



Guide pédagogique

« Modélisation et simulation des Systèmes Industriels »

PRISM-GITN-9.2 (4 crédits ECTS)

Place du module et enjeux

La modélisation des systèmes avec SysML et la simulation à événements discrets sont des techniques utilisées dans le cadre de l'étude de la dynamique des systèmes complexes. Ces systèmes étudiés sont physiques ou informationnels (aujourd'hui nommés systèmes cyber-physiques).

Cette approche basée sur la modélisation et simulation (M&S) technique est utilisée tant par les industries et les entreprises de services afin de concevoir, optimiser et valider leurs organisations que par les centres de recherche dans l'optique d'étudier les systèmes complexes non-linéaires. Nous illustrons par l'utilisation de l'outil Flexsim des modèles de systèmes industriels.

Teaching guide and syllabus

“Industrial Systems Modeling & Simulation”

PRISM-GITN-9.2 (4 ECTS credits)

Subject matter importance and associated issues

Systems modeling with SysML and discrete event simulation are techniques used to study the dynamics of complex systems. These studied systems are physical or informational (today called cyber-physical systems).

This approach based on modeling and simulation (M & S) technique is used both by industries and service companies to design, optimize and validate their organizations than by research centers in order to study complex non-technical systems. linear. We illustrate using the Flexsim tool for industrial system models.

Responsable : Gregory Zacharewicz

Téléphone : 04 34 24 62 93

Courriel : gregory.zacharewicz@mines-ales.fr

Modélisation et simulation des Systèmes Industriels

ENSEIGNEMENTS ACADEMIQUES	Volume horaire	Détail des coefficients	Crédits
Modélisation et simulation des Systèmes Industriels	56 h		
○ Modélisation SysML	20	1	4
○ Simulation	36	1	

Titre de la Conférence introductive présentant les enjeux et l'encrage du module dans les problématiques technologiques et sociétales.	Intervenant (nom/ statuts/ expertise)
50 étés de Simulation informatique tiré de : <i>50 Summers of Computer Simulation</i> Auteurs : Umut Durak, Andrea D'Ambrogio, Andreas Tolk, Saikou Diallo, Gregory Zacharewicz, José L. Risco-Martín, Jacob Barhak, Ralph Coolidge Huntsinger, M. S. Raunak	Gregory Zacharewicz (General Chair de Springsim 2018 et Program Chair de SummerSim 2018)

Matière 1 :

<i>Titre de la matière : SysML : Langage de Modélisation Systèmes</i>	
Code : PRISM-GITN-9.2.1	Titre du module : Modélisation et simulation des Systèmes Industriels
Semestre : (S5, S6...)	Cursus de rattachement : PRISM GITN

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
20	27	6	4	0	9	1	10	1	/

Titre	Modélisation de Systèmes en SysML
résumé	Ce cours présente les diagrammes de modélisation du langage SysML et leur utilisation pour mener un projet d'Ingénierie Systèmes. Après une présentation des diagrammes SysML illustrés par des exemples, les élèves développeront un projet leur permettant de mettre en pratique leur apprentissage de SysML.

Responsable	Anne-Lise Courbis (LGI2P)
Equipe enseignante	Anne-Lise Courbis (LGI2P)

Mots-clés	Ingénierie des Exigences, Modélisation Fonctionnelle et Comportementale, Modélisation Structurelle, Vérification des modèles
Prérequis	Ingénierie Systèmes (module de M1)

Contexte et objectif général :	Concevoir des systèmes complexes nécessite de mettre en œuvre des méthodes et des outils permettant de maîtriser le processus d'Ingénierie Systèmes, ce qui implique l'usage de modèles et de langages ainsi que d'outils appropriés. Ce cours présente le langage SysML qui a été défini en 2017 par l'ISO (International Organization for Standardization) comme un standard international pour la modélisation de systèmes.
Programme et contenu :	Introduction à SysML vs UML Présentation des diagrammes de modélisation statique et dynamique Utilisation de SysML dans un processus d'Ingénierie Systèmes : modélisation, allocation et vérification des modèles. Mise en œuvre des concepts sur un projet
Méthode et organisation pédagogique :	<i>Le cours sera constitué d'une partie théorique, illustrée par des exemples. Un projet individuel ou en groupe (en fonction de la taille de la promotion) mettant en œuvre SysML devra être développé par les élèves</i> Les enseignements peuvent être dispensés en anglais.
Acquis d'apprentissage visés :	Analyse d'un cahier des charges, Modélisation et Abstraction, Vérification
Evaluation :	L'évaluation sera faite sur le projet : les élèves devront remettre un rapport et présenter oralement de façon synthétique les résultats obtenus.

Retour sur l'évaluation fait à l'élève :

L'évaluation du projet sera faite au plus tard 3 semaines après le dépôt des projets sur campus. L'évaluation des présentations orales sera donnée à la fin des présentations de tous les projets.

Support pédagogique et références :

Un support de cours et des documents de référence seront mis à disposition des élèves via campus.

Matière 2.1 :

<i>Titre de la matière : Simulation 1 (Les Simulations à évènements discrets)</i>	
Code : PRISM-GITN-9.2.2	Titre du module : Modélisation et simulation des Systèmes Industriels
Semestre : (S5, S6...)	Cursus de rattachement : PRISM GITN

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
36	46	9	14	5	5	3	10	1	/

Titre	Modélisation et Simulation à Evènements Discrets
résumé	Ce cours s'intéresse à la modélisation et Simulation à évènements discrets et aux outils informatiques supportant cette approche.

Responsable	<i>Gregory Zacharewicz (LGI2P – IMT Mines Alès)</i>
Equipe enseignante	<i>Gregory Zacharewicz (LGI2P – IMT Mines Alès)</i>

Mots-clés	Modélisation de processus, automatisation de processus, BPMN
Prérequis	<ul style="list-style-type: none"> • Le cours de « Modélisation des systèmes : approches discrètes / continues pour la modélisation comportementale des systèmes » PRISM S7 • Des connaissances en modélisation au sens large sont un plus • Autonomie, curiosité, capacité d'abstraction, proactivité

Contexte et objectif général :

La simulation à événements discrets est une technique utilisée dans le cadre de l'étude de la dynamique des systèmes. Elle consiste en une modélisation informatique où le changement de l'état d'un système, au cours du temps, est une suite d'événements discrets. Chaque événement arrive à un instant donné et modifie l'état du système.

De nos jours, cette technique est couramment utilisée tant par les industries et les entreprises de services afin de concevoir, optimiser et valider leurs organisations que par les centres de recherche dans l'optique d'étudier les systèmes complexes non-linéaires.

Cette partie de ce cours de simulation s'attarde ensuite sur.

Les objectifs de ce cours sont :

- De comprendre l'intérêt de la simulation dans le contexte des systèmes industriels ;
- De comprendre le lien entre les niveaux métier et technique d'une organisation ;
- De maîtriser un langage de Modélisation et Simulation ;
- De manipuler des outils de simulation de différentes natures.

Programme et contenu :

- **4 heures de cours** Cours Modélisation Discrète.
- **3 heures de cours** Cours Modélisation Discrète, Concepts Agents et outils
- **4 heures de TD/TP** avec manipulation d'un outil de modélisation et Simulation.
- **4 heures de TP** sur un outil de modélisation et de Simulation NetLogo.
- **1 examen écrit** (1 heure).
- **1 compte rendu de TP.**

Méthode et organisation pédagogique :

- L'enseignement s'appuie principalement sur l'utilisation d'outils pour modélisation et simulation.
- Ce cours favorise l'autonomie des étudiants. Ils sont donc rapidement amenés à travailler en autonomie sur l'utilisation du langage NetLogo, des outils et la gestion de leur projet.

Les enseignements peuvent être dispensés en anglais.

<p>Acquis d'apprentissage visés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Connaître les objets principaux de modélisation à évènements discrets. • Savoir modéliser un problème métiers. • Savoir modéliser à l'aide d'un logiciel support. • Savoir analyser des résultats de simulation.
<p>Evaluation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 examen écrit (QCM + Questions ouvertes). • 1 compte rendu TP.
<p>Retour sur l'évaluation fait à l'élève :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Environ 1 semaine après l'examen écrit (les copies sont consultables jusqu'à envoi à l'administration) • Commentaires après la remise de comptes rendu de TP
<p>Support pédagogique et références :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cours Modélisation Discrète. • Cours Modélisation Discrète, Concepts Agents et outils <p>L'ensemble des documents est dématérialisé et accessible sur un site de stockage et de partage de documents.</p>

Matière 2.2 :

<i>Titre de la matière : Simulation 2 (Simulation systèmes industriels)</i>	
Code : PRISM-GITN-9.2.2	Titre du module : Modélisation et simulation des Systèmes Industriels
Semestre : S9	Cursus de rattachement : PRISM GITN

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
	24	1	12	3	8				

Titre	Simulation de flux
résumé	Cet enseignement présente dans un premier temps une notion de modélisation, puis de l'appliquer directement par le biais d'un exercice de simulation de flux

Responsable	<i>M. Clair AUGSBURGER (FlexSim Solutions Logicielles)</i>
Equipe enseignante	<i>M. Clair AUGSBURGER (FlexSim Solutions Logicielles)</i>

Mots-clés	simulation, production, logistique
Prérequis	anglais (le logiciel utilisé est en anglais)

<p>Contexte et objectif général : L'objectif de ce module est d'apprendre les concepts de base de la modélisation et simulation des systèmes logistiques et de production. Grâce à des exercices pratiques sur le logiciel de simulation FlexSim, l'étudiant apprend à construire des modèles, mesurer des indicateurs de performances sur plusieurs scénarios de simulation, et analyser les résultats statistiques.</p>
<p>Programme et contenu :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chapitre d'introduction à la simulation - Constructions de plusieurs modèles de simulation : <ol style="list-style-type: none"> a) introduire aux étapes basiques de la construction et de l'exploitation des résultats d'un modèle avec l'exemple d'une ligne de filmage de palettes b) routage par référence de pièce, usinage, contrôle, pourcentage de pièces défectueuses. Identifier le goulot d'étranglement et tester des alternatives pour le résorber. c) simuler des transports par opérateur, AGV, robot, ascenseur, transtockeur, cariste, pont roulant. Apprendre à créer une vidéo du modèle de simulation pour communiquer autour du projet d) prendre en compte les emplois du temps et les pannes - TP noté en binôme - projet noté en binôme

<p>Méthode et organisation pédagogique : Les chapitres de formation sont structurés de manière à présenter dans un premier temps une notion de modélisation, puis de l'appliquer directement par le biais d'un exercice. Les premiers exercices sont réalisés pas à pas avec l'aide du formateur. Pour les exercices suivants, le formateur présente d'abord les outils nécessaires à l'exécution de l'exercice, puis l'étudiant tente de réaliser cet exercice par lui-même, avec évidemment la possibilité de faire appel à l'aide du formateur. Après un certain temps dédié à réaliser l'exercice en autonomie, le formateur montrera la correction du modèle et synthétisera les points techniques clés de cet exercice.</p> <p>Les enseignements peuvent être dispensés en anglais.</p>
<p>Acquis d'apprentissage visés : - savoir comment la simulation de flux peut être utilisée comme outil d'aide à la décision - acquérir des bases sur un logiciel de simulation de flux (FlexSim) - savoir analyser, interpréter et présenter des résultats de simulation</p>
<p>Evaluation : TP noté en binôme + rendu de projet</p>
<p>Retour sur l'évaluation fait à l'élève : détail du barème de notation et commentaires de corrections</p>
<p>Support pédagogique et références : Support de formation mis à disposition au format pdf</p>

Méthode et organisation pédagogique

Les enseignements peuvent être dispensés en anglais.

Modalité d'évaluation

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

N° indicateur	Indicateur
1	connaître 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
SysML	Rapports TP	2	En groupe	1,2,3	Tous
<i>Simulation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • QCM + Questions ouvertes). • Compte rendu TP. • TP noté en binôme + rendu de projet 	1	Individuelle	1,	Tous
		1	Individuelle	2,3 2,3	Tous Tous
		2	en groupe		

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.

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	Téléphone	Courriel
Anne Lise Courbis	Modélisation des systèmes	04 66 78 5629	Prenom.Nom@mines-ales.fr /
Gregory Zacharewicz	Modélisation et Simulation	04 34 24 62 93	
Clair Augsburgberger	Flexsim	+33 (0) 970 406	clair.augsburger@flexsim.com

ACADEMIC TEACHING	Teaching hours	Coefficients	Credits
Industrial Systems Modeling & Simulation	56 h		
○ SysML Modelling	20	1	4
○ Simulation	36	1	

Title of Conference presenting subject matter importance and associated issues.	Speaker (name/ expertise)
50 Summers of Computer Simulation Authors : Umut Durak, Andrea D'Ambrogio, Andreas Tolk, Saikou Diallo, Gregory Zacharewicz, José L. Risco-Martín, Jacob Barhak, Ralph Coolidge Huntsinger, M. S. Raunak	Gregory Zacharewicz (General Chair de Springsim 2018 et Program Chair de SummerSim 2018)

Class 1

<i>Title of the subject : SysML : Systems Modeling Save</i>	
Code : PRISM-GITN-9.2.1	Title of the module: PRISM GITN
Semester : (S5 , S6 ...)	Home curriculum: (Common core, department, option)

Face hours	hours total	course	TD	TP	Project	controls	Personal work	Coef / module	ECTS
20	27	6	4	0	9	1	10	1	/

Title	<i>SysML : Systems Modeling Save</i>
abstract	This race deals with SysML modeling diagrams and their use to apply the System Engineering Method. The theoretical presentation of SysML is illustrated by examples and is Followed by a project to Develop That students-have in order to apply SysML was simplified system.

Responsible	<i>Anne-Lise Courbis (LGI2P)</i>
Teaching team	<i>Anne-Lise Courbis (LGI2P)</i>

Key-words	Requirement Engineering , Functional Modeling , Structural Modeling , Verification of models
Prerequisites	System Engineering (module of M1)

Context and goal: Designing complex systems requires methods and tools to apply the System Engineering Process. It implies appropriate models, languages and tools. This course aims at presenting SysML which has been defined in 2017, by the International Organization for Standardization (ISO) as an international standard for System Engineering
Program: Introduction to SysML vs UML Static and Dynamic Modeling Diagrams Applying SysML in a System Engineering Process: modeling, allocation and verification processes Project Development
Method and teaching organization: <i>The reading presents SysML from a theoretic to the point of view, illustrated by examples. Students will apply the concepts Studied through a project (Individually or by group DEPENDING on the number of students) consistent in Applying SysML for designing and verifying a simplified system.</i> Teaching is given in English for non-French speaking students.
Targeted learning outcomes: User Requirement Analysis, Modeling and Abstraction, Verification.
Evaluation: Evaluation is performed through the development of a project which is presented in a report and orally presented
Feedback on the assessment made to the student: During the oral presentation + comments on the project report (max 3 weeks after the end of the project)

Educational support and references:

Slides and documents are uploaded on the campus framework for student free access.

Class 2.1:

Title of the subject : Simulation 1

Code: PRISM-GITN-9.2.2

title of the module:

Semester: (S5, S6 ...)

Home curriculum: PRISM GITN

Face hours	hours total	course	TD	TP	Project	Testing	Personal work	Coef / module	ECTS
36	46	9	14	5	5	3	10	1	/

Title	Modeling and Simulation
abstract	This course is interested in modeling and simulation with discrete events and IT tools supporting this approach.

Responsible	<i>Gregory Zacharewicz (LGI2P - IMT Mines Alès)</i>
Teaching team	<i>Gregory Zacharewicz</i>

Key - words	Process Modeling, Process Automation, BPMN
Prerequisites	<ul style="list-style-type: none"> • The course of « Systems modeling: discrete / continuous approaches for behavioral modeling of systems " PRISM S7 • Broad modeling knowledge is a plus • Autonomy, curiosity, capacity for abstraction, proactivity

Context and general purpose:

Discrete event simulation is a technique used in the study of systems dynamics. It consists of a computer modeling where the change of the state of a system, over time, is a series of discrete events. Each event arrives at a given moment and changes the state of the system.

Nowadays, this technique is commonly used by industries and service companies to design, optimize and validate their organizations as well as research centers in order to study complex nonlinear systems.

This part of this simulation course then focuses on.

The goals of this course are:

- To understand the interest of simulation in the context of industrial systems;
- Understand the link between the business and technical levels of an organization;
- To master a language of Modeling and Simulation;
- To manipulate tools of simulation tools of different natures.

Program and content:

- **4 hours of lessons** Discrete Modeling Course.
- **3 hours of lessons** Discrete Modeling Course, Agents and Tools Concepts
- **4 hours of TD / TP** with manipulation of a modeling tool and Simulation.
- **4 hours of practice** on a NetLogo modeling and simulation tool.
- **1 written exam** (1 hour).
- **1 PC report.**

Method and educational organization:

- The teaching relies mainly on the use of tools for modeling and simulation.
- This course promotes student autonomy. They are quickly led to work independently on the use of NetLogo language, tools and project management.

Teaching is given in English for non-French speaking students.

Targeted learning outcomes:

- To know the main objects of modeling with discrete events.
- Know how to model a business problem.
- Know how to model using a support software.
- Know how to analyze simulation results.

Evaluation: <ul style="list-style-type: none"> • 1 written exam. • 1 report TP.
Feedback on the assessment made to the student: <ul style="list-style-type: none"> • About 1 week after the written exam (copies are available until sent to the administration) • Comments after the delivery of TP reports
Educational support and references: <ul style="list-style-type: none"> • Discrete Modeling Course. • Discrete Modeling Course, Agents and Tools Concepts
All documents are dematerialized and accessible on a storage and document sharing site.

Class 2.2:

<i>Title of the subject: Simulation 2 (Simulation Industrial Systems)</i>	
Code: PRISM-GITN-9.2.2	title of the module: Modeling and simulation of industrial systems
Semester: S9	Home curriculum: PRISM GITN

Face hours	hours total	course	TD	TP	Project	Testing	Personal work	Coef / module	ECTS
	24	1	12	3	8				

Title	Flow simulation
abstract	This teaching introduces a notion of modeling first, and then applies it directly through a flow simulation exercise.

Responsible	<i>Mr Clair AUGSBURGER (FlexSim Software Solutions)</i>
Teaching team	<i>Mr Clair AUGSBURGER (FlexSim Software Solutions)</i>

Key-words	simulation, production, logistics
Prerequisites	English (the software used is in English)

<p>Context and general purpose: The objective of this module is to learn the basic concepts of modeling and simulation of logistics and production systems. Through hands-on exercises on the FlexSim simulation software, the student learns to build models, measure performance indicators on several simulation scenarios, and analyze statistical results.</p>
<p>Program and content:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduction to simulation chapter - Constructions of several simulation models: <ol style="list-style-type: none"> a) introduce in the basic steps of the construction and the exploitation of the results of a model with the example of a line of filming of pallets b) routing by part reference, machining, control, percentage of defective parts. I identify the bottleneck and test alternatives to reduce it. c) simulate transport by operator, AGV, robot, elevator, stacker crane, operator, traveling crane. Learn how to create a video of the simulation model to communicate around the project d) take into account schedules and breakdowns <ul style="list-style-type: none"> - TP noted in pairs - project noted in pairs
<p>Method and educational organization:</p> <p>The training chapters are structured to present initially a concept of modeling, then to apply it directly through an exercise. The first exercises are done step by step with the help of the trainer. For the following exercises, the trainer first presents the necessary tools for the execution of the exercise, then the student tries to carry out this exercise by himself, with obviously the possibility to appeal to the help of the trainer. After a certain amount of time dedicated to the exercise in autonomy, the trainer will show the correction of the model and synthesize the key technical points of this exercise.</p> <p>Teaching is given in English for non-French speaking students.</p>

<p>Targeted learning outcomes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - find out how flow simulation can be used as a decision support tool - acquire bases on flow simulation software (FlexSim) - know how to analyze, interpret and present simulation results
<p>Evaluation: <i>TP noted in pairs + project report</i></p>
<p>Feedback on the assessment made to the student: <i>breakdown of the rating scale and comments of corrections</i></p>
<p>Educational support and references:</p> <p><i>Training support made available in pdf format</i></p>

Method and teaching organisation

Teaching is given in English for non-French speaking students.

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
SysML	Practical Class Reports	2	By group	1,2,3	All
Simulation	• Multiple Choice + Open Questions.	1	Individual	1,	All
	• Practice Class Reports.	1	Individual	2,3	All
	• Practical Class Reports in pairs + project report	2	By group	2,3	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

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 judgment).

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

Name	Field of expertise	Téléphone	Courriel
Anne Lise Courbis	Modélisation des systèmes	04 66 78 5629	Prenom.Nom@mines-ales.fr /
Gregory Zacharewicz	Modélisation et Simulation	04 34 24 62 93	
Clair Augsburgger	Flexsim	+33 (0) 970 406	clair.augsburger@flexsim.com

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 :