



Université
Paul Sabatier
TOULOUSE III



Université
Paul Sabatier
TOULOUSE III

MASTER 2^e ANNEE
MENTION
Electronique, Electrotechnique,
Automatique

Spécialité : Ingénierie des Systèmes Temps Réels
Parcours : Intelligence Artificielle, Reconnaissance
des Formes et Robotique

Responsables :

Mention EEA : Viviane Cadenat – LAAS – cadenat@laas.fr -

Mention Info : Régine André-Obrecht –IRIT – obrecht@irit.fr -

Secrétariat Pédagogique: Sophie Cobourg

Secrétariat 3ème cycle Université Paul Sabatier
Master Professionnel et Recherche : M2P SMIS EEAS
Tel : 05.61.33.62.25
Fax : 05.61.33.62.53

LAAS du CNRS - 7 Avenue du Colonel Roche - 31077 TOULOUSE CEDEX 4
1ère à gauche après la porte d'entrée du LAAS puis à gauche après les portes battantes avant la bibliothèque.
Accueil public le : Lundi, Mardi, Jeudi et Vendredi : 9h00 - 12h00 / 14h00 - 16h30

Semestre 9

Durée : 12 semaines

RESUME DU S 9						
MODULES		Responsable	ECT S	COURS	TD	TP
AOH	Aspects organisationnels et humains		6	10		54
GC	Graphes et Contraintes	C. Briand M. Cooper	3	20		10
CSOO	Conception Systèmes Orientés Objets		2	6		20
RTIP	Robotique et Traitement d'Images en Production	V. Cadenat F.Lerasle	4	32		16
RTCI	Représentation et Traitement des Connaissances Incertaines	C. Cayrol	3	15	15	
RIC	Recherche Intelligence et Coopération	J. Mengin	3	30		
Projet	Projet en Intelligence Artificielle	P. Muller	3			32
RFIV	Reconnaissance des Formes Ingénierie des Technologies Vocales	R. André-Obrecht	6	46		30

Code apogée

PERCEPTION POUR LA ROBOTIQUE

ECTS	COURS	TD	TP	PROJET
3	12	10	18	

Responsable : Frédéric Lerasle (lerasle@laas.fr, 05.61.33.69.61)

Objectifs

Le but est de fournir aux étudiants quelques connaissances sur la perception 3D pour des applications robotiques.

Contenu

Le cours/TD (12h/10h) se structure comme suit : après avoir présenté la problématique, quatre fonctionnalités sur données perceptuelles, essentiellement 3D, sont détaillées : l'acquisition, la segmentation, la modélisation et l'interprétation. Pour chacune d'elles, nous décrivons quelques outils et algorithmes associés ainsi que des exemples d'applications robotiques, notamment la navigation de robots mobiles et la manipulation d'objets. Ce cours sera illustré par une série de manipulations : étalonnage pratique et reconstruction 3D par un banc stéréo (4h), développement d'un algorithme de stéréovision dense (8h), modélisation environnementale par laser et application à la navigation sur robots mobiles Pekee (8h).

Pré-requis

UE Robotique et traitement d'images en production.

Bibliographie

- 1. **Vision par Ordinateur**. R.Horaud, O.Monga. Edition HERMES, 1995.
- 2. **Perception de l'environnement en robotique** F.Chavand et E.Colle. Edition HERMES, 1998.

ECTS	COURS	TD	TP	PROJET
3	12		16	

Responsable : Michel Taïx (taix@laas.fr, 05.61.33.78.31)

Objectifs

L’objectif est de comprendre la problématique de la robotique mobile, ses enjeux et ses difficultés. Le cours est centré sur le problème du déplacement sans collision dans un environnement 2D. Les extensions en dimension élevée permettent de montrer l’ensemble des champs applicatif ainsi que la spécificité de la robotique humanoïde.

Contenu

Le cours de robotique mobile sera organisé comme suit :

- 1. Introduction aux problèmes de la robotique mobile
- 2. Modélisation et commande de robots à roue
 - i. Principaux modèles
 - ii. Etude du « *differential drive model* »
 - iii. Schémas principaux de commande
- 3. Localisation
 - i. Relative
 - ii. Absolue
- 4. Planification de mouvement
 - i. Espace des configurations
 - ii. Approches complètes
 - iii. Approches discrètes
 - iv. Approches probabilistes
- 5. Humanoïde
 - i. Génération de marche
 - ii. Planification

Les TP seront organisés sous la forme de bureaux d’études par équipe. L’objectif est de localiser un robot mobile (Pekee II de Wany Robotics) puis de lui faire exécuter une trajectoire avec évitement d’obstacle.

Pré-requis

Bases en algorithmique. Notion d’automatique (feedback, retour d’état). Concept de base de la robotique (configuration, modèles, redondance,...)

Bibliographie

- 1. **Introduction to autonomous mobile robots.** R. Siegwart and I. Nourba. The MIT Press.
- 2. **La robotique mobile.** J.P Laumond et all (Collectif), Hermes, Traité IC2, 2000.
- 3. **Principles of Robot Motion.** H. Choset et all (Collectif), The MIT, 2005.
- 4. **Optimization: theory and applications.** S.S. RAO, éditeur Wiley Eastern Limited.

Semestre 10

Durée : 12 semaines

RESUME DU S 10						
MODULES		Responsable	ECTS	COURS	TD	TP
TI	Traitement d'Images	C. Collet P. Joly	4	22	22	
GC	Robotique et Traitement de Signal	V. Cadenat M. Courdesses	5	22	8	38
RM	Robotique Mobile	M. Taix	3	12		16
PR	Perception pour la Robotique	F.Lerasle	3	12	10	18
Stage	Stage en Entreprise ou en Laboratoire	V. Cadenat R. André-Obrecht	15	6 mois		

ECTS	COURS	TD	TP
3	20		10

Responsable : Cyril Briand (briand@laas.fr, 05.61.33.69.61) et Martin Cooper (cooper@irit.fr, 05.61.55.85.51)

Objectifs

Maîtriser les outils de recherche dans les graphes et la résolution de problèmes sous contraintes.

Contenu

Ce cours est organisé en deux parties :

I Graphes (10h de cours)

- Historique / entité mathématique / outil de modélisation
- Eléments de base : chemin, circuits, orientation
- Graphes particuliers (bipartis, planaires, arbres, ...)
- Représentation d'un graphe : matrice d'adjacence, liste d'adjacence
- Parcours largeur / profondeur
- Applications : test de bipartisme, détection de plus court chemin, tri topologique, composantes fortement connexes, graphes d'états ; méthodes arborescentes d'optimisation
- graphes pondérés : chemins optimaux, parcours, arbres couvrants
- parcours eulérien / hamiltonien (application robotique / transport)
- flots : définition ; recherche de flot maximal

II. CONTRAINTES (10h de cours)

- Formalisme (2h) :
 - Définitions : contraintes, CSP, réseau de contraintes, consistance, solution d'un CSP
 - Problèmes : test de consistance, trouver une solution / toutes les solutions, optimisation, comptage du nombre de solutions
- Modélisation avec des exemples typiques (4h) :
 - Importance du choix des variables,
 - Expression des contraintes (primitives des langages)
- Algorithmes (4h) :
 - Backtrack, forward checking, synthèse, branch & bound
 - Consistance d'arc, filtrage pour réduire l'espace de recherche
 - Heuristiques pour le choix de l'ordre des variables/valeurs

Ce cours sera illustré par une série de TP (10h). La première série concernera la partie « Graphe » et consistera à implémenter un graphe et à coder un algorithme classique de parcours en Java. La seconde série sera dédiée à la partie « contraintes » et consistera à manipuler l'outil Jsolver et traiter un problème d'ordonnancement depuis la modélisation.

ECTS	COURS	TD	TP	PROJET
5	22	8	38	

Responsables : Viviane Cadenat (cadenat@laas.fr, 05.61.33.68.32) et Michel Courdesses (courdess@laas.fr, 05.61.33.64.29)

Objectifs

Ce cours s'adresse à des étudiants ayant suivi au préalable l'UE « Robotique et traitement d'images en production ». L'objectif est d'approfondir les connaissances acquises en robotique et de présenter les méthodes classiques d'optimisation, d'identification et de traitement du signal.

Contenu

Ce cours comprend deux parties centrées autour de la robotique et du traitement du signal.

I. Robotique (12h/4h/0)

- Modélisation cinématique des bras manipulateurs (8h)
- Commande dans l'espace des configurations et dans l'espace cartésien (2h)
- Commande référencée vision (6h)

II. Traitement du signal (10h/4h/0)

- Rappels d'optimisation non linéaire sans contrainte puis avec contraintes égalité
- Méthode des moindres carrés discrets
- Transformée de Fourier, Transformée de Fourier rapide (FFT)

Les cours seront complétés par une série de TP de 40h permettant d'illustrer les concepts issus à la fois du traitement du signal et de la robotique. Ces TP s'intéresseront aux thèmes suivants : suivi de trajectoire à vitesse imposée avec un bras manipulateur (12h), commande référencée vision (12h), localisation d'un robot mobile par moindres carrés (8h), optimisation non linéaire (4h) et FFT (4h). Ils s'appuieront soit sur des systèmes réels (robots mobiles ou manipulateurs), soit sur des outils logiciels classiques tels que matlab.

Pré-requis

Les étudiants doivent maîtriser les concepts de base de la robotique et avoir quelques notions de base en mathématiques.

Bibliographie

- Modélisation, identification et commande des robots.** W. Khalil, E. Dombre. Ed. Hermès – Lavoisier, 1999.
- Introduction to robotics: mechanics and control.** J.J. Craig. Prentice Hall (3rd edition), 2004.
- Traitement numérique du signal, théorie et pratique.** M Bellanger. CNET, ENST, Masson.
- Theory and practice of recursive identification.** L. Ljung and T. Soderstrom, MIT press.
- Optimization: theory and applications.** S.S. RAO, éditeur Wiley Eastern Limited.

ECTS	COURS	TD	TP	PROJET
4	22	22		

Responsables : C Collet, P Joly (collet@irit.fr, joly@irit.fr)

Objectifs

L'objectif du cours est de donner les connaissances de base nécessaires au traitement et à l'analyse d'images.

Contenu

Ce cours est organisé en quatre parties :

- 1. Introduction**
 - Présentation des composants d'un système d'analyse d'image
 - Fonctionnalités du traitement d'image
 - Applications
- 2. Acquisition et traitement d'image**
 - Modélisation du processus de formation d'images
 - Acquisition : dispositifs et méthodes
 - Amélioration, filtrage et restauration d'images
- 3. Analyse d'images**
 - Analyse par approche morphologique
 - Description d'images
 - Extraction de contours : méthodes dérivatives et structurelles (modèles paramétriques, élastiques, stochastiques), méthode des courbes de niveaux. Chaînage. Approximation. Représentation et description des contours
 - Segmentation en régions (classification, ressemblance, méthodes stochastiques, variationnelles, analyse multiéchelle)
 - Approches coopératives
 - Caractérisation, mesures, représentation
- 4. Reconnaissance des formes et interprétation**
 - Technique de reconnaissance de formes appliquée à l'image :
 - Modélisations, apprentissage des modèles,
 - Méthodes de reconnaissance paramétriques, structurelles, par aspect
 - Interprétation :
 - Représentation des connaissances sur la scène et sur le traitement d'images,
 - Principe et architectures des systèmes d'interprétation
 - Conception de systèmes d'analyse d'images : méthodologies, mise en œuvre, étude de cas.

Pré-requis

Aucun.

Bibliographie

- Pattern Recognition, R.O. Duda, P.E. Hart, D.G. Stork, Ed John Wiley & sons, inc. , 2001
- Apprentissage artificiel, A. Cornuéjols, L. Miclet, Ed Eyrolles, 2002
- Statistical Pattern Recognition, Andrew Webb, John Wiley & Sons Ltd, 2002

ECTS	COURS	TD	TP
2	6		20

Objectifs

Maîtriser la programmation objet.

Contenu

Programmation objet

Java

ECTS	COURS	TD	TP	PROJET
4	32		16	

Responsables : Viviane Cadenat (cadenat@laas.fr, 05.61.33.68.32) et Frédéric Lerasle (lerasle@laas.fr, 05.61.33.69.61)

Objectifs

Ce cours s'adresse à des étudiants en fin de cursus. L'objectif est d'introduire les concepts de base de la robotique et du traitement d'images et d'illustrer leur utilisation dans le contexte d'un site de production.

Contenu

Ce cours comprend deux parties centrées autour de la robotique et du traitement d'images.

I. Robotique (18h/0/8h)

- Introduction à la robotique industrielle : le robot dans la chaîne de production (2h)
- Notions de base de la robotique (3h)
- Description brève des différents types de modèles et illustration sur un robot simple (3h)
- Formalisme de modélisation géométrique d'un robot dans le cas général (6h)
- Génération de trajectoire (2h)
- Capteurs et actionneurs spécifiques à la robotique (2h)

II. Traitement d'images (16h/0/8h)

- Optique d'une caméra (2h)
- Acquisition et illumination sur ligne de production (6h)
- Prétraitement des images (3h)
- Segmentation d'images (3h)
- Métrie et classification (2h)

Les cours magistraux seront complétés par une série de TP. La partie traitement d'images sera ainsi illustrée par 8h de TP sur le logiciel industriel APHELION centrés sur le contrôle qualité optique sur chaîne de production. La partie robotique comprendra également 8h de TP dédiés à la détection et la saisie d'un objet repéré sur le convoyeur par une caméra embarquée sur un robot SCARA Mitsubishi, ainsi qu'à l'assemblage d'un objet complexe à l'aide d'un robot industriel.

Pré-requis

Pas de pré-requis particulier.

Bibliographie

- Industrial Image Processing**, C.Demant, B.Streicher-Abel, P.Waszkewitz, édition springer, 1999.
- Digital Image Processing**, R.Gonzalez/R.E.Woods, édition Addison-Wesley, 1993.
- Introduction to robotics: mechanics and control**, J.J. Craig. Prentice Hall (3rd édition), 2004.

ECTS	COURS	TD	TP	PROJET
3	16		10	

Responsable : R. André-Obrecht (obrecht@irit.fr)

Objectifs

L'objectif du cours est de donner les connaissances de base pour traiter un problème de reconnaissance de formes. Les domaines d'application sont le traitement d'image – reconnaissance de visages, de caractères manuscrits, d'objets...- et le traitement de la musique et la parole – reconnaissance de notes, d'instruments de musique, de genre musical, reconnaissance de la parole, du locuteur, de la langue -. Ce cours se décompose en trois parties :

- Notions de base en analyse de données et classification discriminante,
- Reconnaissance des formes par approche statistique,
- Réseau de neurones,
- Techniques d'apprentissage et d'adaptation

Contenu

1. Analyse des données:

- Quantification vectorielle
- Analyse en composantes principales
- Analyse factorielle

2. Classification Discriminante

- Cas des classes linéairement séparables
- Méthodes non linéaires
- Support Vector Machines

3. Réseaux de neurones

- Perceptron multicouches
- Cartes de Kohonen

4. Approche Bayésienne Bayesian approach

- Méthodes paramétriques (Mélanges de lois gaussiennes, Modèles de Markov cachés)
- Méthodes non paramétriques (Noyaux de Parzen, k-plus proche voisin)

5. Apprentissage et adaptation

- Algorithme EM
- Algorithme du Maximum a posteriori

Pré-requis

Aucun.

Bibliographie

- Pattern Recognition, R.O. Duda, P.E. Hart, D.G. Stork, Ed John Wiley & sons, inc. , 2001
- Apprentissage artificiel, A. Cornuéjols, L. Miclet, Ed Eyrolles, 2002
- Statistical Pattern Recognition, Andrew Webb, John Wiley & Sons Ltd, 2002

ECTS	COURS	TD	TP	PROJET
3	30		20	

Responsable : R. André-Obrecht (obrecht@irit.fr)

Objectifs

Il est reconnu que le moyen le plus naturel de communication entre hommes est la parole et que la parole doit être considérée comme un moyen de communication homme-machine privilégié. Les systèmes automatiques, qu'il s'agisse de systèmes de reconnaissance de parole ou de synthèse de parole, ont acquis des performances telles que leur intégration dans des systèmes interactifs est devenue effective. Ce cours a pour but de donner les fondements théoriques du traitement automatique de la parole. La présentation de l'état de l'art en reconnaissance automatique de la parole et en synthèse de parole à partir du texte permet d'évaluer les technologies vocales actuellement disponibles. La problématique des systèmes interactifs est abordée au travers de la compréhension automatique de la parole et des processus de gestion de dialogue. Après avoir donné les éléments fondamentaux de l'analyse du signal du parole, les modèles les plus couramment employés en reconnaissance de la parole, en synthèse de parole à partir du texte, ainsi qu'en compréhension et en gestion de dialogue sont présentés ; les principales applications sont détaillées. Les problèmes d'apprentissage, d'adaptation, de conception et d'évaluation sont également soulevés.

Contenu

- Initiation à la parole** : Production et perception de la parole, description acoustique des sons
- Bases en traitement du signal de parole** : Transformées de Fourier et analyse cepstrale pour la reconnaissance, transformées pour le codage (LPC et type MP3)
- Modélisation statistique pour le traitement automatique de la parole** : Mélange de lois gaussiennes, modèles de Markov Cachés, modèles de langage (ngram, nclass)
- Les problèmes d'apprentissage** : Algorithme de type EM, adaptation de type MAP
- Méthodes d'évaluation** : Corpus, Ressources, Mesure de confiance. Fiabilité. Robustesse.
- Synthèse vocale** : Synthèse à partir du texte, synthèse par unités élémentaires (diphones...)
- Serveurs vocaux interactifs** : Architectures et applications, conception et développement d'un système de dialogue oral, compréhension de la parole et gestion de dialogue, évaluation des systèmes de dialogue oral

Pré-requis

Aucun.

Bibliographie

- La parole et son traitement automatique, Calliope, Masson, 1989.
- Fundamentals of Speech Recognition, L.Rabiner, B.H. Juang, Prentice Hall Signal Processing Series, 93
- Reconnaissance automatique de la parole, JP Haton, C. Cerisera, D. Fohr, Y. Laprie, K. Smaili, Ed. Dunod, 2006
- Synthèse de la Parole à partir du texte, C. d'Alessandro, E. Tzoukermann - Hermes, collection Traitement automatique des langues, 2001
- Renato de Mori : Spoken Dialog with Computers – Signal processing and its applications – Academic Press - 1997
- José Rouillard : VoiceXML le langage d'accès à Internet par téléphone – Vuibert – Paris 2004 ISBN 2-7117-4826-X
- [Ramon Lopez Cozar Delgado](#), [Masahiro Araki](#), Spoken, Multilingual and Multimodal Dialogue Systems: Development and Assessment, WILEY, September 2005, ISBN: 978-0-470-02155-2

ECTS	COURS	TD	TP
3	15	15	

Responsable : Claudette Cayrol (ccayrol@irit.fr , 05 61 55 63 17)

Objectifs

- Savoir utiliser différents schémas de représentation de connaissances
- Connaître un formalisme de traitement de connaissances incertaines : formalisme des réseaux bayésiens
- Connaître un formalisme de raisonnement approximatif sur des connaissances imprécises : la logique floue

Contenu

- Différents schémas de représentation des connaissances (4h Cours – 4h TD)
 - Différents types de connaissance (descriptive, procédurale, heuristique) et différentes techniques de représentation (déclarative, graphique, structurée).
 - Représentation en logique
 - Représentation par graphes conceptuels
 - Représentation en logique de descriptions
- Représentation et traitement de connaissances incertaines (7h Cours – 7h TD)
 - Modèles graphiques probabilistes
 - Propagation de l'information dans les réseaux bayésiens
 - Application à l'aide à la décision
- Connaissances vagues et raisonnement approximatif par la logique floue (4h Cours – 4h TD)
 - Introduction à la logique floue
 - Application au traitement de connaissances imparfaites
 - Principaux domaines d'applications

Pré-requis

Notions élémentaires en logique, en théorie des graphes et en théorie des probabilités.

ECTS	COURS	TD	TP	PROJET
3	30			

Responsable : Jérôme MENGIN (mengin@irit.fr , 05 61 55 64 51)

Objectifs

Un grand nombre de problèmes du monde réels sont complexes et font intervenir de nombreux acteurs. La construction de systèmes capables de résoudre de tels problèmes passe de plus en plus par la réalisation d'entités autonomes, capables de réaliser certaines tâches intelligentes et d'évoluer dans leur environnement en s'adaptant. On peut demander en particulier que ces entités soient capables (1) de planifier leurs actions pour réaliser un but donné, (2) de coopérer et mutualiser ainsi certaines de leurs ressources pour résoudre un problème donné, (3) d'entrer en compétition pour obtenir le meilleur résultat possible dans un environnement où les ressources globales sont limitées, et (4) d'améliorer leurs performances au cours du temps et de s'adapter à l'évolution de l'environnement en apprenant.

Cette UE présente des méthodes permettant de mettre en œuvre des entités ayant de telles capacités.

On introduit les problématiques suivantes, liées à la réalisation d'entités autonomes, avec des méthodes de résolution : résolution effective de problèmes intrinsèquement complexes (NP-complets), planification, coopération et compétition et apprentissage.

Contenu

1. Rappels / mise à niveau : recherche dans les graphes d'états (4h)

- Graphes d'états, recherche arborescente
- Fonction heuristique, A*
- Méthodes locales : plus grande pente, liste tabou, recuit simulé

2. Planification (8h)

- Problématique de la planification
- Actions, tâches, plans, problèmes, domaines...
- Le langage STRIPS et ses extensions (ADL, PDDL...).
- Algorithmique : planification par recherche dans les espaces d'états, planification par recherche dans les espaces de plans partiels, planification GRAPHPLAN
- Extension du cadre classique pour la prise en compte des ressources et du temps.

3. Méthodes de résolution distribuée (4h) : satisfaction de contraintes, plus court chemin dans un graphe, ordonnancement...

4. Eléments de théorie des jeux (4h)

- Fonctions d'utilité
- Jeux sous forme normale, équilibres de Nash, solutions dominantes, résolution
- Jeux sous forme extensive : information parfaite / imparfaite

5. Apprentissage par renforcement (6h) : Processus de décision Markoviens, Algorithme de Q-learning, Apprentissage multi-agents

6. Apprentissage de règles (4h) : Hypothèses conjonctives, structure de l'ensemble des hypothèses, Apprentissage d'arbres de décision - élagage, mise sous forme de règles, Apprentissage par couverture séquentielle

Pré-requis

Aucun.

ECTS	COURS	TD	TP	PROJET
3			32	

Responsable : Philippe Muller (muller@irit.fr, 05 61 55 82 98)

Objectifs

Application de techniques d'intelligence artificielle sur des problèmes concrets, manipulation de logiciels industriels utilisant des techniques d'intelligence artificielle.

Contenu

Il s'agit de réaliser un ou plusieurs projets portant sur l'utilisation de logiciels industriels pour résoudre des problèmes en faisant appel à des techniques d'intelligence artificielle. Ces projets sont à réaliser en petits groupes.

Pré-requis

Graphes et contraintes, représentation et traitement de connaissances incertaines, recherche intelligente et coopération.