
Guide pédagogique

«Ingénierie Système : processus support »

Module PRISM-8.2 (5 crédits ECTS)

Place du module et enjeux

Ce module vient en complément du module 8.1 pour présenter les processus dits supports de l'IS (V&V et analyse système), les processus dits de réalisation système (Intégration, Vérification, Transition et Validation IVTV), et introduire les aspects Sécurité et Sécurité des Systèmes.

Teaching guide and syllabus

“Systems Engineering: support processes”

PRISM-8.2 (5 ECTS credits)

Subject matter importance and associated issues

This module complements the 8.1 module to present the so-called IS (V&V and system analysis) processes, the so-called system realization processes (Integration, Verification, Transition and Validation - IVTV), and to introduce the Security and Safety aspects of the systems.

Responsable : Jean-Samuel Wienin

Téléphone : +33(0)4 66 78 56 01

Courriel : jean-samuel.wienin@mines-ales.fr

| ENSEIGNEMENTS ACADEMIQUES | Volume horaire | Détail des coefficients | Crédits |
|---|-----------------------|-------------------------|---------|
| Ingénierie Système : processus support | 52 h | | |
| ○ Sûreté de fonctionnement | 16 | 1 | 5 |
| ○ Vérification, Validation et IVTV | 22 | 1 | |
| ○ Évaluation des systèmes | 14 | 1 | |

Matière 1 :

| | |
|---|--|
| Titre de la matière : Sûreté de fonctionnement | |
| Code : PRISM-8.2.1 | Titre du module : Ingénierie Système : processus support |
| Semestre : S8 | Cursus de rattachement : Département PRISM – Tronc commun |

| Heures présentiel | Heures total | Cours | TD | TP | Projet | Contrôles | Travail personnel | Coef /module | ECTS |
|-------------------|--------------|-------|----|----|--------|-----------|-------------------|--------------|------|
| 16 | 20 | 8 | 0 | 6 | 0 | 2 | 4 | 1 | / |

| | |
|---------------|---|
| Titre | Sûreté de fonctionnement |
| résumé | L'objectif de ce cours est de permettre aux élèves de comprendre, concevoir, réaliser et exploiter des systèmes assurant un service dans lequel on puisse avoir confiance. Après une introduction aux concepts de base de la sûreté de fonctionnement, diverses approches probabilistes sont abordées au travers de méthodes telles que: analyse des dangers, diagramme de succès, AMDEC, arbre des causes, réseaux de Pétri stochastiques. Des travaux pratiques permettent d'utiliser des outils tels que MOCA RP, SimTree. |

| | |
|---------------------------|---------------------|
| Responsable | Gérard Dray (CERIS) |
| Equipe enseignante | Gérard Dray (CERIS) |

| | |
|------------------|--|
| Mots-clés | Fiabilité, Maintenabilité, Sécurité, Disponibilité |
| Prérequis | Les bases des probabilités et des statistiques |

| |
|---|
| <p>Contexte et objectif général :</p> <p>La sûreté de fonctionnement (SdF) a pour objectif de répondre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'abord aux exigences de fiabilité du système particulièrement contraignantes dans les systèmes critiques (transports, espace, nucléaire...) souvent soumis à certification, - ensuite aux exigences de disponibilité, mettant en jeu des propriétés de fiabilité et de maintenabilité intrinsèques au système, mais aussi d'efficacité de son système de maintien en condition opérationnelle. Elles répondent à des attentes de qualité de service généralement sous-tendues par des impératifs économiques. <p>La sûreté de fonctionnement représente une base nécessaire pour tout ce qui concerne la sécurité dite "des personnes et des biens" dans le sens de l'innocuité du système vis-à-vis de son environnement, tant en fonctionnement normal qu'en cas de défaillance. Elle implique la maîtrise de la sécurité du système au sens de son immunité face aux menaces de son environnement. Elle nécessite une approche système (ne pas laisser de maillon faible) qui englobe l'ensemble des activités d'ingénierie système, puis, après mise en service, l'ensemble des activités d'exploitation et de maintien en condition opérationnelle, et rejoint ainsi le domaine de la maîtrise des risques systèmes.</p> |
| <p>Programme et contenu :</p> <p>Chapitre 1 : Historique</p> <p>Chapitre 2 : Principaux concepts</p> <p>Chapitre 3 : Principe de l'analyse prévisionnelle</p> <p>Chapitre 4 : Mathématiques de la sûreté de fonctionnement</p> <p>Chapitre 5 : Données de sûreté de fonctionnement</p> <p>Chapitre 6 : Analyse préliminaire des dangers</p> <p>Chapitre 7 : Méthode du diagramme de succès</p> <p>Chapitre 8 : Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)</p> <p>Chapitre 9 : Méthode de l'arbre des causes (MAC)</p> |

| |
|--|
| Méthode et organisation pédagogique : <i>Cet enseignement est organisé en 8h de cours et 6h de TP et d'un contrôle écrit de 2h</i> |
| Acquis d'apprentissage visés : Analyser et concevoir des systèmes industriels fiables |
| Évaluation : <i>Contrôle écrit 2h</i> <i>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.</i> |
| Retour sur l'évaluation fait à l'élève : Notes et commentaires |
| Support pédagogique et références : 1 Poly |

Matière 2 :

| | |
|---|--|
| Titre de la matière : Vérification, Validation et IVTV | |
| Code : PRISM-8.2.2 | Titre du module : Ingénierie Système : processus support |
| Semestre : S8 | Cursus de rattachement : Département PRISM – Tronc commun |

| Heures présentiel | Heures total | Cours | TD | TP | Projet | Contrôles | Travail personnel | Coef /module | ECTS |
|-------------------|--------------|-------|----|----|--------|-----------|-------------------|--------------|------|
| 22 | 28 | 4 | 4 | 0 | 14 | 0 | 6 | 1 | / |

| | |
|---------------|---|
| Titre | Vérification, Validation et IVTV |
| résumé | Ce cours a pour but de présenter les processus de Vérification, de Validation (méthodes usuelles et avancées pour la vérification et la validation de modèles issus de la conception et alimentant un processus de décision) et les processus dits de réalisation (IVTV). |

| | |
|---------------------------|----------------------------|
| Responsable | <i>V.Chapurlat (CERIS)</i> |
| Equipe enseignante | <i>V.Chapurlat (CERIS)</i> |

| | |
|------------------|---|
| Mots-clés | Modélisation, Vérification, Validation, Intégration, Transition, Qualification opérationnelle |
| Prérequis | Module 8.1 |

| |
|--|
| Contexte et objectif général : Ce cours se concentre sur les processus de Vérification et de Validation d'une part, puis sur les processus dits de réalisation de système (Intégration, Vérification, Transition et Validation IVTV) de la démarche d'Ingénierie Système. Les objectifs de ce cours sont multiples : <ul style="list-style-type: none"> • Découvrir, appliquer et devenir apte à manipuler les méthodes de V&V de modèles issus d'activités de conception • Développer un plan d'IVTV • Continuer l'acquisition de pratiques au travers d'un outil industriel d'IS : 3DS de Dassault Systèmes |
| Programme et contenu : <ul style="list-style-type: none"> • Les processus de V&V <ul style="list-style-type: none"> – Fondamentaux de la V&V de modèles – Méthodes et stratégies de V&V • Les processus de réalisation <ul style="list-style-type: none"> – IVTV – Plan d'IVTV – Techniques de développement d'un plan d'IVTV • Projet fil rouge : Vérification et validation de la conception proposée en fin de module 8.1 et préparation du plan d'IVTV, rédaction du CdC et conception du banc de tests pour la qualification opérationnelle du système à faire et qualification opérationnelle |
| Méthode et organisation pédagogique : Cet enseignement est décomposé de la façon suivante : <ul style="list-style-type: none"> • 8h : cours et travaux dirigés sur les techniques de V&V de modèles et la rédaction d'un plan d'IVTV |

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 14h : Projet fil rouge encadré. |
| Acquis d'apprentissage visés : <ul style="list-style-type: none"> • Manipuler le vocabulaire de la V&V et de l'IVTV • Organiser la V&V • Organiser l'IVTV • Acquérir et maîtriser des techniques de V&V de modèles |
| Evaluation : L'évaluation est réalisée au travers du projet fil rouge commun à l'enseignement de l'ingénierie système (modules 8.1 et 8.2). 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 : Commentaires sur les résultats de la V&V, le plan d'IVTV, et le plan de conception du banc de tests |
| Support pédagogique et références : Poly et documents mis à disposition en ligne, support interactif |

Matière 3 :

| | |
|--|--|
| Titre de la matière : Évaluation des Systèmes | |
| Code : PRISM-8.2.3 | Titre du module : Ingénierie Système : processus support |
| Semestre : S8 | Cursus de rattachement : Département PRISM – Tronc commun |

| Heures présentiel | Heures total | Cours | TD | TP | Projet | Contrôles | Travail personnel | Coef /module | ECTS |
|-------------------|--------------|-------|----|----|--------|-----------|-------------------|--------------|------|
| 14 | 20 | 6 | 0 | 0 | 8 | 0 | 6 | 1 | / |

| | |
|---------------|---|
| Titre | Évaluation en Ingénierie Système |
| résumé | Ce cours présente les activités génériques du processus d'évaluation et introduit différents outils d'analyse multicritère. |

| | |
|---------------------------|----------------------------|
| Responsable | Jean-Samuel WIENIN (CERIS) |
| Equipe enseignante | Jean-Samuel WIENIN (CERIS) |

| | |
|------------------|---|
| Mots-clés | Évaluation, analyse système, analyse multicritère |
| Prérequis | Bases de l'Ingénierie Système |

| |
|--|
| Contexte et objectif général : L'évaluation ou l'analyse système est un des processus support des processus techniques de l'ingénierie système. En phase de conception architecturale, ce processus permet d'une part d'estimer l'écart entre la définition de la solution et les attendus des parties prenantes et d'autre part de comparer différentes alternatives de solution. |
| Programme et contenu : <ol style="list-style-type: none"> 1) Définitions et rôle de l'évaluation en IS 2) Les différents types d'analyse système (coûts, efficacité, risques) 3) Les activités du processus d'évaluation 4) L'analyse multicritère (méthodes MAUT, AHP, TOPSIS, ELECTRE) |
| Méthode et organisation pédagogique : Les concepts sont introduits en cours et illustrés par de nombreux exemples. Une étude de cas permet aux élèves de choisir rationnellement parmi des alternatives la ou les plus satisfaisantes au regard des préférences des parties prenantes. |
| Acquis d'apprentissage visés : <ul style="list-style-type: none"> - Etre capable de déployer un processus d'évaluation en ingénierie système - Etre capable de mener une analyse multicritère parmi celles des méthodes proposées |
| Evaluation : 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 :
Le projet est encadré pendant toute sa durée.

Support pédagogique et références :
Copies des supports de cours projetés.

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 | 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 |
|----------------------------------|--------------|--------------|------------------|---------------------|-----------|
| Sûreté de fonctionnement | Devoir écrit | 1 | individuelle | 3 | Tous |
| Vérification, validation et IVTV | Rapport | 1 | En groupe | 3 | Tous |
| Évaluation en IS | Rapport | 1 | En groupe | 3 | 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.

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 |
|--------------------|-----------------------------|--|
| Jean-Samuel Wienin | IS | Jean-samuel.Wienin@mines-ales.fr |
| Vincent Chapurlat | IS | Vincent.Chapurlat@mines-ales.fr |
| Gérard Dray | Traitement de l'information | Gerard.Dray@mines-ales.fr |

| ACADEMIC TEACHING | Teaching hours | Coefficients | Credits |
|--|----------------|--------------|---------|
| System Engineering: support processes | 52h | | |
| ○ Operating reliability | 16 | 1 | 4 |
| ○ Verification, Validation and IVTV | 22 | 1 | |
| ○ System evaluation | 14 | 1 | |

Class 1

| | |
|--|---|
| Class title : Operating reliability | |
| Code : 8.2.1 | Module title : System Engineering: support processes |
| Semester : S8 | Classification : PRISM Department – Common part |

| Hours of presence | Total hours | Lectures | Workshop | Labs | Project | Testing | Personal work | Coef /module | ECTS |
|-------------------|-------------|----------|----------|------|---------|---------|---------------|--------------|------|
| 16 | 20 | 8 | 0 | 6 | 0 | 2 | 4 | 1 | / |

| | |
|----------------|---|
| Title | Operating reliability |
| Summary | The objective of this course is to enable students to understand, design, build and operate systems that provide a service in which they can have confidence. After an introduction to the basic concepts of operational safety, various probabilistic approaches are addressed through methods such as: hazard analysis, success diagram, FMECA, cause tree, stochastic petri networks. Practical work allows the use of tools such as MOCA RP, SimTree. |

| | |
|----------------------|---------------------|
| Head | Gérard Dray (CERIS) |
| Teaching team | Gérard Dray (CERIS) |

| | |
|----------------------|--|
| Key words | Reliability, Maintainability, Safety, Availability |
| Prerequisites | The basics of probability and statistics |

| |
|---|
| <p>Context and general objective: The objective of operating safety (SOF) is to respond to: - first of all, to the system reliability requirements that are particularly stringent in critical systems (transport, space, nuclear, etc.) that are often subject to certification, - Then to the availability requirements, involving properties of reliability and maintainability intrinsic to the system, but also the efficiency of its maintenance system in operational condition. They meet expectations of service quality that are generally underpinned by economic imperatives. Operational safety is a necessary basis for all aspects of the so-called "safety of people and property" in terms of the safety of the system vis-à-vis its environment, both in normal operation and in the event of failure. It involves controlling the security of the system in the sense of its immunity from threats from its environment. It requires a system approach (do not leave a weak link) that encompasses all system engineering activities, then, after commissioning, all operations and maintenance in operational condition, and thus reaches the field of system risk management.</p> |
| <p>Programme and contents: Chapter 1: History Chapter 2: Main concepts Chapter 3: Principle of predictive analysis Chapter 4: Mathematics of operational safety Chapter 5: Operating safety data Chapter 6: Preliminary Hazard Analysis Chapter 7: Success Diagram Methodology Chapter 8: Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Chapter 9: Causal Tree Method (MAC)</p> |
| <p>Method and pedagogic organisation: <i>This teaching is organised in 8 hours of classes and 6 hours of practical work and a 2-hour written test.</i></p> |
| <p>Targeted skills or knowledge : Analyze and design reliable industrial systems</p> |
| <p>Evaluation : <i>Written control 2h.</i> 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.</p> |
| <p>Feedback made to the student : Marks and comments</p> |

Teaching material and references :

1 Photocopied material

Class 2

Class title : Verification, Validation and IVTV

Code : 8.2.2

Module title : System Engineering: support processes

Semester: S8

Classification : PRISM Department – Common part

| Hours of presence | Total hours | Lectures | Workshop | Labs | Project | Testing | Personal work | Coef /module | ECTS |
|-------------------|-------------|----------|----------|------|---------|---------|---------------|--------------|------|
| 22 | 28 | 4 | 4 | 0 | 14 | 0 | 6 | 1 | / |

| | |
|----------------|---|
| Title | Verification, Validation and IVTV |
| Summary | This course aims to present the Verification, Validation processes (usual and advanced methods for the verification and validation of models resulting from the design and feeding a decision-making process) and the so-called realization processes (IVTV). |

| | |
|----------------------|---------------------|
| Head | V.Chapurlat (CERIS) |
| Teaching team | V.Chapurlat (CERIS) |

| | |
|----------------------|--|
| Key words | Modeling, Verification, Validation, Integration, Transition, Operational Qualification |
| Prerequisites | Module 8.1 |

Context and general objective:

This course focuses on the Verification and Validation processes on the one hand, and then on the so-called system implementation processes (Integration, Verification, Transition and IVTV Validation) of the System Engineering approach on the other hand.

The objectives of this course are multiple:

- Discover, apply and become able to manipulate V&V methods of models from design activities
- Develop an IVTV plan
- Continue to acquire practices through an IS industrial tool: 3DS from Dassault Systèmes

Programme and contents:

- V&V processes
 - Fundamentals of model V&V
 - V&V methods and strategies
- The implementation processes
 - IVTV
 - IVTV Plan
 - Techniques for developing an IVTV plan
- Common thread project: Verification and validation of the proposed design at the end of module 8.1 and preparation of the IVTV plan, drafting of the CdC and design of the test bench for the operational qualification of the system to be made and operational qualification

Method and pedagogic organisation:

This teaching is broken down as follows:

- 8h : course and tutorial on V&V techniques of models and writing an IVTV plan
- 14h : Supervised red thread project.

Targeted skills or knowledge :

- Manipulate the vocabulary of V&V and IVTV
- Organizing V&V
- Organize the IVTV
- Acquire and master model V&V techniques

Evaluation :

The evaluation is carried out through the project common thread in the teaching of system engineering (modules 8.1 and 8.2).

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.

Feedback made to the student : *Comments on the results of the V&V, the IVTV plan, and the test bench design plan*

Teaching material and references :

Poly and documents available online, interactive support

Class 3

| | |
|--|---|
| Class title : System evaluation | |
| Code : 8.2.3 | Module title : System Engineering: support processes |
| Semester: S8 | Classification : PRISM Department – Common part |

| Hours of presence | Total hours | Lectures | Workshop | Labs | Project | Testing | Personal work | Coef /module | ECTS |
|-------------------|-------------|----------|----------|------|---------|---------|---------------|--------------|------|
| 14 | 20 | 6 | 0 | 0 | 8 | 0 | 6 | 1 | / |

| | |
|----------------|---|
| Title | Evaluation in Systems Engineering |
| Summary | This course presents the activities of the evaluation process and introduces various multi-criteria analysis tools. |

| | |
|----------------------|-----------------------------------|
| Head | <i>Jean-Samuel WIENIN (CERIS)</i> |
| Teaching team | <i>Jean-Samuel WIENIN (CERIS)</i> |

| | |
|----------------------|---|
| Key words | Evaluation, Systems analysis, Multi-criteria analysis |
| Prerequisites | Basics of Systems Engineering |

| |
|--|
| <p>Context and general objective: System evaluation or system analysis is a process that supports the technical processes of systems engineering. In the architectural design phase, this process makes it possible on the one hand to estimate the gap between the definition of the solution and the expectations of the stakeholders, and on the other hand to compare different alternatives of solution.</p> |
| <p>Programme and contents: 1) Definitions and role of the IS evaluation 2) The different types of system analysis (costs, efficiency, risks) 3) The activities of the evaluation process 4) Multi-criteria analysis (methods MAUT, AHP, TOPSIS, ELECTRE ...)</p> |
| <p>Method and pedagogic organisation: The concepts are introduced in class and illustrated with numerous examples.</p> |
| <p>Targeted skills or knowledge:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Being able to deploy an evaluation process in system engineering - Being able to conduct a multi-criteria analysis among the proposed methods |
| <p>Evaluation: 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.</p> |
| <p>Feedback made to the student: The project is supervised throughout its duration.</p> |
| <p>Teaching material and references : Copies of the course slides</p> |

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 |
|-----------------------------------|--------------|--------------|---------------------|----------------------|----------|
| Operating reliability | Written exam | 1 | Individual | 3 | All |
| Verification, validation and IVTV | Report | 1 | In group | 3 | All |
| Evaluation in SE | Report | 1 | In group | 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 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 *(list the names of the teachers and what they teach, with contact information (phone and email))*

| (Title) Name | Field of expertise | Email/phone |
|--------------------|------------------------|--|
| Jean-Samuel WIENIN | SE | Jean-Samuel.wienin@mines-ales.fr |
| Vincent Chapurlat | SE | Vincent.chapurlat@mines-ales.fr |
| Gérard Dray | Information processing | Gerard.Dray@mines-ales.fr |

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 : |