**Semestre 3 Master : Automatique et Systèmes**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unité d'enseignement | Matières | Crédits | Coefficient | Volume horaire hebdomadaire | | | Volume Horaire Semestriel  (15 semaines) | Travail Complémentaire  en Consultation (15 semaines) | Mode d’évaluation | |
| Intitulé | **Cours** | **TD** | **TP** | **Contrôle Continu** | **Examen** |
| UE Fondamentale  Code : UEF 2.1.1  Crédits : 10  Coefficients : 5 | Commande prédictive et adaptative | 6 | 3 | 3h00 | 1h30 |  | 67h30 | 82h30 | 40% | 60% |
| Commande intelligente | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 |  | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| UE Fondamentale  Code : UEF 2.1.2  Crédits : 8  Coefficients : 4 | Diagnostic et Supervision | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 |  | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| Commande de robots de manipulation | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 |  | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| UE Méthodologique  Code : UEM 2.1  Crédits : 9  Coefficients : 5 | Systèmes temps réel | 3 | 2 | 1h30 |  | 1h00 | 37h30 | 37h30 | 40% | 60% |
| TP Commande avancée/TP Commande intelligente | 2 | 1 |  |  | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% |  |
| TP Diagnostic et supervision | 2 | 1 |  |  | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% |  |
| TP Commande de robots de manipulation | 2 | 1 |  |  | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% |  |
| UE Découverte  Code : UED 2.1  Crédits : 2  Coefficients : 2 | Unité au choix\* | 1 | 1 | 1h30 |  |  | 22h30 | 02h30 |  | 100% |
| Unité au choix\* | 1 | 1 | 1h30 |  |  | 22h30 | 02h30 |  | 100% |
| UE Transversale  Code : UET 2.1  Crédits : 1  Coefficients : 1 | Unité au choix\*\* | 1 | 1 | 1h30 |  |  | 22h30 | 02h30 |  | 100% |
| Total semestre 3 |  | **30** | **17** | **13h30** | **6h00** | **5h30** | **375h00** | **375h00** |  |  |

**UE Découverte *(S1, S2 et S3)***

1. Nano-technologie
2. Sûreté de fonctionnement
3. Gestion de la maintenance
4. Biotechnologie
5. Technologies Biomédicales
6. Applications de la Télécommunication
7. Véhicules électriques
8. Hydraulique et pneumatique
9. Capteurs intelligents
10. Vision intelligente
11. Robotique (Robotique mobile, Robotique humanoïde, Robotique de service, Robotique pour l’environnement, …)
12. Traitement d’images et vision
13. *Autres...*

**III - Programme détaillé par matière du semestre S3**

**Semestre: 3**

**Unité d’enseignement: UEF 2.1.1**

**Matière 1:** **Commande prédictive et adaptative**

**VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)**

**Crédits: 6**

**Coefficient: 3**

**Objectifs de l’enseignement:**

Ce cours est constitué de deux parties. La première partie concerne la commande prédictive, elle présente les différents types de cette commande et leur mise en œuvre. La deuxième partie traite la commande adaptative, elle présente les éléments essentiels permettant de mettre en œuvre cette commande.

**Connaissances préalables recommandées:**

L’étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

* Systèmes asservis linéaires
* Système asservis non linéaires

**Contenu de la matière:**

**Commande prédictive**

**Chapitre 1 : Principes de la commande prédictive (1 semaine)**

**Chapitre 2 : Commande Prédictive Généralisée (3 semaines)**

Modèle de prédiction, prédicteur optimal. Minimisation d'une fonction de coût quadratique à horizon fini. Synthèse du régulateur polynomial RST équivalent. Choix des paramètres de réglage, compromis stabilité, performances, robustesse. GPC sous contraintes.

**Chapitre 3 : La commande prédictive à base de modèle d’état (3 semaines)**

Modèle de prédiction, prédicteur optimal. Minimisation d'une fonction de coût quadratique à horizon fini , MBPC sous contraintes.

**Commande adaptative**

**Chapitre 1 : Les différentes méthodes de commande adaptative (3 semaines)**

Commande à gains préprogrammés. Commande adaptative directe à modèle de référence. Commande adaptative indirecte avec identification du modèle.

**Chapitre 2 : Mise en oeuvre de la commande adaptative (3 semaines)**

Structure du régulateur. Structure adaptative directe continue et discrète. Lois de commande d'une structure adaptative indirecte. Stabilité d'un schéma adaptatif. Robustesse et robustification d'un schéma adaptatif.

**Chapitre 3 : Identification en commande adaptative (2 semaines)**

Structures et algorithmes d'identification : gradient, moindres carrés. Stabilité de l'identificateur, condition d'excitation permanente. Convergence des paramètres.

**Mode d’évaluation:**

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

**Références bibliographiques:**

1. Aström, K., et Wittenmark, B., (1989). "Adaptive Control , Addison-Wesley Editions.
2. Bitmead, R.R., Gevers, M. et Wertz, V., (1990). "Adaptive Optimal Control". The Thinking Man's GPC, Prentice Hall International, Systems and Control Engineering.
3. Boucher, P., et Dumur, D., (1996). "La Commande Prédictive", Éditions Technip, Paris.
4. Isermann, R., Lachmann, K. H., et Matko, D. (1992). "Adaptive control systems", Prentice Hall.
5. Richalet, J., (1993). "Pratique de la Commande Prédictive". Hermès.
6. R. Isermann, Fault-Diagnosis Systems - An Introduction from Fault Detection to Fault Tolerance. Springer, 2006.
7. E. F. Camacho and C.Bordons Alba, Model Predictive Control, Springer 2004.
8. M. Alamir, A Pragmatic Story of Model Predictive Control: Self-Contained algorithms and case-studies, Create Space, 2013.

## 

**Semestre: 3**

**Unité d’enseignement: UEF 2.1.1**

**Matière: Commande intelligente**

**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

**Objectifs de l’enseignement:**

Présenter les méthodes et outils nécessaires à l'intégration de la logique floue et des réseaux de neurones dans les schémas d'identification et de commandes de processus industriels. Donner une base théorique indispensable à la compréhension de ces approches et à leur utilisation dans les phases d'analyse, de synthèse et de mise en œuvre.

**Connaissances préalables recommandées:**

L’étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

* Systèmes asservis linéaires
* Systèmes échantillonnés ;

**Contenu de la matière:**

**Partie I** : Logique floue :

**Chapitre 1.** Introduction à la théorie des ensembles flous **(1 Semaine)**

**Chapitre 2.** Raisonnement flou **(1 Semaine)**

**Chapitre 3.** Modélisation floue et systèmes d’inférence floue **(2 Semaines)**

**Chapitre 4.** Commande floue **(3 Semaines)**

**Partie II :** Réseaux de neurones

**Chapitre 1.** Introduction sur les réseaux de neurones **(1 Semaine)**

**Chapitre 2.** Modélisations (modèle de Mac Culloch et Pitts, Modélisation générale, Le perceptron, Algorithmes/techniques d’apprentissage) **(3 Semaines)**

**Chapitre 3.** Réseaux multicouches **(3 Semaines)**

**Chapitre 4.** Application des réseaux de neurones **(1 Semaine)**

.

**Mode d’évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

**Références bibliographiques**:

## [Isabelle Borne](http://www.eyrolles.com/Accueil/Auteur/isabelle-borne-12879), Introduction à la commande floue, [Technip](http://www.eyrolles.com/Accueil/Editeur/287/technip.php), 1998.

## [Louis Gacogne](http://www.eyrolles.com/Accueil/Auteur/louis-gacogne-13373), Eléments de logique floue, [Hermès - Lavoisier](http://www.eyrolles.com/Accueil/Editeur/1906/hermes-lavoisier.php), 1997.

## B. Bouchon-Meunier, L. Foulloy, M. Ramdani Logique floue : Exercices corrigés et exemples d'applications, Cépaduès, 1998.

## J. Harris, An Introduction to Fuzzy Logic Applications, Springer, 2000.

## George J. Klir, Bo Yuan, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications, Prentice Hall; 1st edition, 1995.

## P. Borne, M. Benrejeb, J. Haggège, Les réseaux de neurons: Présentation et applications, Technip, Collection : Méthodes et pratiques de l'ingénieur, 2007.

## Gérard Dreyfus, Manuel Samuelides, Jean-Marc Martinez, Mirta B. Gordon, Fouad Badran, Sylvie Thiria, Laurent Hérault, Réseaux de neurones : Méthodologie et applications, Eyrolles(2e édition), 2004 .

## Alain Faure, Classification et commande par réseaux de neurones, Hermès – Lavoisier, 2006.

**Semestre:3**

**Unité d’enseignement: UEF 2.1.2**

**Matière: Commande de robots de manipulation**

**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

**Objectifs de l’enseignement :**

Cette matière a pour objectif de permettre aux étudiants de maîtriser les outils de modélisation et les techniques de contrôle des robots manipulateurs. Elle vise à donner aux étudiants la possibilité d’entreprendre en toute autonomie la résolution d’un certain nombre de problèmes élémentaires de robotique comme la mise en configuration, la génération de trajectoires, la commande dynamique

**Connaissances préalables recommandées :**

* Automatique linéaire et asservissement.
* Notions de base en : cinématique et dynamique.

**Contenu de la matière :**

**I-Introduction (1 semaine)**

* 1. Définition et historique
* 2. Différentes catégories de robots
* 3. Vocabulaire de la robotique
* 4. Caractérisation des robots
* 5. Les différents types de robots manipulateurs
* 6. Utilisation des robots
* 7. Avenir de la robotique

**II- Fondements théoriques et mathématiques préliminaires (2 semaines)**

* 1. Positionnement

1.1. Rotation

1.2. Représentations de la rotation

1.3. Attitude

1.4. Les matrices de transformations homogènes

* *2.* Cinématique

2.1. Vitesse d'un solide

2.2. Vecteur vitesse de rotation

2.3. Mouvement rigide

2.4. Torseur cinématique et composition de vitesses

**III- Modélisation d’un robot manipulateur (3 semaines)**

* 1. Modèle géométrique

•Convention de Denavit-Hartenberg

• Modèle géométrique direct

• Modèle géométrique inverse

* 2. Modèle cinématique

•Analyse directe (utilisation du Jacobien direct)

•Analyse inverse (utilisation du Jacobien inverse)

•Notion de Singularité

* 3. Modèle dynamique

•Formalismes pour la modélisation dynamique

•Méthode de Lagrange : équation de Lagrange, représentation matricielle (matrice d’inertie, matrice de Coriolis, Matrice de gravité).

• Exemple (Robot plan à 1 ou 2DDL)

**IV- Génération de trajectoire (3 semaines)**

* génération de trajectoires et boucles de commande
* génération de mouvement point à point : méthode de base, méthode à profil d’accélération, méthode à profil de vitesse , application dans l’espace articulaire, application dans l’espace cartésien.
* Génération de mouvement par interpolation : application dans l’espace articulaire et dans l’espace cartésien

**V- Commande des robots (3 semaines)**

* 1. Commande dynamique
* 2. Commande par mode glissant

**VI- Programmation des robots (3 semaines)**

* 1. Généralités et objectifs des systèmes de programmation
* 2 . Méthodes de programmation
* 3. Caractéristiques des différents langages de programmation

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

**Références bibliographiques**:

1. Philippe Coiffet, La robotique, Principes et Applications, Hermès, 1992.
2. Reza N. Jazar, Theory of Applied Robotics, Kinematics, Dynamics and Control. Springer 2007.
3. Mark W. Spong, Seth Hutchinson, and M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, Wiley, 1989.
4. Bruno Siciliano et al, Robotics, Modelling planning and Control, Springer, 2009.
5. W. Khalil & E. Dambre, modélisation, identification et commande des robots, Hermès, 1999.

**Semestre: 3**

**Unité d’enseignement: UEF 2.1.2**

**Matière 1:** **Diagnostic des systèmes**

**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

**Objectifs de l’enseignement:**

Le but de ce cours est d’étudier les différentes méthodes de diagnostic qui consistent en la détection et l’isolation de défauts, on verra notamment les méthodes avec et sans modèles. On montrera comment on peut augmenter les performances des systèmes dynamiques en garantissant une meilleure fiabilité.

**Connaissances préalables recommandées:**

L’étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

* Systèmes asservis continus.
* Systèmes échantillonnés

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Généralités et Définitions. (1 semaine)**

L’analyse du terme diagnostic, on rappelle la terminologie adoptée des différents termes liés au diagnostic, et des définitions sur les différentes étapes d’une procédure de diagnostic industriel.

**Chapitre 2. Les méthodes de diagnostic. (3 semaines)**

Un tour d’horizon des différentes méthodes de diagnostic de défaillances. Les diverses méthodes ont été classées suivant deux catégories : les méthodes à base de modèle et les méthodes à base d’intelligence artificielle

**Chapitre 3. Génération de Résidus par observateurs d’état. (3 semaines)**

Nous développons la technique de détection et de localisation de défauts capteurs et actionneurs à base d’observateurs de Luenberger, de Kalman et à entrées inconnues (Unkown Input Observer).

**Chapitre 4. Générations de Résidus par espace de parité. (3 semaines)**

Génération de résidus pour la détection et l’isolation des défauts capteurs et actionneurs par redondance analytique basé sur la notion d’espace de parité.

**Chapitre 5. Diagnostic par identification paramétrique. (3 semaines)**

Nous développons la méthode de diagnostic par identification paramétrique basé sur le modèle Auto-regressive à moyenne ajustée (ARMA), en vue d’une détection des défauts système.

**Chapitre 6. Analyse des Résidus. (2 semaines)**

L’analyse des résidus générés par des tests statistiques (Page-Hinkly) en vue d’une prise de décision quant à la présence ou l’absence de dysfonctionnement.

**Mode d’évaluation:**

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

**Références bibliographiques:**

1. S. Gentil (Ed.), "Supervision des procédés complexes", HERMES Systèmes automatisés, 2007.
2. Rolf Isermann, "Fault diagnosis systems", Springer, 2006.
3. Blanke, Kinnaert, Lunze, Staroswiecki, "Diagnosis and fault tolerant control", Springer, 2003.
4. Sylviane Gentil, Supervision des procédés complexes – Hermes Science Publications, 2007
5. Korbicz, Józef, Kościelny, Jan Maciej , Modeling, Diagnostics and Process Control: Implementation in the DiaSter System, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.

**Semestre: 3**

**Unité d’enseignement: UEM 2.1**

**Matière: Systèmes temps réel**

**VHS: 37h30 (Cours: 1h30, TP: 1h00)**

**Crédits: 3**

**Coefficient: 2**

**Objectifs de l’enseignement:**

L’objectif de ce cours est de présenter les notions permettant aux étudiants d’analyser les exigences d’un problème temps-réel, conception de la solution, démonstrations de la correction de la conception proposée, programmation de la solution, validation de la solution, et de concevoir des applications sur un système temps réel.

**Connaissances préalables recommandées:**

L’étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

* Connaissance des bases du fonctionnement des microprocesseurs.
* Connaissance de la programmation en langage C.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1**: **Introduction aux systèmes en temps réel**

Classification des systèmes temps réel (temps réel dur, ferme, souple), structure d’un système temps réel, test d’ordonnançabilité, notions de thread, primitives, pseudo-parallélisme… **(2 semaines)**

**Chapitre 2**: Architecture et fonctionnement d'un noyau temps réel (tâches, interruptions,...) **(3 semaines)**

**Chapitre 3 :** **Techniques de spécifications d'un système TR (3 semaines)**

Techniques d’ordonnancement (SRTF, SJF, Round-Robin, …), Critères de sélection, Algorithme de Rate Monotoring, applications

**Chapitre 4 : Programmation concurrente (3 semaines)**

Notion de Deadlock, Exclusion mutuelle par sémaphore, synchronisation par événement, Communication,

Présentation de sceptre, exemples de cœurs temps réel (VRTX, OS9, Vxworks,…).

**Chapitre 5 : Langage de programmation en TR** **(4 semaines)**

Java, ADA, MODULA II

**TP LabVIEW :**

**TP1** : Initiation programmation

**TP2** : Gestion des taches

**TP3** : Interruptions, signaux, événements

**TP4** : Ordonnancement

**TP5** : Synchronisation, communication

**TP6** : Gestion du temps

**Mode d’évaluation:**

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

**Références bibliographiques:**

1. Francis Cottet, Emmanuel Grolleau, Sébastien Gérard, Jérome Hugues, Yassine Ouhammou, Systèmes temps réel embarqués : Spécification, conception, implémentation et validation temporelle, - 2e édition, Dunod, 2014.
2. Francis Cottet,  Emmanuel Grolleau, Systèmes temps réel de contrôle-commande : Conception et implémentation Relié, Dunod, 2005.
3. B. Nichols, D. Buttlar, J. Proulx Farrel, O'Reilly, Pthreads programming, (1996)
4. Maryline Chetto, Ordonnancement dans les systèmes temps réel, ISTE, 2014.
5. Jane W. S. Liu, « Real-time Systems », Prentice Hall, 2000
6. Christian Bonnet. Isabelle Demeure, Introduction aux systèmes temps réel. Collection pédagogique de télécommunications, Hermès, septembre 1999.
7. A. Dorseuil and P. Pillot. Le temps réel en milieu industriel. Edition DUNOD, Collection Informatique Industrielle, 1991.

***Semestre* 3**

**Unité d’enseignement : UEM 2.1**

**Matière : TP Commande prédictive et adaptative/TP Commande intelligente**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits :2**

**Coefficient :1**

**Objectifs de l’enseignement:**

Permettre aux étudiants d’exploiter et de maitriser les notions théoriques étudiées au cours.

**Connaissances préalables recommandées**

Contenu du cours.

Matlab/Simulink.

**Contenu de la matière Commande prédictive et adaptative :**

**TP1**: Commande Prédictive Généralisée

**TP2**: Commande Prédictive à base de modèle d’état

**TP3**: Commande Prédictive Fonctionnelle

**TP4**: Commande à gains préprogrammés et auto-ajustement

**TP5** : Commande adaptative directe et indirecte

**TP6** : Commande adaptative en boucle fermée

**Contenu de la matière Commande intelligente :**

**TP1 :** Modélisation d’un système dynamique par logique floue

**TP2 :** Commande floue d’un système dynamique

**TP3 :** Commande PID flou d’un système dynamique

**TP4 :** Modélisation d’un système dynamique par réseaux de neurones

**TP5** : Commande neuronale d’un système dynamique

**TP6** : Commande neuronale Multi-couches d’un système dynamique

**Mode d’évaluation :**100% évaluation continue

**Semestre: 3**

**Unité d’enseignement: UEM 2.1**

**Matière: TP Diagnostic des systèmes**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

**Objectifs de l’enseignement:**

Le but des travaux pratiques est de donner aux étudiants la possibilité d’introduire les concepts de détection de défauts et diagnostic de systèmes complexes. Appliquer différentes types de méthodes de diagnostic automatique qui ont fait leur preuve sur différentes applications.

**Connaissances préalables recommandées**

Contenu du cours.

**Contenu de la matière TP Electronique appliquée :**

**TP1 :** Elaboration d’un système et adaptation pour le diagnostic.

**TP2 :** Détection de défauts par observateur de Luenberger**.**

**TP 3 :** Détection et localisation de défauts par bancs d’observateurs à entrées inconnues.

**TP 4 :** Génération de résidus par redondance analytique.

**TP 5 :** Diagnostic par identification paramétrique

**TP 6 :** Analyse des résidus par le test de Page-Hinkley

**Mode d’évaluation :**100% évaluation continue

**Semestre: 3**

**Unité d’enseignement: UEM 2.1**

**Matière: TP Commande de robots de manipulation**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

**Objectifs de l’enseignement:**

Mettre en pratique et donner un aspect concret aux notions vues au cours "Commande de robots de manipulation " par des travaux pratiques pour mieux comprendre et assimiler le contenu de cette matière.

**Connaissances préalables recommandées**

Contenu du cours

**Contenu de la matière:**

**TP1.** Initiation à Matlab Robotics Toolbox. (Transformations géométrique)

**TP2.** Modélisation géométrique et inverse d’un robot Plan (3DDL).

**TP3.** Modélisation cinématique directe et inverse.

**TP4.** Modélisation dynamique d’un robot plan (2DDL).

**TP5.** Génération de trajectoires en mode articulaire et cartésien.

**TP6.** Commande dynamique d’un robot

**Mode d’évaluation :**100% évaluation continue