Guide pédagogique

«Robotique, automatique et cybersécurité»

Module PRISM-8.4 *(5 crédits ECTS)*

Place du module et enjeux

Un robot est un outil industriel programmé pour effectuer des taches de façon automatique. Il supplée l'homme dans les tâches dangereuses, génératrices de TMS ou rébarbatives. Il se compose d'un bras poly articulé, d'une baie de commande et d'un pupitre de programmation. En automatisant la production, le robot industriel permet d'augmenter la productivité et d'améliorer la qualité des produits. Plus flexible qu'une machine spéciale, il permet d'adapter les lignes de production en cas de changement.

Teaching guide and syllabus

"Robotics, automation, and cybersecurity"

PRISM-8.4 *(5 ECTS credits)*

Subject matter importance and associated issues

A robot is an industrial tool programmed to perform tasks automatically. It replaces man in dangerous, MSD-generating or boring tasks. It consists of a poly-articulated arm, a control cabinet and a programming console. By automating production, the industrial robot increases productivity and improves product quality. More flexible than a special machine, it allows production lines to be adapted in the event of a change.

Responsable : Jean-Samuel WIENIN
Téléphone : 04 66 78 56 01
Courriel : jean-samuel.wienin@mines-ales.fr

IMT Mines Alès
École Mines-Télécom

ENSEIGNEMENTS ACADEMIQUES	**Volume horaire**	Détail des coefficients	Crédits
Robotique et automatique	**63 h**		5
○ Robotique et cobotique	25	1	
○ Automatique : systèmes non linéaires	20	1	
○ Cybersécurité	18	1	

Matière 1 :

Titre de la matière : Robotique et cobotique	
Code : PRISM-8.4.1	**Titre du module :** Robotique, automatique et cybersécurité
Semestre : S8	**Cursus de rattachement :** Département PRISM – Tronc commun

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
25	31	6	12	6	0	1	6	1	/

Titre	Robotique et cobotique
résumé	La robotique est une discipline en pleine expansion. Dans le domaine Mécatronique, les technologies actuelles permettent de déployer rapidement des solutions robotiques dédiées à une large gamme de problèmes et d'environnements complexes.

Responsable	Jean-Samuel WIENIN
Equipe enseignante	Pascal DALMEIDA, Philippe de Poumeyrac

Mots-clés	robotique
Prérequis	Automatique, algèbre linéaire, analyse et optimisation numérique,

Contexte et objectif général :
L'objectif de ce cours est de donner aux participants une vision large des méthodes fondamentales permettant d'animer un robot. Donner un point de vue concret sur l'état de l'art et ses potentialités.

Programme et contenu :

- Introduction et vue d'ensemble de la robotique,
- Les fondamentaux de la robotique manipulatrice,
- Modèles géométrique, cinématique et dynamique (convention de Denavit-Hartenberg, de Denavit-Hertenberg modifiée, modèle géométrique direct et inverse par la méthode de Paul ou par méthode géométrique ; modèle cinématique, jacobien et pseudo-inverse, modèle dynamique par le formalisme de Lagrange et par le formalisme de Newton-Euler),
- Génération de mouvement espace articulaire et opérationnel,
- Commande Jacobienne, d'impédance, hybride position force,
- Mise en mouvement et programmation d'un bras UR5 (Modèles de déplacement, entrées/sorties, algorithmique et programmation),
- Gestion de la préhension,
- Gestion de la vision embarquée et de la reconnaissance de pièces,
- Manipulation bi-bras.

Méthode et organisation pédagogique :
Séances de cours suivies de TD/TP en parallèle.
À ces modalités d'évaluation principales pourront être ajoutés d'autres exercices qui seront précisés en au début de l'enseignement. En cas de dysfonctionnement avéré, les évaluations de groupe peuvent-être individualisées.

Acquis d'apprentissage visés :

- Point de vue concret sur l'état de l'art
- Formuler des problèmes liés aux systèmes, au contrôle et à la robotique
- Choisir et programmer un système poly-articulé.

Évaluation :
Évaluation écrite 2h + CR de TP + QCM de cours

Retour sur l'évaluation fait à l'élève :
Notes et commentaires sur les CE, TD et TP

Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

Support pédagogique et références : Poly de référence, documentation logiciel

Matière 2 :

Titre de la matière : Automatique : systèmes non linéaires	
Code : PRISM-8.4.2	**Titre du module :** Robotique, automatique et cybersécurité
Semestre : S8	**Cursus de rattachement :** Département PRISM – Tronc commun

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
20	27	9	0	0	10	1	7	1	/

Titre	Automatique : systèmes non linéaires
résumé	L'automatique, qui est une des disciplines de base de la mécatronique, fournit les méthodes et outils pour modéliser et piloter un système continu.

Responsable	CERIS
Equipe enseignante	Souad RABAH-CHANIOUR

Mots-clés	Représentation d'état, systèmes linéaires, systèmes non linéaires
Prérequis	Cours Automatique 1L3

Contexte et objectif général :
L'automatique, qui est une des disciplines de base de la mécatronique, fournit les méthodes et outils pour modéliser et piloter un système continu.

Programme et contenu :
Représentation d'état d'un système dynamique
- Notion de variable d'état
- Représentation d'état d'un système linéaire continu invariant (SLCI) multivariable
- Analyse du comportement dynamique à partir de la matrice d'état
- Notions de commandabilité et d'observabilité
- Observateur de Luenberger
- Commande par retour d'état, commande quadratique

Commande de systèmes non linéaires
- Linéarisation autour d'un point de fonctionnement
- Retour linéarisant
- Commande grand gain
- Approche IA : Commande floue, réseaux de neurones

Méthode et organisation pédagogique :
Les cours et l'étude de cas que doivent menée les élèves dans l'environnement Matlab/Simulink sont entrelacés.

Acquis d'apprentissage visés :
A l'issue de ce cours les élèves doivent être capables de :
Construire une représentation d'état d'un SLCI multivariable
Analyser le comportement dynamique d'un SLCI (système linéarisé)
Simuler les réponses à des entrées types sur Matlab/Simulink
Simuler et analyser des lois de commandes par retour d'état avec observateur

Evaluation :
QCM, Rapport d'étude de cas.
À ces modalités d'évaluation principales pourront être ajoutés d'autres exercices qui seront précisés en au début de l'enseignement. En cas de dysfonctionnement avéré, les évaluations de groupe peuvent-être individualisées.

Retour sur l'évaluation fait à l'élève :
Mise à disposition de Quizz, suivi du projet

Support pédagogique et références :
Diapos du cours, QUIZZ

Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

Matière 3 :

Titre de la matière : Cyber sécurité	
Code : PRISM-8.4.3	**Titre du module :** Robotique, automatique et cybersécurité
Semestre : S8	**Cursus de rattachement :** Département PRISM – Tronc commun

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
18	26	6		8	3	1	8		/

Titre	Cyber Sécurité en contexte industriel et embarqué.
Résumé	Définition des concepts clefs pour comprendre pourquoi la CS s'impose aujourd'hui dans tous les projets industriels, présentation d'outils, méthodes et normes pour protéger le produit et suivre les bonnes pratiques.

Responsable	Jean-Samuel WIENIN
Équipe enseignante	Sylvain BENOIT

Mots-clés	CS, OT, industriel, CVE, CVSS, X509, 62443, cryptographie
Prérequis	Bases en informatique et réseau (utilisation internet, installation de logiciel, …)

Contexte et objectif général :
Donner une vision pragmatique de ce qu'est la CS en milieu professionnel et industriel (électronique, embarqué et temps réel). Autant du côté consommateur que producteur de solution logicielle et/ou électronique (système embarqué, fabriquant de capteur/actionneur). Identifier les différences essentielles entre la CS-OT et la CS-IT.

Programme et contenu :

- Introduction sur ce qu'est la CS, la CS Indus et ce qui les différencie
- Comment sont organisés les acteurs (attaquants et fabriquant de devices ou de modules)
- Introduction à la cryptographie (différence entre symétrique et asymétrique) + application à l'authentification
- Présentation d'une norme IEC62443 ~~vs 27001~~
- Product Design (R&D) (outils, methode)
- Product exploitation (Operation)
- Etude de cas d'une attaque (github/akamai ou triconex)
- Définitions (vocabulaire)
- Les métriques et référenciels publics (CVE, CVSS, CWE, OWASP, …)
- Les mines d'information du web (OSINT, OpenData, mapping)
- Infrastructure CS d'un système (réseau, protection, résilience)
- Les familles de malware (bot, trojan, virus, worms, etc …)
- Les grandes familles d'attaque (catégorisation), analyse des menaces

Méthode et organisation pédagogique :
6h : Présentation des concepts théoriques, définitions avec projection support PPT (classe entière)
4h : Présentation et explication de solutions pratiques avec interaction des étudiants (en ½ classe)
8h : Application pratique et en autonomie des solutions vue en ½ classe :

- #1 nmap
- #2 openSSL
- #3 defense
- (#4 wireless)

Chacun des 4 TP seront prévus pour une durée de 2 heures en présentiel + 1 heure de travail personnel pour ceux qui souhaitent approfondir.

Acquis d'apprentissage visés :
Comprendre les étapes d'un projet informatique en termes de CS (environnement normatif, méthodes, outils, bonnes pratiques, etc …)
Comprendre ce qu'est une attaque et comment l'éviter (Security policy, SIEM, SoC, etc …)
Acquérir et maitriser du vocabulaire CS
Maitriser les concepts d'authentification machine-to-machine

Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

Evaluation : 1 contrôle théorique de 1h et 1 contrôle pratique (mini-projet 3h + 4h de travail personnel éventuel). À ces modalités d'évaluation principales pourront être ajoutés d'autres exercices qui seront précisés en au début de l'enseignement. En cas de dysfonctionnement avéré, les évaluations de groupe peuvent-être individualisées.
Retour sur l'évaluation fait à l'élève : Note et commentaire
Support pédagogique et références : Présentation en cours (classe et ½ classe) par projection de slides. Fourniture d'un fichier récapitulatif (probablement PDF)

Méthode et organisation pédagogique

Cf. détail par matières ci-dessus.

Modalité d'évaluation

Le niveau d'acquisition des compétences sera évalué selon les exigences suivantes :

N° indicateur	Indicateur
1	connaitre les savoirs formels et pratiques du socle des fondamentaux
2	Exploiter les savoirs théoriques et pratiques
3	Analyser, interpréter, modéliser, émettre des hypothèses, et résoudre

Répartition

Matière	**Contrôle**	**Coefficients**	**Type de notation**	**Indicateurs évalués**	**Chapitres**
Robotique et cobotique	QCM CR de TD Contrôle écrit	1 1 2	Individuel En groupe Individuel	1 2 3	Tous
Automatique : systèmes non linéaires	QCM Rapport étude de cas	2 1	Individuel En groupe	3 3	Tous
Cybersécurité	Contrôle écrit Projet	1 2	Individuel En groupe	1 2	Tous

Engagement de l'étudiant, éthique et professionnalisme

La démarche éthique est définie dans le règlement intérieur de l'établissement. Chaque étudiant s'engage à en prendre connaissance et à la respecter.

Nombre d'heures estimées de travail personnel *:* pour acquérir les compétences demandées, il est nécessaire que l'étudiant consacre minimum 45 min de travail personnel de compréhension et d'approfondissement par séance de cours.

Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

Nombre d'heures estimées de préparation aux travaux dirigés (TD) :

Pour chaque enseignement un temps de travail personnel est conseillé. Ce volume est indiqué dans la colonne « Travail personnel » de chaque matière

Pénalité pour retard (*Conformément à l'article 3.3 du Règlement de scolarité, les enseignants peuvent appliquer des pénalités en cas de remise tardive de rapport sans motif valable* (*la validité du motif est laissée à l'appréciation de l'enseignant*).

Tout travail remis en retard sans motif valable peut être pénalisé de 1 point par jour de retard, ou se voir attribuer la note de zéro.

Équipe enseignante

Nom	Domaine d'expertise	Courriel/Téléphone
Souad Rabah-Chaniour	Automatique industrielle	Souad.rabah-chaniour@mines-ales.fr
Pascale Dalmeida	Robotique industrielle	pascal.dalmeida@ac-montpellier.fr
Philippe de Poumayrac	Robotique industrielle	phil2p2m@yahoo.fr
Sylvain BENOIT	Cybersécurité	

Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

ACADEMIC TEACHING	**Teaching hours**	Coefficients	Credits
Cyber physical systems	**41h**		
○ *Robotics and cobotics*	25	1	5
○ *Automation: nonlinear systems*	16	1	
○ *Cybersecurity*	18	1	

Class 1

Class title : Robotics and cobotics	
Code : 8.4.1	**Module title :** Robotics, automation, and cybersecurity
Semester: S8	**Classification :** PRISM Department – Common part

Hours of presence	Total hours	Lectures	Workshop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
25	31	6	12	6	0	1	6	1	/

Title	Robotics and cobotics
Summary	Robotics is a rapidly expanding discipline. In the field of Mechatronics, current technologies allow the rapid deployment of robotic solutions dedicated to a wide range of problems and complex environments.

Head	Jean-Samuel WIENIN
Teaching team	Pascal DALMEIDA, Philippe de Poumayrac

Key words	robotics
Prerequisites	Automatics, linear algebra, analysis and numerical optimization,

Context and general objective:
The objective of this course is to give participants a broad view of the fundamental methods of animating a robot. Give a concrete point of view on the state of the art and its potential.

Programme and contents:
- Introduction and overview of robotics,
- The fundamentals of manipulative robotics,
- Geometric, kinematic and dynamic models (Denavit-Hartenberg, Denavit-Hertenberg convention modified, direct and inverse geometric model by Paul's method or geometric method; kinematic, Jacobian and pseudo-inverse model, dynamic model by Lagrange formalism and Newton-Euler formalism),
- Generation of joint space and operational movement,
- Jacobian control, impedance, hybrid force position,
- Setting up and programming of a UR5 arm (movement models, inputs/outputs, algorithms and programming),
- Gripping management,
- Management of embedded vision and part recognition,
- Double arm handling.

Method and pedagogic organisation:
Parallel course sessions followed by TD/TP

Targeted skills or knowledge :
- Concrete view on the state of the art
- Formulate problems related to systems, control and robotics
- Choose and program a polyarticulated system.

Evaluation :
Written Evaluation 2h + Labs rapport + MCQ.
Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

Feedback made to the student :
Notes and comments

Teaching material and references :
Reference poly, software documentation

Class 2

Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

Class title : Automation: nonlinear systems	
Code : 8.4.2	**Module title :** Robotics, automation, and cybersecurity
Semester: S8	**Classification :** PRISM Department – Common part

Hours of presence	Total hours	Lectures	Workshop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
20	27	9	0	0	10	1	7	1	/

Title	Control engineering
Summary	Control engineering, which is one of the basic disciplines of mechatronics, provides the methods and tools to model and control continuous systems.

Head	*Souad Rabah-Chaniour*
Teaching team	*Souad Rabah-Chaniour*

Key words	State variables representation, linear systems, non-linear systems
Prerequisites	1L3 Control engineering

Context and general objective:
Control engineering, which is one of the basic disciplines of mechatronics, provides the methods and tools to model and control continuous systems.

Programme and contents:
State variables representation of a dynamic system
- Notion of state variable and of state space
- State variables representation of a multivariable invariant linear system (SLCI)
- Dynamic behavior analysis from the characteristics of the state matrix
- Concepts of commandability and observability
- Luenberger observer
- Sate feedback control, quadratic command

Control of non-linear systems
- Linearization around an operating point
- Feedback linearization
- High gain control
- IA approach: Fuzzy control, neural networks

Method and pedagogic organisation:
Lectures and case study that students are required to perform in the Matlab / Simulink environment are intertwined.

Targeted skills or knowledge :
At the end of this course students should be able to:
- Build a state representation of a multivariable SLCI
- Analyze the dynamic behavior of an SLCI (linearized system)
- Simulate responses to typical inputs on Matlab / Simulink

Simulate and analyze state feedback control laws with observer

Evaluation :
MCQ, Case Study Report.
Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

Feedback made to the student :
QUIZZ, project

Teaching material and references :
Course slides, QUIZZ

Class 3:

Title of the subject : Cyber security	
Code : 8.4.3	**Module title :** Robotics, automation, and cybersecurity
Semester: S8	**Classification :** PRISM Department – Common part

Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

Face-to-face hours	Hours total	Course	TD	TP	Project	Checks	Personal work	Coef /module	ECTS
18	26	6		8	3	1	8		/

Title	Cyber Security in industrial and embedded context.
Summary	Definition of key concepts to understand why CS is nowadays essential in all industrial projects, presentation of tools, methods and standards to protect the product and follow good practices.

Responsible for	Jean-Samuel WIENIN
Teaching team	Sylvain BENOIT

Keywords	CS, OT, industrial, CVE, CVSS, X509, 62443, cryptography
Prerequisites	Basic computer and network skills (internet use, software installation, etc.)

Background and general objective :
To give a pragmatic vision of what CS is in a professional and industrial environment (electronics, embedded and real time). Both on the consumer side and on the producer side of software and/or electronic solutions (embedded system, sensor/actuator manufacturer). Identify the essential differences between CS-OT and CS-IT.

Programme and content :

- Introduction to what CS is, what CS Indus is and what makes them different
- How are the actors organised (attackers and device or module manufacturers)
- Introduction to cryptography (difference between symmetric and asymmetric) + application to authentication
- Presentation of an IEC62443 ~~vs 27001~~ standard
- Product Design (R&D) (tools, methods)
- Product exploitation (Operation)
- Case study of an attack (github/akamai or triconex)
- Definitions (vocabulary)
- Public metrics and benchmarks (CVE, CVSS, CWE, OWASP, ...)
- Web information mines (OSINT, OpenData, mapping)
- CS infrastructure of a system (network, protection, resilience)
- Malware families (bot, trojan, virus, worms, etc.)
- Major attack families (categorisation), threat analysis

Teaching method and organisation :
6h: Presentation of theoretical concepts, definitions with PPT support (whole class)
4h: Presentation and explanation of practical solutions with student interaction (in ½ class)
8h: Practical application of the solutions seen in ½ class:

- #1 nmap
- #2 openSSL
- #3 defense
- (#4 wireless)

Each of the 4 practical sessions will last 2 hours in class + 1 hour of personal work for those who wish to go further.

Targeted learning outcomes :
Understand the stages of an IT project in terms of CS (normative environment, methods, tools, best practices, etc.)
Understand what an attack is and how to avoid it (security policy, SIEM, SoC, etc.)
Acquire and master CS vocabulary
Mastering machine-to-machine authentication concepts

Evaluation :
That is to say: 1 * theoretical control of 1h and 1 * practical control (mini-project 3h + 4h of possible personal work).
Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

Feedback on the assessment to the student *:* Note and comment
Teaching aids and references : Presentation in class (class and ½ class) by projection of slides. Provision of a summary file (probably PDF)

Method and teaching organisation

See details by subject above.

Testing procedures

The student's level of knowledge acquisition will be evaluated according to the following points :

N° Indicator	Indicator
1	To know the formal and practical knowledge constituting the foundation of a given field
2	Exploit theoretical and practical knowledge
3	Analyse, interpret, model, hypothesize and solve problems

Grading scheme:

Class	**Exam**	**Coefficients**	**Administration mode**	**Evaluated Indicators**	**Chapters**
Robotics and cobotics	MCQ Written Evaluation Labs rapport	1 2 1	Individual Individual In groups	1 3 2	All
Control engineering	MCQ Case study report	2 1	Individual In groups	3 3	All
Cybersecurity	Written control Case study report	1 2	Individual In groups	1 2	All

Student commitments, ethics and professionalism

Expectations concerning ethics are defined in the establishment's code of conduct. Each student is expected to know and respect the code of conduct.

Estimated hours of personal study: *in order to acquire the required learning level, the student is expected (must) to spend a minimum of 45min of personal study time per hour spent in class.*

Estimated hours of preparation required for labs/Work Shop*:*

For each class a personal working time is recommended. This volume is indicated in the "Personal work" column of each subject

Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

Late penalties *(According to article 3.3 of the Teaching Code, teachers can administer penalties for reports/homework that are late without a valid justification (validity is left to the teacher's best judgement).*

Any work submitted late without valid reason may be penalized by 1 point per day of delay, or given a score of zero.

Teaching team

(Title) Name	Field of expertise	Email/phone
Souad Rabah-Chaniour	Industrial automation	Souad.Rabah-Chaniour@mines-ales.fr
Pascale Dalmeida	Industrial robotics	pascal.dalmeida@ac-montpellier.fr
Philippe de Poumayrac	Industrial robotics	phil2p2m@yahoo.fr
Sylvain BENOIT	Cybersecurity	

Approbation

Ce guide pédagogique entre en vigueur à compter du….
Il est porté à la connaissance des élèves par une publication sur ….

Rédaction	**Vérification**	**Validation**
L'enseignant responsable du module :	Le responsable d'UE / de département :	Le directeur de l'école, Pour le directeur et par délégation, Le directeur de la DFA / de la DE :

Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.

Other exercises may be added to these main assessment methods, as specified at the start of the course. In the event of proven dysfunction, group assessments can be individualized.