

Initiation à la recherche

Nombre des crédits : 6

---

## ECUE n°1: Projet bibliographique

---

### Plan du cours

#### Objectifs :

Rédaction d'un état de l'art et savoir faire une exposée.

#### Contenu :

- Rédaction d'un état de l'art
- Exposée



---

## ECUE n°2: Développement de la créativité

---

### Plan du cours

#### Objectifs :

Maîtriser les principes, les méthodes et les techniques de la créativité. Elaborer un esprit créatif, dirigé vers les recherches

#### Contenu :

1. Nécessité de créativité, principes de créativité, techniques et méthode ; Développement de la créativité lors de l'étude bibliographique (lecture et écoute active, Réflexion créative, Autoévaluation) ;
2. Développement de la créativité en cours de recherche (poser de questions, briser les règles, Adopter de nouveaux points de vue, Recherche des analogues au dehors du domaine étudié, Associer deux ou plusieurs phénomènes pour créer un nouveau objet ou système, être exploreurs, se servir de son imagination, générer différentes idées) ;
- 3 Développement de la créativité dans la vie personnelle (dans les activités quotidiennes, en s'occupent avec son hobby, pendant les loisirs et le repos, richesse de vie en événements et créativité) ;
4. Mise en pratique de la créativité

---

## ECUE n°3: Méthodologie du travail de recherche

---

### Plan du cours

#### Objectifs :

Maîtriser les outils, les méthodes et les techniques du travail convenables pour les recherches fructueuses

#### Contenu :

1. Identification du problème (du domaine de la recherche) ;
2. Recherche d'un titre (pour une thèse) ;
3. Formulation des objectives (but et tâches) ;
4. Planification et préparation du travail ;
5. Techniques du travail (Utilisation du temps ; Organisation des tâches ; Aptitude à découvrir et poser des questions ; Technique de lecture ; Technique de prise de notes lors de la lecture ou d'écoute ; Temps de réflexion ; Autoévaluation) ;
6. Réalisation des recherches (développement d'un sujet) : Choix de méthodes de travail ; Stratégies dans le développement de la créativité ; Temps et place de travail ; Outils de travail ;
7. Rédaction d'un article, d'une communication, d'une thèse, d'un projet ;
8. Préparation de la présentation d'une communication, d'un projet de recherche ;