

Syllabus Coursus Master Ingénierie, Mécanique.

Sorbonne Université CMI5

Parcours Systèmes avancés et robotique (SAR)

Liste of Teaching Units

Semestre 9

Core Units

- Technoscience, ethic and society

Thématique Systèmes avancés et robotique

- Commande avancée et estimation dans l'espace d'état
- Dynamique des systèmes et simulation physique
- Modélisation et commande des systèmes robotiques
- Robotique Mobile
- Vision et perception
- Mini-projet

Thématique Systèmes intelligents

- Automatique avancée et commande des systèmes robotiques
- Navigation et planification pour la robotique
- Apprentissage et RDF
- Management pour l'ingénierie
- Perception pour les systèmes intelligents
- Projet intégratif

Semestre 10

- Certification *
- Projet d'approfondissement *
- Stage de fin d'études

Intitulé Unité d'Enseignement – Cycle Master – CMI5		Code	CM	TD	TP	AMS	Heures Présence	Travail Perso	ECTS
CMI5 S9	Technoscience, ethic and society	MU5EEG03	16	8		24	24	40-60	6 *
	Parcours Systèmes avancés et Robotique (SAR)								
	Commande avancée et estimation dans l'espace d'état	MU5RBE03	30	22	8		60	60-90	6
	Dynamique des systèmes et simulation physique	MU5RBE02	40	14	6		60	60-90	6
	Modélisation et commande des systèmes robotiques	MU5RBE01	32	20	8		60	60-90	6
	Robotique mobile	MU5RBE04	36	24			60	60-90	6
	Vision et perception	MU5RBE05	16		12		28	30-40	3
Mini-projet	MU5RBE08				40		50-60	3	
Total Tronc commun 6* ECTS - Total thématique 30 ECTS - Total CMI5 S9 SAR = 30 ECTS + 6*									

Intitulé Unité d'Enseignement – Cycle Master – Niveau 5° A -CMI5		Code	CM	TD	TP	AMS	Heures Présence	Travail Perso	ECTS
CMI5 S10	Certification TOIC /TOEFL	MU4LVANT				30		30-40	3*
	Projet d'approfondissement	MU5EEG04				40		50-60	3*
	Stage de fin d'études	MU5MES03					800	80-100	30
Total CMI5 - S10 30 ECTS + 6 *									

*Unités hors contrat (ne rentrant pas dans le calcul de la moyenne du semestre) figurent au supplément au diplôme

Semestre 9

Technosciences, Ethic and Society

Niveau CMI5 - Semestre S9 - Crédits 6 ECTS - Code MU5EEG03 – Mention Master

Présentation pédagogique.

L'objectif de ce cours est d'amener les étudiants à réfléchir sur les dimensions sociales et éthiques du métier d'ingénieur. Il s'intéresse aux relations complexes entre société et techniques et notamment au rôle des techniques en tant que porteuses de valeurs. Se reposant sur ces analyses, le cours explore ensuite les questions et dilemmes éthiques que les ingénieurs peuvent rencontrer dans l'exercice de leur travail. Une attention particulière est portée à l'examen de cas classiques en éthique de l'ingénierie, comme ceux de Three Mile Island et du pont du Québec. À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables d'identifier les problèmes éthiques soulevés par les pratiques professionnelles. Ils feront aussi preuve de réflexivité sur leur future profession. Le cours est enseigné en anglais.

Contenu de l'Unité d'Enseignement.

- Introduction
- Déterminisme technique et construction sociale. Lire : T. Pinch et W. Bijker, *The Social Construction of Facts and Artifacts ?* Exposé : (aussi) Robert Heilbroner, *Do Machines Make History ?*
- Dispositifs, systèmes, et leur pouvoir d'action sur la société. Lire : B. Latour, *Where are the Missing Masses ? The Sociology of a Few Mundane Artifacts*. Exposé : (aussi) T.Hughes, *Technological Momentum*.
- Techniques et valeurs. Lire : J. Wetmore, *A. Technology : Reinforcing Values, Building Community*. Exposé : (aussi) Langdon Winner, *Do Artifacts Have Politics ?* et R. Weber, *Manufacturing Gender in Commercial and Military Cockpit Design*.
- Complexité et incertitude. Apporter : Proposition de mémoire Lire : D. Vinck, *Ingénieurs au quotidien*. Exposé : (aussi) Jameson Wetmore, *Engineering Uncertainty*.
- Ingénierie et expérimentation. Lire, exposé: M. Martin et R.Schinzinger, *Introduction to Engineering Ethics*, pp. 77-103.
- Les désastres techniques. Lire et exposé : S.K.A. Pfafteicher, *Lessons amid the Rubble*, pp. 36-61.
- Ingénierie et sécurité. Lire et exposé : Mike Martin et Roland Schinzinger, *Ethics in Engineering*, p. 117-145.
- Ingénierie et environnement. Lire, exposé: Mike Martin et Roland Schinzinger, *Ethics in Engineering*, pp. 219-242.
- Nanotechnologies, génétique et robotique. Lire: Bill Joy, *Why the Future Doesn't Need Us*. Exposé : Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering, and Technology, *Nanotechnology : Shaping the World Atom by Atom*.

Pré-requis. Le corpus des enseignements d'ouverture sociétale et culturelle du parcours CMI suivis depuis la 1^e année.

Références bibliographiques. Bowen R. 2012. *Engineering Innovation in Health Care : Technology, Ethics and Persons*. HRGE, pp. 204-221. Collins, Harry & Trevor Pinch. 2002. *The Golem at Large : What You Should Know about Technology*. Cambridge University Press. Didier, Ch. 2008. *Penser l'éthique des ingénieurs*. Paris, PUF. Didier, C.. 2008. *Les ingénieurs et l'éthique : pour un regard sociologique*. Hermes Science publications. Heilbroner, Robert. 1967. *Do Machines Make History? Technology and Culture*, pp. 335-345. Hughes, T. 1994. *Technological Momentum*, in Marx, Leo & Merritt Roe Smith, *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism*. Cambridge: MIT Press, pp. 101-113. Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering, and Technology, *Nanotechnology: Shaping the World Atom by Atom*, in Johnson, Deborah et Jameson Wetmore. *Technology and Society: Building Our Sociotechnical Future*. MIT Press Johnson, D. & Jameson W.. 2008. *STS and Ethics: Implications for Engineering Ethics*, in Hackett, Edward, Olga Amsterdamska, M. Lynch et J. Wajcman, *The Handbook of Science and Technology Studies*. Cambridge, MIT Press, pp. 567-582. Joy, Bill. Avril 2000. *Why the Future Doesn't Need Us*, *Wired*, pp. 238-262. Latour, B. 1992. *Where Are the Missing Masses? The Sociology of a Few Mundane Artifacts* in Wiebe Bijker et John Law, *Shaping Technology/Building Society: Studies in Socio-technical Change*. Cambridge, MIT Press, pp. 225-258. Martin, Mike & Roland Schinzinger. 2005. *Ethics in Engineering*. McGraw-Hill. Martin, M. & Roland S.. 2010. *Introduction to Engineering Ethics*. New York : McGraw- Hill. Pfattaicher, S. K. A. 2010. *Lessons Amid the Rubble*. Johns Hopkins University Press. Pinch, Trevor & Wiebe

Bijker. 1987. The Social Construction of Facts and Artifacts in Wiebe Bijker, Thomas H., Trevor P., The Social Construction of Technological Systems. Cambridge, MIT Press, pp. 17-50. Vinck, D. 1999. Ingénieurs au quotidien : ethnographie de l'activité de conception et d'innovation. Presses universitaires de Grenoble. Weber R.. 1997. Manufacturing Gender in Commercial and Military Cockpit Design, Science, Technology, & Human Values, pp. 235-253. Jameson. 2008. Engineering with Uncertainty: Monitoring Air Bag Performance, Science and Engineering Ethics, pp. 201-218. Jameson. 2009. Amish Technology: Reinforcing Values, Building Community in Johnson, D. et Jameson W.. Technology and Society: Building Our Sociotechnical Future. Cambridge: MIT Press. -Winner, Langdon. 1986. Do Artifacts Have Politics? The Whale and the Reactor: a Search for Limits in an Age of High Technology. University of Chicago Press, pp. 19-39.

Ressources mises à disposition des étudiants. Supports des cours magistraux. Liste de livres.

Connaissances scientifiques développées dans l'unité.

- Connaissance des dimensions sociales et éthiques du métier d'ingénieur.

Compétences développées dans l'unité.

- Perfectionnement de la connaissance de l'anglais. Amélioration de l'expression écrite.
- Formes de raisonnement pratiquées dans les sciences sociales.

Volumes horaires présentiel et hors présentiel.

Heures présentiellees totales : 24 heures réparties en 16 h de cours, 8 h de TD. Travail personnel 40-60 h.

Évaluation. Participation aux séances : 20 %, Exposé : 20 %, Mémoire : 40 %, Soutenance du mémoire : 20 %.

Responsables. C. Lecuyer

Commande avancée et estimation dans l'espace d'état.

Niveau CMI5 - Semestre S9 - Crédits 6 ECTS - Code MU5RBE03 – Mention Master Automatique et Robotique

Présentation pédagogique.

Cette UE a pour but de fournir les bases en automatique : commande par retour d'état et estimation d'état. Bien que centré sur les techniques de la commande et l'estimation linéaire, le cours montre également comment ces techniques peuvent être exploitées pour la commande de certains systèmes non-linéaires.

Contenu de l'Unité d'Enseignement.

Partie 1 : Commande

1. *Introduction et outils de base.* Exemples introductifs. Rappels sur les équations différentielles. Notions de stabilité au sens de Lyapunov. Outils d'analyse de stabilité de points d'équilibre
2. *Systèmes linéaires.* Commandabilité et observabilité des systèmes de commande linéaires Formes canoniques de commandabilité et d'observabilité. Stabilisation par placement de pôles. Principe de séparation
3. *Systèmes non-linéaires.* Stabilisation via le linéarisé tangent. Linéarisation par changement de variables d'état et/ou de commande. Techniques de type Lyapunov.

Partie 2 : Estimation

1. *Théorie de l'estimation.* Exemple introductifs et problématique. Éléments de probabilité et Processus aléatoires. Propriétés des estimateurs. Quelques méthodes de synthèse d'estimateurs. Filtre de Kalman.
2. *Théorie de l'observation.* Principe des observateurs d'état linéaires. Observateur d'ordre plein ou réduit. Synthèse retour d'état / observateur. Observateur optimal. Observateur robuste.
3. *Systèmes Non linéaires.* Introduction. Filtre de Kalman étendu. Filtre de Kalman unscented. Observateurs non linéaires.
4. *Extension à l'identification paramétrique et la détection de défauts.*

Pré-requis. Algèbre linéaire, analyse, principes de base des équations différentielles, notions de probabilités.

Ressources mises à disposition des étudiants. Polycopié du cours.

Bibliographie

- B. D'Andréa-Novel, M. Cohen de Lara, Commande linéaire des systèmes dynamiques. Transvalor-Presses des Mines, 2000.
- H.K. Khalil, Nonlinear systems. Prentice Hall, 3rd edition, 2002
- T. Kailath, A.H. Sayed, B. Hassibi, Linear estimation. Prentice Hall, 2000.
- S.G. Mohinder, P.A. Angus, Kalman Filtering: Theory and Practice. Prentice Hall, 1993.

Connaissances scientifiques développées dans l'unité.

- Systèmes dynamiques contrôlés, en boucle ouverte ou en boucle fermée.
- Stabilité et stabilisation des systèmes dynamiques.
- Principes de filtrage et méthodes de conception d'estimateurs dans l'espace d'état.

Compétences développées dans l'unité.

- Savoir analyser un système non-linéaire commandé ; concevoir des contrôleurs et observateurs pour des systèmes linéaires ou non-linéaires.
- Savoir concevoir des estimateurs d'état/filtres.

Volumes horaires présentiel et hors présentiel.

Heures présentielles totales : 60 h réparties en 30 h C, 22 h de TD et 8 h de TP.

Travail personnel attendu : 60 – 90 h.

Évaluation. L'évaluation se fait sur la base de deux notes d'examen écrit et de devoirs à rendre.

Responsables. M. N. Mechbal et P.Morin

Dynamique des systèmes et simulation physique.

Niveau CMI5 - Semestre S9 - Crédits 6 ECTS - Code MU5RBE02- Mention Master Automatique et Robotique

Présentation pédagogique.

La simulation physique est de plus en plus utilisée pour les jeux vidéo, l'évaluation des systèmes robotiques ou la robotique interactive (exosquelette, cobotique, robot de réhabilitation ou de chirurgie). Ce module introduit la dynamique des systèmes en interaction dans un objectif de génération automatique des équations mécaniques des systèmes multi-corps rigides et déformables avec des cycles et avec des contacts unilatéraux (collision inter-solides et avec l'environnement) frictionnels ou non, ainsi que leur résolution numérique. On abordera ici la formulation de leur paramétrage, des contraintes introduites par les liaisons cinématiques, des équations dynamiques et enfin leur résolution par des méthodes numériques, dans les différents problèmes qui se posent soit en simulation ou dans les problèmes de commande. L'accent sera mis sur l'efficacité et la robustesse des méthodes numériques, nécessaires pour les applications principales que sont le prototypage de lois de commande en robotique, le maquettage numérique dans l'industrie manufacturière et la réalité virtuelle.

Contenu de l'Unité d'Enseignement.

- Paramétrage strict, cartésien et articulaire, Rotation 3D et paramètres d'Euler-Rodriguez. Rappel des vitesses et énergies d'un système de solides rigides, matrice masse. Principe des travaux virtuels, Contraintes holonomes et non-holonomes. Équations de Lagrange avec et sans multiplicateurs.
- Dynamique articulaire et cartésienne, Dynamique directe et inverse. Équations de Newton-Euler, Méthodes récursives pour les chaînes arborescentes.
- Résolution des équations de mouvements : intégration des EDO, EDA, stabilisation des contraintes, méthodes d'intégration géométriques. Contacts unilatéraux, impacts et frottements secs : modélisation, formulations régularisées, formulations non-régulières (loi de Signorini, modèle de Coulomb, modèles de contact avancés). Intégrateurs numériques pour les systèmes mécaniques non-réguliers : méthodes à capture d'événements, schéma de Moreau-Jean, cas particulier des chocs inélastiques, méthode NSCD. Solveurs numériques pour les intégrateurs non réguliers à capture d'événements : LCP, MLCP, reformulations sous forme de problèmes d'optimisation non-réguliers, formulations projectives, méthodes de point fixe, solveurs de type Gauss-Seidel et Jacobi non-réguliers.
- Problématiques liées à l'implémentation : assemblage matriciel, numérotation des degrés de liberté, structure de matrice profil, parallélisation des calculs. Détection des collisions et algorithmique géométrique associée : détermination géométrique des contacts, détection des interférences, calculs de proximités et de distances, calculs géométriques pour la modélisation de capteurs robotiques.
- Robots à segments flexibles, ombilics et câbles : introduction aux modèles de poutres en grands déplacement, approches géométriquement exactes, éléments finis associés.

Pré-requis. Mécanique des solides.

Ressources mises à disposition des étudiants. Polycopié du cours.

Bibliographie

- Jorge Angeles. Fundamentals of Robotic Mechanical Systems : Theory, Methods and Algorithms. Springer, 1997.
- Ahmed A. Shabana. Computational Dynamics. Wiley & sons, 2001.
- Parviz Nikravesh. Computer-Aided Analysis of Mechanical Systems. PrenticeHall, London, 1989.
- Vincent Acary et Bernard Brogliato. Numerical Methods for Nonsmooth Dynamical Systems. Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics. Springer, 2008.
- Christer Ericson. Real Time Collision Detection. Morgan Kaufmann Publishers, Elsevier, 2005.

Connaissances scientifiques développées dans l'unité.

- Résolution numérique des EDO et EDA

Compétences développées dans l'unité.

- Savoir mettre en œuvre un « solveur » pour simuler les équations dynamiques d'un robot, pouvant éventuellement contenir des flexibilités.

Volumes horaires présentiel et hors présentiel.

Heures présentielles : 60 h réparties en 40 h CM, 14 h de TD et 6 h de TP.

Travail personnel attendu : 60 -90 h.

Évaluation. L'évaluation se fait sur une note d'écrit (/60), une note de TP et projet (/40)

Modélisation et commande des systèmes robotiques.

Niveau CMI5 - Semestre S9 - Crédits 6 ECTS - Code MU5RBE01 – Mention Master SPI

Présentation pédagogique.

Cet enseignement introduit les méthodes de modélisation mécanique, d'analyse du comportement et de commande de systèmes robotiques. Il 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 ainsi que d'être en mesure d'analyser le comportement de systèmes biomécaniques ou simplement mécaniques du point de vue de leurs propriétés de transmission de mouvements d'efforts, de leur équilibre statique et dynamique. Il vise par ailleurs à proposer un panorama des techniques de commande utilisées en robotique de manipulation, introduire la définition des architectures de commande et leurs propriétés à partir des tâches à réaliser, présenter les difficultés pratiques et théoriques posées par la commande des systèmes robotiques.

Exemples de sujets proposés.

- Modélisation et analyse théorique : Description géométrique et paramétrage des systèmes. Contraintes de liaison holonomes et non-holonomes. Transformations homogènes. Modèle géométrique direct et inverse par des méthodes analytiques, numériques et par des méthodes d'homotopie. Lois de transmission de mouvements dans les systèmes simples et complexes. Méthodes d'élimination symboliques pour l'obtention des lois entrée/sortie. Singularités. Résolution des problèmes cinématiques inverses – systèmes contraints et systèmes redondants. Modèle dynamique par les théorèmes généraux et équations du mouvement par les équations de Lagrange. Génération de trajectoires articulaires et cartésiennes. (16 h CM + 16 h TD)
- Techniques de commande et mise en œuvre : architecture physique pour la commande des mouvements d'un robot manipulateur. Choix de l'espace de commande, influence des dynamiques, effet de l'échantillonnage, effet des frottements, effet des flexibilités. Modèle dynamique augmenté (corps rigide + transmission + actionnement). Identification paramétrique du modèle dynamique. Réglage d'asservissement sur un système 2R plan (TPs sur robots réels). (16 h CM + 4 h TD + 8 h TP)

Pré-requis. Automatique linéaire et asservissement. Mécanique du solide.

Ressources mises à disposition des étudiants. Polycopié de notes de cours.

Connaissances scientifiques développées dans l'unité.

- Modèles géométriques, cinématiques, et dynamiques de robots série ou parallèle.
- Méthodes de stabilisation des robots manipulateurs.
- Principes de réglage de correcteurs pour les robots manipulateurs.

Compétences développées dans l'unité.

- Modéliser une architecture mécanique de robot série ou parallèle.
- Concevoir une loi de commande pour un robot manipulateur série.

Volumes horaires présentiel et hors présentiel.

Heures présentielles totales : 60 h avec 32 h de Cours, 20 h de TD et de 8 h de TP.

Travail personnel attendu : 60 – 90 h

Évaluation.

L'évaluation se fait sur la base d'examens écrits (/80) et de compte-rendus de TPs (/20).

Responsables. M. P. Bidaud et Mme B. d'Andrea-Novél.

Robotique mobile.

Niveau CMI5 - **Semestre** S9 - **Crédits** 6 ECTS - **Code** MU5RBE04 – **Mention** Master Automatique et Robotique

Présentation pédagogique.

L'objectif de cette UE est d'introduire les concepts relatifs à la mise œuvre de robots mobiles autonomes : modélisation et commande des robots mobiles à roues – localisation et perception de l'environnement – planification et génération de trajectoires. Les concepts théoriques sont présentés en cours et mis en pratique sur des robots en séances de TP. Ce module inclut également l'intervention d'un industriel du secteur de la robotique mobile qui fait une présentation d'études de cas.

Thèmes abordés.

- Concepts généraux sur la mobilité des systèmes terrestres
- Modélisation des robots mobiles à roues
- Capteur et perception en robotique mobile
- Commande des systèmes non-holonyme
- Modélisation des drones
- Synthèse de lois de commande et d'estimateurs d'état pour les drones multi-hélices
- Génération de trajectoires
- Localisation et cartographie (SLAM)
- Planification de chemins et de trajectoires
- Séminaire industriel

Pré-requis. Modélisation cinématique, mécanique du solide, commande et espace d'état, programmation C/C++.

Ressources mises à disposition des étudiants. Transparents utilisés lors des cours, notes polycopiés et chapitres d'ouvrages.

Bibliographie

- J-P. Laumond. La robotique mobile, Hermes, 2001.
- R. Siegwart, I.R. Nourbakhsh. Introduction to Autonomous Mobile Robots, The MIT Press, 2004.
- G. Dudek, M. Jenkin. Computational principles of mobile robotics, Cambridge University Press, 2000.
- J.P. Latombe, Robot motion planning, 1991
- J. Angeles, Fundamental of robotic mechanical systems, 1999

Connaissances scientifiques développées dans l'unité.

- Modélisation et commande de robots mobiles, terrestres ou aériens
- Planification, SLAM

Compétences développées dans l'unité.

- Modéliser un robot et concevoir une loi de commande en fonction de l'objectif opérationnel ;
- Choisir et mettre en œuvre un algorithme de planification ou de SLAM.

Volumes horaires présentiel et hors présentiel.

Heures présentielles totales : 60 h avec 36 h de cours et 24 h de TD.

Travail personnel attendu : 60-90 h

Évaluation.

Travaux pratiques (/40) et étude d'article avec présentation orale (/60).

Responsables. M. R. Chatila et P.Morin

Vision et perception.

Niveau CMI5 - **Semestre** S9 - **Crédits** 3 ECTS - **Code** MU5RBE05 – **Mention** Master Automatique et Robotique

Présentation pédagogique.

La vision est l'une des modalités essentielles pour permettre à un robot d'appréhender son environnement. Cette UE a pour objectif de fournir les bases de vision et de traitement d'images utiles à la robotique, en présentant la détection de point d'intérêt, la modélisation géométrique et l'étalonnage des caméras, donnant la possibilité aux robots de se localiser et de se déplacer dans un environnement 3D. L'utilisation de la vision active via les télémètres lasers sera aussi introduite en complément de la vision passive des caméras, en raison de leur haute précision.

Contenu de l'unité.

- Détection de points d'intérêts
- Flux optique
- Éléments de géométrie projective
- Calibrage des capteurs de vision – Modélisation des caméras
- Géométrie épipolaire
- Reconstruction 3D
- Algorithmes d'odométrie/estimation de pose
- Extension aux capteurs lasers

Les étudiants appliqueront ces enseignements théoriques dans le cadre de 3 sessions de TP (Matlab) et d'un mini-projet.

Pré-requis.

Connaissances de base en formation et représentation numérique des images (capteurs, espaces de couleurs, histogrammes) ; Algèbre linéaire ; Géométrie euclidienne ; Méthodes d'optimisation ; Programmation (Matlab/Python).

Ressources mises à disposition des étudiants. Documents présentés. Annales.

Bibliographie :

R. Hartley and A. Zisserman, "Multiple view geometry in computer vision", Cambridge university press, 2003.

Connaissances scientifiques développées dans l'unité.

- Géométrie projective
- Algorithmes de traitement d'image

Compétences développées dans l'unité.

- Savoir étalonner une caméra et l'utiliser comme un instrument métrologique.
- Savoir traiter des images, reconstruction 3D par triangulation à l'aide d'une ou plusieurs caméras calibrées.
- Interpréter de l'information visuelle

Volumes horaires présentiel et hors présentiel.

Le volume horaire global est de 28 h avec 16 h de cours et 12 h de TP.

Évaluation.

Projet (50 %) et examen écrit de 2 h (50 %).

Responsables. M. X. Clady, S. Ieng et Daniel Racoceanu.

Mini projet.

Niveau CMI5 - **Semestre** S9 - **Crédits** 3 ECTS - **Code** MU5RBE08– **Mention** Master Automatique et Robotique

Présentation pédagogique.

Cette UE obligatoire a pour but la réalisation d'un projet d'étude bibliographique qui peut donner lieu à des simulations ou des expérimentations. Il est encadré par un enseignant-chercheur des laboratoires d'adossés qui proposent les sujets et qui sont par la suite soumis aux étudiants pour qu'ils effectuent leur choix. La durée du projet est d'environ deux mois. Ce projet est évalué au travers des appréciations de l'enseignant l'ayant proposé ainsi que d'un rapport et d'une soutenance orale devant un jury. Ces projets peuvent constituer des préparations à des sujets de stage et sont donc une occasion de se mettre en relation avec les acteurs des différents laboratoires. Les thématiques des projets couvrent la robotique, la mécatronique, la commande, la perception, la mécanique, l'étude du mouvement et peuvent-être étendues à d'autres domaines qui pourraient sembler pertinents dans l'optique de la spécialité SAR.

Exemples de sujets proposés.

- Tolérancement de fabrication dans la chaîne numérique.
- Modélisation géométrique "réaliste" du contact entre surfaces.
- Intégration de module de détection de collisions.
- Algorithmes de recalage pour la métrologie des formes.
- Conception d'une tête binaurale pour le robot PR2.
- Réalisation d'une taxonomie des postures humaines.
- Optimisation d'un calcul de pose d'un robot chenillé sur sol accidenté.
- Étude comparative de contrôleurs de suivi de trajectoire pour robot mobile type skid-steering.
- Apprentissage par un robot de capacités sensori-motrices.
- État de l'art des préhenseurs pour la palettisation.
- État de l'art des solutions pour le dévracage.
- Étude de solutions de mesure de distance laser ...

Pré-requis. Aucun

Ressources mises à disposition des étudiants. Propres à chaque sujet, sur décision de l'encadrant du mini-projet.

Bibliographie Propres à chaque sujet, sur décision de l'encadrant du mini-projet.

Compétences développées dans l'unité.

- Savoir mettre en oeuvre des connaissances
- Travailler en autonomie et en équipe
- Synthétiser des travaux
- Rédiger et présenter résultats scientifiques

Volumes horaires présentiel et hors présentiel.

Travail réalisé en autonomie, encadré par un tuteur.

Évaluation.

L'évaluation se fait sur la base d'un rapport écrit et d'une présentation orale.

Responsables. Mme B. d'Andréa-Novel

Semestre 10

Projet d'approfondissement

Niveau CMI5 - **Semestre** S10 - **Crédits** 3 ECTS - **Code** MU5EEG04 – **Mention** Master Mécanique

Présentation pédagogique.

Ce projet d'approfondissement vient en complément de la spécialisation et peut prendre différentes formes. Il peut représenter le suivi d'une unité optionnelle de spécialité supplémentaire au semestre S9 pour élargir le socle de connaissances ou bien valoriser une partie bibliographique du stage qui aurait été significative, ou encore être associé à une production scientifique par exemple dans le cadre du stage (présentation dans un colloque scientifique, soumission d'une publication). Il peut également valoriser un investissement associatif important ou encore traduire la validation d'un enseignement sous forme de MOOC (par exemple, un enseignement partagé sur la plate forme European Virtual Exchange du réseau d'universités partenaires de Sorbonne Université Alliance 4eu+ : Université Charles de Prague (République Tchèque), d'Heidelberg (Allemagne) et de Varsovie (Pologne), universités de Milan (Italie) et de Copenhague (Danemark)) . Ce projet est généralement mené de façon individuelle.

Contenu de l'Unité d'Enseignement.

Dépendant de la forme du projet

Pré-requis minimum. Les connaissances acquises dans l'ensemble des unités d'enseignement depuis le CMI1.

Références bibliographiques. Fonction du sujet de projet.

Ressources mises à disposition des étudiants. Fonction du sujet de projet et de son environnement.

Connaissances scientifiques développées dans l'unité

- Fonction du sujet de projet.

Compétences développées dans l'unité.

- Prendre du recul sur son parcours de formation.
- Savoir mettre en œuvre ses connaissances et les appliquer à un sujet ouvert nouveau.
- Travailler en autonomie et en équipe.
- Savoir gérer un projet personnel avec engagement, le défendre avec conviction.

Volumes horaires présentiel et hors présentiel.

Travail personnel attendu : 30 - 40 h environ (et souvent plus).

Évaluation. Évaluation généralement sous la forme d'une note du rapport écrit, de soutenance orale et d'implication.

Responsables. Y. Berthaud, H. Dumontet.

Stage de fin d'études

Niveau CMI5 - **Semestre** S10 - **Crédits** 30 ECTS - **Code** MU5MES03 - **Mention** Master Mécanique

Présentation pédagogique.

Ce stage de fin d'études se déroule sur 24 semaines en fin de la formation. L'objectif est de permettre à l'étudiant d'acquérir un comportement d'ingénieur, notamment l'autonomie et la capacité à travailler en équipe avec efficacité dans l'entreprise, en s'appuyant sur les connaissances acquises durant sa formation et les compétences développées dans les activités de mise en situation (projets, et précédents stages). Il consolide la spécialisation et valide ces acquis.

Ce stage peut se dérouler en France ou à l'étranger, en entreprise (généralement des départements de Recherche et Développement de grands groupes industriels) ou laboratoire de recherche (à condition que l'étudiant ait alors une expérience significative de stage en entreprise). Il conduit à la rédaction d'un rapport et d'une soutenance en français ou en anglais. La soutenance est effectuée devant un jury mixte composé de membres de l'équipe pédagogique et d'extérieurs dont l'encadrant en entreprise dans le cas d'un stage en entreprise.

Contenu de l'Unité d'Enseignement.

Les responsables de parcours valident la cohérence du sujet, son adéquation avec la spécialité de la formation, avec le projet professionnel de l'étudiant et ses résultats académiques. Ce stage fait l'objet d'une convention de stage signée par l'entreprise / laboratoire, l'université et l'étudiant.

Pré-requis minimum. L'ensemble des connaissances et compétences développées depuis le début du cursus.

Ressources mises à disposition des étudiants.

- Liste et descriptif des sujets de stage antérieurs. Offres de stage.
- Procédures de validation, directives de rédaction, conventions stage.
- Ressources bibliographiques en fonction du sujet.

Connaissances scientifiques développées dans l'unité.

- Propres à chaque stage selon le sujet domaine d'activités de l'entreprise / laboratoire et les missions confiées.

Compétences développées dans l'unité.

- Savoir participer à un travail d'équipe, prendre des initiatives, savoir se situer et acquérir de l'autonomie.
- Savoir mettre en œuvre ses connaissances et les appliquer à un sujet ouvert nouveau.
- Être capable de respecter un cahier des charges, des délais.
- Être responsable de la qualité de son travail.
- Prendre du recul par rapport à son expérience, prendre confiance dans l'insertion professionnelle.
- Savoir communiquer sur son travail à l'écrit et oral.

Volumes horaires présentiel et hors présentiel. 24 semaines de stage à temps plein entre mars et fin août.

Évaluation. Rapport de stage (/35, une cinquantaine de pages hors annexes), évaluation des tuteurs (/30), soutenance orale (/35, 25 minutes d'exposé, 25 minutes de questions).

Responsables. Responsables des parcours, M. Y. Berthaud et Mme H. Dumontet (responsables du CMI).