

## Fiches modules ISC - Troisième année - 2025 - 2026

## Table des matières

<b>Modalités d'ensemble</b>		<b>3</b>
ISC_51 / sISC_71 - Humanités 4	2025 - 2026	5
ISC_61 / sISC_81 - Humanités 5	2025 - 2026	8
ISC_62 / sISC_82 - Projet d'intégration 3	2025 - 2026	11
ISC_63 / sISC_83 - Travail de bachelor	2025 - 2026	14
ISC_E51 / sISC_E53 - Ingénierie système	2025 - 2026	17
ISC_E52 / sISC_E71 - Conception en systèmes embarqués	2025 - 2026	22
ISC_E53 / sISC_E72 - Communication des systèmes embarqués	2025 - 2026	27
ISC_E61 / sISC_E81 - Systèmes embarqués intelligents	2025 - 2026	33
ISC_E62 / sISC_E82 - Pratiques métier en systèmes embarqués	2025 - 2026	38
ISC_L51 / sISC_L53 - Systèmes mobiles	2025 - 2026	43
ISC_L52 / sISC_L71 - Ingénierie logicielle	2025 - 2026	47
ISC_L53 / sISC_L72 - Intelligence et traitement de données	2025 - 2026	53
ISC_L61 / sISC_L81 - Développement logiciel en entreprise	2025 - 2026	59
ISC_L62 / sISC_L82 - Systèmes d'exploitation avancés	2025 - 2026	63
ISC_S51 / sISC_S53 - IoT et télécommunications	2025 - 2026	68
ISC_S52 / sISC_S53 - Sécurité des systèmes d'information 1	2025 - 2026	73
ISC_S53 / sISC_S72 - Sujets en sécurité	2025 - 2026	77
ISC_S54 / sISC_S71 - Sécurité des systèmes d'information 2	2025 - 2026	81
ISC_S61 / sISC_S81 - Réseaux avancés	2025 - 2026	86
ISC_S62 / sISC_S82 - Sécurité en entreprise	2025 - 2026	90

## Modalités d'ensemble

### Généralités

- Les descriptions des modules établissent les paramètres fondamentaux pour l'organisation et la conduite des cours. Ces paramètres peuvent être révisés ou actualisés chaque semestre, mais restent constants tout au long du semestre académique en cours. Tous les modules de la filière Informatique et systèmes de communication sont remédiables au sens de l'Art. 29 du Règlement sur la formation de base en HES-SO (un module est remédiable si la note du module est de 3.5).

### Règles appliquées pour les modules

- Selon les descriptifs, module par module, ainsi que le tableau des "Dépendances inter-modules", les modalités de répétition des modules de la filière Architecture sont indiquées dans l'Art. 31 du Règlement d'études des filières Bachelor de HEPIA.

### Modalités d'absences

- La participation aux cours, sous tous ses formats, est obligatoire. En cas d'absences justifiées ou injustifiées fréquentes, les sanctions seront appliquées selon le règlement et indication sur les fiches modules. Le cas échéant, l'enseignant.e pourrait ne pas attribuer de note suffisante à l'étudiant.e. Par ailleurs, la direction se réserve le droit de refuser la remédiation à l'étudiant.e.

### Modalités d'évaluation

- Sauf mention contraire explicite, les évaluations se déroulent sans matériel et/ou aide extérieure (pas d'ordinateur, ni de téléphone ou autre matériel électronique).
- La participation aux évaluations est obligatoire et tout travail doit être rendu dans les délais fixés.
- La note d'un module est le résultat du calcul d'une moyenne pondérée des notes finales des unités de cours qui composent le module. La note du module est arrondie au demi-point, sur une échelle de 1.0 à 6.0.
- Lorsqu'un module est annuel, la note du module n'est pas arrondie au semestre, mais uniquement à l'année.
- La note minimale d'une unité d'enseignement d'un module est de 2.5. Une note inférieure à 2.5 entraîne l'échec du module.
- Si un module est un prérequis pour un autre module au sens du tableau des "Dépendances inter-modules", il est nécessaire d'avoir une note d'au moins 2.5 dans chacune des unités d'enseignement du module prérequis.

### Utilisation d'une IA

- Pour rappel, toute évaluation est réalisée individuellement et sans aide extérieure de quelque nature que ce soit.

- 
- L'étudiant.e ayant à maîtriser seul.e les compétences attendues, le recours à toute forme d'intelligence artificielle (IA), ordinateur, téléphone, objet connecté, support d'information ou aide extérieure est proscrit, sauf indication explicite figurant dans la consigne de travail.
  - Lorsque l'utilisation d'une IA est autorisée, elle doit être signalée de manière explicite en lien avec la partie du travail qui en a bénéficié et la nature de son usage précisé : traitement de données, génération de texte, résumé, synthèse documentaire, correction de tournures et syntaxe, génération ou adaptation d'image. Dans tous les cas, l'étudiant.e porte seul.e la responsabilité de tous les éléments produits.
  - Dans le cadre de rendus de travaux et/ou rapports, il est impératif de respecter scrupuleusement l'intégrité académique en citant l'ensemble des sources utilisées. Toute utilisation d'une IA doit être clairement mentionnée par "contenu généré par une IA". De même, tout tableau, diagramme et visuel créé à l'aide d'une IA doit également comporter la mention "contenu généré par une IA". L'étudiant.e doit être particulièrement vigilant.e concernant la question du plagiat en traitant l'intégration de contenu généré par une IA de la même manière que l'insertion d'un texte provenant d'une autre source.
  - Toute fraude sera punie conformément aux règlements en vigueur.

**ISC\_51 / sISC\_71 - Humanités 4****2025 - 2026****Filière : Informatique et systèmes de communication**

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

**Informations module ISC\_51 (2 ECTS)**

Type de formation	<input checked="" type="checkbox"/>	Bachelor	<input type="checkbox"/>	Master	
Type de module	<input checked="" type="checkbox"/>	Obligatoire	<input type="checkbox"/>	A choix	<input type="checkbox"/> Additionnel
Niveau du module	<input checked="" type="checkbox"/>	Niveau basique	<input type="checkbox"/>	Niveau intermédiaire	
	<input type="checkbox"/>	Niveau avancé	<input type="checkbox"/>	Niveau spécialisé	

Langue : Français    Semestre de référence : S5    Responsable du module : **M. Jérémy Gobet**

**Objectifs d'apprentissage**

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Présenter de manière convaincante son projet de semestre
- Faire une étude de faisabilité et une étude de marché
- Monter un business plan
- Défendre le projet devant un public d'entrepreneurs

**Unités de cours**

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Gestion de projet 3 – ISC_511	32p	

Une période d'enseignement est de 45 min.

**Répartition horaire**

Enseignement	24 heures	(taux d'encadrement de 40%)
Travail autonome	36 heures	
Total	60 heures	équivalent à 2 ECTS

---

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

$$\text{ISC}_{511} = 100\%$$

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_511 - Gestion de projet 3

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Présenter de manière convaincante son projet de semestre
- Faire une étude de faisabilité et une étude de marché
- Monter un business plan
- Défendre le projet devant un public d'entrepreneurs

### Contenus

- Théorie du pitch en cours, validation de l'idée du projet
- Pitch devant les professeurs du cours
- Etude de marché et business plan
- Montage d'un business plan en groupes
- Pitch business plan en groupe devant les professeur.e.s du cours

### Répartition horaire

Enseignement	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	36	heures	
Total	60	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre.  
Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Aucune

## ISC\_61 / sISC\_81 - Humanités 5

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_61 (2 ECTS)

Type de formation  Bachelor  Master  
 Type de module  Obligatoire  A choix  Additionnel  
 Niveau du module  Niveau basique  Niveau intermédiaire  
 Niveau avancé  Niveau spécialisé

Langue : Français Semestre de référence : S6 Responsable du module : **M. Thomas Perrot**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Rédiger un rapport selon les normes professionnelles en vigueur
- Maîtriser les techniques de présentation orale avec diaporama

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Communication – ISC_611		33p

Une période d'enseignement est de 45 min.

### Répartition horaire

Enseignement 25 heures (taux d'encadrement de 40%)  
 Travail autonome 35 heures  
 Total 60 heures équivalent à 2 ECTS

---

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

$$\text{ISC}_{611} = 100\%$$

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_611 - Communication

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Rédiger un rapport selon les normes professionnelles en vigueur
- Maîtriser les techniques de présentation orale avec diaporama

### Contenus

Avec en ligne de mire le projet de bachelor, cet enseignement consiste à accompagner les étudiant.e.s dans la préparation du rapport et de la défense de leur projet de semestre de manière à ce que leurs rendus atteignent une qualité professionnelle. L'accompagnement comprend en particulier un volet sur les normes typographiques et bibliographiques, un volet sur la maîtrise des outils d'édition de textes, et un volet sur les techniques de présentation orale avec diaporama.

### Répartition horaire

Enseignement	25	heures	(33 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	35	heures	
Total	60	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Aucune

## ISC\_62 / sISC\_82 - Projet d'intégration 3

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_62 (4 ECTS)

Type de formation	<input checked="" type="checkbox"/>	Bachelor	<input type="checkbox"/>	Master	
Type de module	<input checked="" type="checkbox"/>	Obligatoire	<input type="checkbox"/>	A choix	<input type="checkbox"/> Additionnel
Niveau du module	<input checked="" type="checkbox"/>	Niveau basique	<input type="checkbox"/>	Niveau intermédiaire	
	<input type="checkbox"/>	Niveau avancé	<input type="checkbox"/>	Niveau spécialisé	

Langue : Français    Semestre de référence : S6    Responsable du module : **M. Paul Albuquerque**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Traiter un problème d'ingénieur d'une complexité moyenne
- Proposer des solutions techniques et constructives résultant notamment d'une approche scientifique et économique menée de manière systématique
- Mettre en évidence l'acquisition de ses connaissances professionnelles par l'utilisation adéquate des moyens graphiques de représentation
- Démontrer ses aptitudes à organiser son travail et gérer le temps mis à disposition
- Mettre en valeur ses compétences lors de la présentation orale de son travail et par les réponses apportées aux questions des experts

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Projet de semestre – ISC_621		

Une période d'enseignement est de 45 min.

---

## Répartition horaire

Enseignement	0	heures	(taux d'encadrement de 0%)
Travail autonome	120	heures	
Total	120	heures	équivalent à 4 ECTS

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

$$\text{ISC}_{621} = 100\%$$

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_621 - Projet de semestre

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Traiter un problème d'ingénieur.e d'une complexité moyenne
- Proposer des solutions techniques et constructives résultant notamment d'une approche scientifique et économique menée de manière systématique
- Mettre en évidence l'acquisition de ses connaissances professionnelles par l'utilisation adéquate des moyens graphiques de représentation
- Démontrer ses aptitudes à organiser son travail et gérer le temps mis à disposition
- Mettre en valeur ses compétences lors de la présentation orale de son travail et par les réponses apportées aux questions des expert.e.s

### Contenus

Chaque étudiant.e reçoit un sujet individuel. Les modalités du séminaire sont transmises à l'étudiant.e conjointement à la remise de son projet. Les modalités sont adaptées chaque année en fonction des sujets retenus.

### Répartition horaire

Enseignement	0	heures	(0 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	120	heures	
Total	120	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)    Frontal participatif    Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Aucune

## ISC\_63 / sISC\_83 - Travail de bachelor

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_63 (15 ECTS)

Type de formation  Bachelor  Master  
 Type de module  Obligatoire  A choix  Additionnel  
 Niveau du module  Niveau basique  Niveau intermédiaire  
 Niveau avancé  Niveau spécialisé

Langue : Français Semestre de référence : S6 Responsable du module : **M. Paul Albuquerque**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Traiter un projet de complexité moyenne
- Opérer et défendre ses choix
- Démontrer son aptitude à gérer le temps
- Mettre en évidence ses compétences par la présentation orale et par les réponses aux questions des experts issus des milieux professionnels
- Développer de l'autonomie dans l'analyse et la présentation de résultats

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Projet de bachelor – ISC_631		

Une période d'enseignement est de 45 min.

### Répartition horaire

Enseignement 0 heures (taux d'encadrement de 0%)  
 Travail autonome 450 heures  
 Total 450 heures équivalent à 15 ECTS

---

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

$$\text{ISC}_{631} = 100\%$$

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_63 - Projet de bachelor

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Traiter un problème d'ingénieur-e d'une complexité moyenne
- Développer des solutions techniques et constructives résultant notamment d'une approche scientifique
- Mettre en évidence les connaissances professionnelles acquises par une utilisation adéquate des moyens graphiques de représentation
- Démontrer ses aptitudes à organiser son travail et gérer le temps mis à disposition
- Mettre en valeur ses compétences lors de la présentation orale de son travail et par les réponses apportées aux questions des experts

### Contenus

- Chaque étudiant reçoit un sujet individuel.
- Les modalités du travail de Bachelor sont transmises à l'étudiant conjointement à la remise de son projet. Les modalités sont adaptées chaque année en fonction des sujets retenus.
- Un calendrier fixant les différentes échéances est distribué en démarrage du projet.
- Les projets doivent en principe être pris dans les domaines de l'orientation de l'étudiant.

### Répartition horaire

Enseignement	0	heures	(0 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	450	heures	
Total	450	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)    Frontal participatif    Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Le projet de Bachelor est évalué sur la base d'une défense orale devant un panel d'expert.e.s, du travail réalisé et du mémoire. Un rendu intermédiaire sous la forme d'une version préliminaire du mémoire est demandé à mi-projet. Ce rendu détermine l'aptitude à poursuivre le travail.

Les modalités d'évaluation et les pondérations des différentes parties sont communiquées en début de projet avec le calendrier du déroulement.

### Références bibliographiques

- Les anciens travaux de Bachelor sont accessibles en <https://gradechelor.hesge.ch>.

**ISC\_E51 / sISC\_E53 - Ingénierie système****2025 - 2026****Filière : Informatique et systèmes de communication**

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

**Informations module ISC\_E51 (7 ECTS)**

Type de formation	<input checked="" type="checkbox"/> Bachelor	<input type="checkbox"/> Master
Type de module	<input checked="" type="checkbox"/> Obligatoire	<input type="checkbox"/> A choix <input type="checkbox"/> Additionnel
Niveau du module	<input type="checkbox"/> Niveau basique	<input checked="" type="checkbox"/> Niveau intermédiaire
	<input type="checkbox"/> Niveau avancé	<input type="checkbox"/> Niveau spécialisé

Langue : Français    Semestre de référence : S5    Responsable du module : **Mme Florent Glück**

**Objectifs d'apprentissage**

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Connaître de manière approfondie les concepts clés d'un système d'exploitation et de l'architecture PC
- Concevoir et développer, depuis zéro, un système d'exploitation simple
- Connaître le fonctionnement approfondi d'un hyperviseur
- Utiliser KVM pour développer un hyperviseur simple, exposant des périphériques émulés et paravirtualisés
- Maîtriser les mécanismes de cache dans les conteneurs
- Réaliser de l'intégration continue à l'aide de conteneurs

**Unités de cours**

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Virtualisation avancée – ISC_E511	48p	
Programmation système avancée – ISC_E512	64p	

Une période d'enseignement est de 45 min.

---

## Répartition horaire

Enseignement	84	heures	(taux d'encadrement de 40%)
Travail autonome	126	heures	
Total	210	heures	équivalent à 7 ECTS

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC\_E511 = 45%

ISC\_E512 = 55%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_E511 - Virtualisation avancée

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Connaître le fonctionnement approfondi d'un hyperviseur
- Développer un hyperviseur simple comprenant des périphériques émulés et paravirtualisés
- Programmer l'API KVM du noyau Linux pour réaliser un hyperviseur et une machine virtuelle
- Maîtriser les mécanismes de cache dans les conteneurs
- Réaliser de l'intégration continue à l'aide de conteneurs

### Contenus

- Rappel sur la virtualisation de plateforme
- API KVM
- Utilisation de KVM pour implémenter un hyperviseur à partir de zéro
- Paravirtualisation de périphériques à l'aide d'hypercalls
- Émulation de périphériques par le biais de machines d'état
- Analyse de performance
- Injection d'interruptions matérielles dans le guest
- Mécanismes de cache dans les conteneurs
- Intégration continue avec les conteneurs

Les supports de cours utilisés sont en anglais.

### Répartition horaire

Enseignement	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	58	heures	
Total	94	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [X] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre.

Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- "Virtual Machine Monitors" from "Operating Systems : Three Easy Pieces", Remzi H. et Andrea C. Arpaci-Dusseau, Arpaci-Dusseau Books
- Hardware and Software Support for Virtualization, E. Bugnion, J. Nieh, D. Tsafir, Morgan & Claypool Publishers, 2017
- Virtual Machines : Versatile Platforms for Systems and Processes, J. Smith, R. Nair, Morgan Kaufmann, 2005
- Understanding Full Virtualization, Paravirtualization, and Hardware Assist, VMWare White Paper, 2007

- 
- KVM API reference : <https://www.kernel.org/doc/html/latest/virt/kvm/api.html>
  - Using the KVM API : <https://lwn.net/Articles/658511/>

---

## Unité d'enseignement : ISC\_E512 - Programmation système avancée

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Comprendre de manière approfondie les concepts clés d'un système d'exploitation
- Obtenir une meilleure compréhension de l'architecture PC
- Concevoir et développer, depuis zéro, un système d'exploitation simple pour architecture x86

### Contenus

- Processus de boot et bootloader
- Programmation graphique de base
- Virtualisation de la mémoire et protection mémoire
- Programmation de périphériques
- Interruptions et exceptions
- Tâches et appels système
- Librairie système et tâches utilisateur

Les supports de cours utilisés sont en anglais.

### Répartition horaire

Enseignement	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	68	heures	
Total	116	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [X] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Remzi H. et Andrea C. Arpaci-Dusseau. Operating Systems : Three Easy Pieces. Arpaci-Dusseau Books, 2014.
- A. Silberschatz, P. B. Galvin, G. Gagne. Operating System Concepts (9th Edition), 2014.
- Thomas W. Doeppner. Operating Systems in Depth, Wiley, 2010.
- A. Tanenbaum. Modern Operating Systems (3rd Edition), 2008.
- <http://wiki.osdev.org/>

**ISC\_E52 / sISC\_E71 - Conception en systèmes embarqués****2025 - 2026****Filière : Informatique et systèmes de communication**

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

**Informations module ISC\_E52 (10 ECTS)**

Type de formation  Bachelor  Master  
 Type de module  Obligatoire  A choix  Additionnel  
 Niveau du module  Niveau basique  Niveau intermédiaire  
 Niveau avancé  Niveau spécialisé

Langue : Français Semestre de référence : S5 Responsable du module : **M. Andrés Upegui**

**Objectifs d'apprentissage**

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Comprendre les technologies System on Chip (SoC) basés sur des FPGA et microcontrôleurs.
- Concevoir et réaliser des systèmes synchrones complexes (basés sur des compteurs, machines d'états, etc) et de les simuler en VHDL
- Concevoir, réaliser et tester des interfaces programmables pour SOC sur FPGA
- Concevoir, réaliser et tester un système complet sur FPGA
- Analyser un cahier des charges et effectuer son développement, sa réalisation et son test pour un système basé sur un SoC et des interfaces.
- Réaliser un circuit imprimé (outils Altium), faire fabriquer le prototype sur machine à graver, monter les composants smd et les souder
- Effectuer les tests sur le système réalisé

**Unités de cours**

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Conception sur FPGA en VHDL – ISC_E521	80p	
Conception systèmes hardware – ISC_E522	80p	

Une période d'enseignement est de 45 min.

---

## Répartition horaire

Enseignement	120	heures	(taux d'encadrement de 40%)
Travail autonome	180	heures	
Total	300	heures	équivalent à 10 ECTS

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC\_E521 = 50%

ISC\_E522 = 50%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_E521 - Conception sur FPGA en VHDL

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Connaître et comprendre les architectures des circuits numériques reconfigurables.
- Décrire une architecture numérique à l'aide du langage VHDL
- Concevoir de systèmes numériques complexes composés de plusieurs sous-systèmes.
- Mettre en place et programmer un SoPC (System on Programmable Chip) composé de un processeur, des interfaces programmable simples, et des mémoires simples.
- Concevoir des interfaces programmables simples.
- Comprendre des notions numériques avancées appliquées à l'architecture des processeurs tels que pipeline, mémoire cache, parallélisation d'instructions (superscalaire, VLIW), architectures multi-coeur.

### Contenus

- Architecture des dispositifs numériques reconfigurables (FPGA, CPLD, PLD, ...)
- Langage de description matériel VHDL
  - Systèmes combinatoires
  - Systèmes synchrones
  - Conception hiérarchique
- Conception des bandes de test (testbench)
- SoPC (System on Programmable Chip)
  - Architecture et organisation du système
  - Modèle de registres d'une interface programmable
- Conception d'interfaces programmables
- Architecture avancée des processeurs :
  - Pipeline
  - Architectures superscalaires
  - Architectures VLIW
  - Mémoires cache
  - Processeurs multi-coeur

### Répartition horaire

Enseignement	60	heures	(80 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	90	heures	
Total	150	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [ ] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

---

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Introduction to Digital Design Using Digilent FPGA Boards, R. E. Haskell & D. M. Hanna, LBE Books, Rochester Hills, MI

---

## Unité d'enseignement : ISC\_E522 - Conception systèmes hardware

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de : \* Concevoir un circuit basé autour d'un micro-contrôleur \* Réaliser les schémas et le layout de ce système pour permettre la fabrication d'un circuit imprimé \* Monter les composants de type smd sur le circuit \* Prévoir les tests et les réaliser pour vérifier le bon fonctionnement du système \* Réaliser une application programmée sur le module comme démonstrateur

### Contenus

- Apprentissage des outils de CAO Altium pour :
  - L'utilisation et la création de librairie de composants, schématique et layout
  - Réaliser des schémas électroniques
  - Réaliser le layout du circuit imprimé
  - Générer les fichiers pour la fabrication et le montage des circuits imprimés
- Travail en groupe pour la conception du système à réaliser
- Fabrication du circuit par gravure
- Montage des circuits, principalement en technologie smd
- Réalisation des tests de la carte
- Réalisation d'une démonstration du système

### Répartition horaire

Enseignement	60	heures	(80 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	90	heures	
Total	150	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Aucune

## ISC\_E53 / sISC\_E72 - Communication des systèmes embarqués 2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_E53 (8 ECTS)

Type de formation  Bachelor  Master  
 Type de module  Obligatoire  A choix  Additionnel  
 Niveau du module  Niveau basique  Niveau intermédiaire  
 Niveau avancé  Niveau spécialisé

Langue : Français Semestre de référence : S5 Responsable du module : **Mme. Delphine Bechevet**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Choisir la bande de fréquence adéquate pour une communication sans-fil adaptée aux besoins
- Être critique sur l'impact des SRDs (Short Range Devices) sur différents sujets de sociétés
- Réaliser une transmission de données en Bluetooth Low Energy et de type socket sur un réseau WIFI
- Mettre en oeuvre une communication LoRA / LoraWAN et Nb-IOT
- Concevoir, analyser, réaliser et tester une antenne pour systèmes embarqués

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Objets communicants – ISC_E531	36p	
Programmation des systèmes sans fils – ISC_E532	64p	
Analyse et conception d'antennes – ISC_E533	36p	

Une période d'enseignement est de 45 min.

---

## Répartition horaire

Enseignement	102	heures	(taux d'encadrement de 43%)
Travail autonome	138	heures	
Total	240	heures	équivalent à 8 ECTS

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC_E531	=	30%
ISC_E532	=	40%
ISC_E533	=	30%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_E531 - Objets communicants

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Choisir la bande de fréquence adéquate pour une communication sans-fil adaptée aux besoins
- Analyser si un module acheté dans le commerce respecte les normes en vigueur
- Être critique sur l'impact des SRDs (Short Range Devices) sur différents sujets de sociétés

### Contenus

- Présentation des différentes normes et règles du jeu lors de déploiement de objets communicants (SRD)
  - ETSI
  - ITU
  - IEEE
  - FCC, etc.
- RFID vs. BLE
  - HF, UHF
  - Orientation innovation
  - Mise en place d'une application utilisant la RFID
  - Tests
  - Développement du sens critique (débats scientifique)

### Répartition horaire

Enseignement	27	heures	(36 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	45	heures	
Total	72	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [X] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- RFID en Ultra et Supra Haute Fréquences – Théorie et Mise en œuvre, D.Paret, Dunod, 2008
- Applications en identification radiofréquence et cartes à puces sans contact, D.Paret, Dunod, 2003
- ITU-standards
- ETSI-standards
- OFCOM
- ARCEP

---

## Unité d'enseignement : ISC\_E532 - Programmation des systèmes sans fils

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Mettre en oeuvre une transmission de données Bluetooth de type SPP, HID à partir d'une carte électronique programmable et un terminal bluetooth générique, ou entre 2 cartes électroniques programmables
- Réaliser une transmission de données en Bluetooth Low Energy (BLE) et de type socket (TCP ou UDP) sur un réseau WIFI
- Mettre en oeuvre une communication LoRA / LoraWAN et Nb-IOT via un module LTE-M

### Contenus

- Description et utilisation d'une méthodologie de mise en oeuvre, quelque soit le type de transmission à réaliser
- Etude détaillée des modules RF permettant de réaliser la transmission de donnée demandée (Datasheet, interface de communication microcontrôleur, identification des registres de contrôle, d'état et de données, précautions d'emploi RF)
- Programmation d'un microcontrôleur à architecture ARM permettant de piloter les modules RF à mettre en oeuvre

### Répartition horaire

Enseignement	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	48	heures	
Total	96	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [X] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Lea Perry. Internet of Things for Architects. January 2018. Publisher : Packt Publishing. ISBN : 9781788470599. <https://www.oreilly.com/library/view/internet-of-things/9781788470599/>
- Muhammad Usama bin Aftab. Building Bluetooth Low Energy Systems. April 2017. Publisher : Packt Publishing. ISBN : 9781786461087. <https://www.oreilly.com/library/view/building-bluetooth-low/9781786461087/>
- Madhur Bhargava. IoT Projects with Bluetooth Low Energy. August 2017. Publisher : Packt Publishing. ISBN : 9781788399449. <https://www.oreilly.com/library/view/iot-projects-with/9781788399449/>
- Robin Heydon. Bluetooth Low Energy : The Developer's Handbook. October 2012. Publisher : Pearson. ISBN : 9780132888394. <https://www.oreilly.com/library/view/bluetooth-low-energy/9780132888394/>
- Kevin Townsend, Carles Cufí, Akiba, Robert Davidson. Getting Started with Bluetooth Low Energy. May 2014. Publisher : O'Reilly Media, Inc. ISBN : 9781491949511. <https://www.oreilly.com/library/view/getting-started-with/9781491949511/>
- Ayman ElNashar, Mohamed A. El-Saidny. Practical Guide to LTE-A, VoLTE and IoT. August 2018. Publisher : Wiley. ISBN : 9781119063308. <https://www.oreilly.com/library/view/practical-guide-to/9781119063308/>

- 
- Edward Insam. TCP/IP Embedded Internet Applications. September 2003. Publisher : Newnes. ISBN : 9780080474557. <https://www.oreilly.com/library/view/tcpip-embedded-internet/9780750657358/>
  - Jean-Philippe Vasseur, Adam Dunkels Interconnecting Smart Objects with IP. July 2010. Publisher : Morgan Kaufmann. ISBN : 9780123751669. <https://www.oreilly.com/library/view/interconnecting-smart-objects/9780123751652/>
  - Brian Amos. Hands-On RTOS with Microcontrollers. May 2020. Publisher : Packt Publishing. ISBN : 9781838826734. <https://www.oreilly.com/library/view/hands-on-rtos-with/9781838826734/>
  - Jim Ledin. Architecting High-Performance Embedded Systems. February 2021. Publisher : Packt Publishing. ISBN : 9781789955965. <https://www.oreilly.com/library/view/architecting-high-performance-embedded/9781789955965/>
  - Aditya Gupta The IoT Hacker's Handbook : A Practical Guide to Hacking the Internet of Things. March 2019. Publisher : Apress. ISBN : 9781484243008. <https://www.oreilly.com/library/view/the-iot-hackers/9781484243008/>
  - Jean-Georges Valle. Practical Hardware Pentesting. April 2021. Publisher : Packt Publishing. ISBN : 9781789619133. <https://www.oreilly.com/library/view/practical-hardware-pentesting/9781789619133/>

---

## Unité d'enseignement : ISC\_E533 - Analyse et conception d'antennes

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Concevoir et analyser une antenne pour systèmes embarqués
- Réaliser et tester une antenne pour systèmes embarqués

### Contenus

- Apprentissage d'une méthode de réalisation d'antennes pour systèmes embarqués
  - Théorie
  - Conception
  - Simulation
  - Réalisation
  - Tests

### Répartition horaire

Enseignement	27	heures	(36 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	45	heures	
Total	72	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Cours de Physique de Feynman, Electromagnétisme 1, InterEditions, 1979
- Cours de Physique de Feynman, Electromagnétisme 1, InterEditions, 1979
- Antenna theory - Analysis and Design, Constantine A.Balanis, Wiley, 2005

## ISC\_E61 / sISC\_E81 - Systèmes embarqués intelligents

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_E61 (5 ECTS)

Type de formation	<input checked="" type="checkbox"/>	Bachelor	<input type="checkbox"/>	Master	
Type de module	<input checked="" type="checkbox"/>	Obligatoire	<input type="checkbox"/>	A choix	<input type="checkbox"/> Additionnel
Niveau du module	<input type="checkbox"/>	Niveau basique	<input checked="" type="checkbox"/>	Niveau intermédiaire	
	<input type="checkbox"/>	Niveau avancé	<input type="checkbox"/>	Niveau spécialisé	

Langue : Français    Semestre de référence : S6    Responsable du module : **M. Andres Upegui**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Comprendre l'architecture et l'utilisation des réseaux de neurones artificiels (ANN)
- Implémenter une application basée sur des ANN dans un système embarqué
- Comprendre les mécanismes de virtualisation et containerisation
- Déployer et gérer un ensemble de machines virtuelles ou containers

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
IA & Smart Devices – ISC_E611		33p
Sécurité IoT – ISC_E612		50p

Une période d'enseignement est de 45 min.

### Répartition horaire

Enseignement	62	heures	(taux d'encadrement de 41%)
Travail autonome	58	heures	
Total	150	heures	équivalent à 5 ECTS

---

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC\_E611 = 40%

ISC\_E612 = 60%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_E611 - IA & Smart Devices

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Comprendre l'architecture et l'utilisation des réseaux de neurones artificiels (ANN)
- Entraîner un ANN
- Implémenter une application basée sur des ANN dans un système embarqué

### Contenus

- Adéquation et visualisation de données
- Apprentissage, test, et validation
- Perceptron
- Perceptron multicouches
- Réseaux de neurones convolutionnels
- Contraintes lors du déploiement dans un système embarqué
- Deep Learning
- Architectures matériel dédiées pour des ANNs
- Frameworks pour ANNs embarquées

### Répartition horaire

Enseignement	25	heures	(33 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	35	heures	
Total	60	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Aucune

---

## Unité d'enseignement : ISC\_E612 - Sécurité IoT

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e aura acquis une culture de la sécurité des systèmes électroniques de l'Internet des Objets (IOT) et devra être capable de :

- Découvrir un système électronique communicant et de le décrire sous la forme d'un schéma bloc
- Identifier les menaces et vulnérabilités inhérentes aux systèmes électroniques connectés entrant dans l'écosystème de l'IOT (capteurs, actionneurs, plateformes d'intermédiation, etc)
- Mettre en oeuvre une ou plusieurs techniques d'attaque
- Proposer le cas échéant des contre-mesures adaptées

### Contenus

- Concepts et vocabulaire de la sécurité matérielle
- Description de systèmes électroniques
- Description de vulnérabilités et menaces
- Découvertes de techniques d'attaques matérielles (non exhaustif)
  - Attaque par canaux cachés
  - Analyse simple, différentielle ou corrélée de la consommation électrique
  - Attaque par injection
  - Analyse électromagnétique/son
  - Attaque JTAG
  - Botnets

### Répartition horaire

Enseignement	38	heures	(50 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	52	heures	
Total	90	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [X] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL. IEEE Xplore : <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=6488907>
- Sécurité matérielle des systèmes : Vulnérabilités des processeurs. Editions DUNOD ISBN 978-2-10-079529-1
- Cybersecurity : Livre blanc INRIA. <https://www.inria.fr/fr/livre-blanc-inria-cybersecurite>

- 
- Cyber-Physical Systems Security : A Survey. IEEE DOI : 10.1109/JIOT.2017.2703172
  - Physical-Layer Security of 5G Wireless Networks for IoT : Challenges and Opportunities. IEEE DOI :10.1109/JIOT.2019.2927379
  - A Comprehensive Survey on Internet of Things (IoT) : Toward 5G Wireless Systems. IEEE DOI : 10.1109/JIOT.2019.2948888
  - IoT : Internet of Threats ? A Survey of Practical Security Vulnerabilities in Real IoT Devices. IEEE DOI : 10.1109/JIOT.2019.2935189

**ISC\_E62 / sISC\_E82 - Pratiques métier en systèmes embarqués 2025 - 2026****Filière : Informatique et systèmes de communication**

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

**Informations module ISC\_E62 (7 ECTS)**

Type de formation  Bachelor  Master  
 Type de module  Obligatoire  A choix  Additionnel  
 Niveau du module  Niveau basique  Niveau intermédiaire  
 Niveau avancé  Niveau spécialisé

Langue : Français Semestre de référence : S6 Responsable du module : **Mme Delphine Bechevet**

**Objectifs d'apprentissage**

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- concevoir, développer et réaliser un système informatique matériel
- développer un système sur FPGA avec un processeur "softcore" et des interfaces spécialisés spécifiquement développés
- montrer ses connaissances en industrialisation de systèmes embarqués

**Unités de cours**

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Projet en systèmes embarqués – ISC_E621		40p
Projet sur FPGA – ISC_E622		40p
Industrialisation d'un système embarqué – ISC_E623		44p

*Une période d'enseignement est de 45 min.*

**Répartition horaire**

Enseignement 93 heures (taux d'encadrement de 44%)  
 Travail autonome 117 heures  
 Total 210 heures équivalent à 7 ECTS

---

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC_E621	=	30%
ISC_E622	=	35%
ISC_E623	=	35%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_E621 - Projet en systèmes embarqués

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Réaliser un petit système embarqué de la conception des schémas à la réalisation du circuit imprimé
- Montage des circuits sur une machine automatique Pick & Place
- Test des circuits
- Mise en oeuvre des outils de développement pour micro-contrôleur pour réaliser les tests de base de la carte réalisée

### Contenus

- Ce cours fait suite à l'apprentissage des outils de conception et réalisation d'un circuit imprimé
- Il est réalisé sous la forme de cours intégré à la pratique
- Un cahier des charges est donné aux étudiant.e.s comprenant la réalisation d'un circuit avec au minimum :
  - un micro-contrôleur,
  - de la mémoire de sauvetage de données
  - d'un système de communication
  - un capteur spécifique au choix, par exemple de mesure d'O<sub>2</sub>, de température et l'étudiant.e devra réaliser une petite station météo
- la conception est à réaliser en cherchant dans les datasheet des fabricants
- le schéma est conçu et dessiné
- le layout est réalisé
- le circuit est préparé pour l'envoi en fabrication
- la carte est montée et testée
- une petite application de démonstration est développée, généralement en C

### Répartition horaire

Enseignement	30	heures	(40 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	42	heures	
Total	63	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)    Frontal participatif    Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Chacune des phases est évaluée et participe à la note finale. Une présentation orale du travail est effectuée en fin de semestre. Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Aucune

---

## Unité d'enseignement : ISC\_E622 - Projet sur FPGA

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Analyser, développer et réaliser une application sur FPGA

### Contenus

Sur un système comprenant une carte FPGA, l'étudiant.e devra développer une application en VHDL avec un micro-processeur embarqué (softcore ou hardcore) et des interfaces répondant à une application spécifique.

### Répartition horaire

Enseignement	30	heures	(40 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	43	heures	
Total	73	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)    Frontal participatif    Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Aucune

---

## Unité d'enseignement : ISC\_E623 - Industrialisation d'un système embarqué –

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

Déterminer des choix pour réaliser un système matériel en respectant des critères de :

- performances,
- consommation,
- prix,
- disponibilité des composants,
- possibilité de fabrication,
- possibilité de tests
- optimisation d'un code,
- cycle de vie d'un produit (mises à jour),
- sécurité du firmware.

### Contenus

Ce cours est complémentaire aux 2 autres cours de ce module. Principalement sur le projet de systèmes embarqués où la partie technique est principalement développée. Dans ce cours une analyse de l'industrialisation possible sera effectuée avec des recherches de fabricants en Suisse ou à l'étranger, des conditions de quantités pour l'approvisionnement des composants et de leur coût. La phase de la fabrication et des coûts des tests y sont également abordés

### Répartition horaire

Enseignement	33	heures	(44 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	41	heures	
Total	74	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Aucune

## ISC\_L51 / sISC\_L53 - Systèmes mobiles

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_L51 (6 ECTS)

Type de formation  Bachelor  Master  
 Type de module  Obligatoire  A choix  Additionnel  
 Niveau du module  Niveau basique  Niveau intermédiaire  
 Niveau avancé  Niveau spécialisé

Langue : Français Semestre de référence : S5 Responsable du module : **M. Stéphane Malandain**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Développer des applications pour Android en java ou kotlin
- Comprendre les contraintes matérielles inhérentes à ce type de device et savoir réaliser des interfaces graphiques adaptées
- Connaître les spécificités et fonctions avancées des smartphones et tablettes
- Comprendre les mécanismes de virtualisation et containerisation
- Déployer et gérer un ensemble de machines virtuelles ou containers

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Développement mobile – ISC_L511	48p	
Virtualisation avancée – ISC_L512	48p	

Une période d'enseignement est de 45 min.

### Répartition horaire

Enseignement 72 heures (taux d'encadrement de 40%)  
 Travail autonome 108 heures  
 Total 180 heures équivalent à 6 ECTS

---

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC\_L511 = 50%

ISC\_L512 = 50%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_L511 - Développement mobile

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Développer des applications pour Android en kotlin avec Android Studio comme IDE
- Comprendre les contraintes matérielles inhérentes à ce type de device et savoir réaliser des interfaces graphiques adaptées
- Connaître les spécificités et fonctions avancées des smartphones et tablettes

### Contenus

- Programmation en Kotlin pour android (Activities, Service, Content providers, Intents, Broadcast receivers)
- Notions de design d'interfaces liées au support (Smartphones et tablettes)
- Les architectures composants
- Jetpack Compose

### Répartition horaire

Enseignement	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	54	heures	
Total	90	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- L'art du développement Android, Grant Allen, Pearson éducation, 2012.
- Android 4 : Les fondamentaux du développement d'applications Java, Nazim Benbourahla, ENI, 2012.
- Android 4 : Développement d'applications avancées, Reto Meier, Person Education, 2012.
- Développez pour Android, Cyril Mottier et Ludovic Perrier, 2011.

---

## Unité d'enseignement : ISC\_L512 - Virtualisation avancée

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Comprendre les mécanismes de virtualisation et containerisation
- Choisir la meilleure technologie pour un cas donné
- Déployer et gérer un ensemble de machines virtuelles ou containers

### Contenus

- Concepts théoriques de la virtualisation
- Virtualisation de plateforme
- L'émulateur/hyperviseur QEMU/KVM
- Virtualisation de stockage avec LVM
- Concepts théoriques des containers
- Containers LXC, Docker
- Vision globale de la virtualisation

### Répartition horaire

Enseignement	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	54	heures	
Total	90	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)    Frontal participatif    Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- J. E. Smith, R. Nair, Virtual Machines, Elsevier, 2005.
- H. Chiramal, P. Mukhedkar, A. Vettathu, Mastering KVM Virtualization, Packt publishing, 2016.
- J. Nickoloff, Docker in Action, Manning, 2016.

## ISC\_L52 / sISC\_L71 - Ingénierie logicielle

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_L52 (11 ECTS)

Type de formation	<input checked="" type="checkbox"/>	Bachelor	<input type="checkbox"/>	Master	
Type de module	<input checked="" type="checkbox"/>	Obligatoire	<input type="checkbox"/>	A choix	<input type="checkbox"/> Additionnel
Niveau du module	<input type="checkbox"/>	Niveau basique	<input checked="" type="checkbox"/>	Niveau intermédiaire	
	<input type="checkbox"/>	Niveau avancé	<input type="checkbox"/>	Niveau spécialisé	

Langue : Français    Semestre de référence : S5    Responsable du module : **M. Nabil Abdennadher**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Identifier les phases, activités, objectifs et rendus dans un processus de développement logiciel
- Choisir un processus/méthodologie de développements logiciels appropriés à ses besoins
- S'intégrer dans une équipe de développement et appliquer un processus de développement donné
- Utiliser les infrastructures Cloud et la technologie container
- Choisir la "technologie" et l'infrastructure appropriée (container, Cloud) en fonction de ses besoins
- Evaluer la pertinence du concept de la distribution pour résoudre un problème donné
- Choisir le type de l'algorithme distribué à concevoir, le "paradigme de programmation" et la technologie adéquate pour une application distribuée
- Concevoir et développer des services Web et proposer la structure logicielle adéquate

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Génie logiciel – ISC_L521	64p	
Déploiement et Cloud – ISC_L522	64p	
Systèmes distribuées – ISC_L523	48p	

Une période d'enseignement est de 45 min.

---

## Répartition horaire

Enseignement	132	heures	(taux d'encadrement de 40%)
Travail autonome	198	heures	
Total	330	heures	équivalent à 11 ECTS

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC_L521	=	35%
ISC_L522	=	35%
ISC_L523	=	30%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_L521 - Génie logiciel

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Identifier les différentes phases et activités dans un processus de développement logiciel
- Identifier les objectifs et les rendus des différentes phases d'un développement logiciel
- Connaître et/ou maîtriser les outils CASE nécessaires au développement logiciel
- Choisir un processus/méthodologie de développements logiciels appropriés à ses besoins
- S'intégrer dans une équipe de développement et appliquer un processus de développement donné

### Contenus

- Introduction au Génie Logiciel
- Les phases de développement logiciel
- Processus de développement classiques / Itératifs / Agiles
- Ingénierie des besoins
- Conception architecturale et détaillée
- Réalisation de projet de développement logiciel
- Les outils de développement : Maquettage, Forges, outils de test, outils SCRUM

### Répartition horaire

Enseignement	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	67	heures	
Total	115	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Roger S. Pressman. Software Engineering : A Practitioner's Approach. McGraw-Hill Higher International, 7th or 8th Edition
- Software Engineering 9 : <http://fs.host.cs.st-andrews.ac.uk/Books/SE9/index.html>
- Software Engineering Textbook : [http://www.ece.rutgers.edu/~marsic/books/SE/book-SE\\_marsic.pdf](http://www.ece.rutgers.edu/~marsic/books/SE/book-SE_marsic.pdf)

---

## Unité d'enseignement : ISC\_L522 - Déploiement et Cloud

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Utiliser les infrastructures Cloud (Infrastructure as a Service : IaaS)
- Choisir l'infrastructure Cloud la mieux adaptée à ses besoins
- Sécuriser les instances Cloud
- Utiliser la technologie container
- Choisir la "technologie" appropriée (container, Cloud) en fonction de ses besoins

### Contenus

- OpenStack
- Azure
- Amazon

La mise en oeuvre du contenu est faite en lien avec le projet de génie logiciel.

### Répartition horaire

Enseignement	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	68	heures	
Total	116	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [X] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Aucune

---

## Unité d'enseignement : ISC\_L523 - Systèmes distribués

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Reconnaître s'il doit (ou non) utiliser le concept de la distribution pour résoudre un problème donné
- Choisir le type de l'algorithme distribué à concevoir : synchrone ou asynchrone, centralisé ou décentralisé, etc
- Choisir le "paradigme de programmation" et la technologie adéquate pour le développement de son application distribuée
- Concevoir et développer des services Web de type RPC et systèmes de messages
- Choisir et implémenter les algorithmes essentiels au systèmes distribués

### Contenus

Partie théorique : les algorithmes distribués de base.

- Convergecast
- Broadcast
- Construction d'arbres de recouvrement
- Parcours de réseaux ou de graphes
- Algorithmes d'élection dans les systèmes distribués
- Algorithmes de recherche de contenus dans les systèmes pair-à-pair

Ces algorithmes sont étudiés dans un contexte général : le réseau cible peut-être un réseau informatique, un réseau télécom ou un réseau de noeuds mobiles et/ou embarqués.

Partie pratique : outils de développement.

- Programmation en Go
- Sockets (rappel)
- gRPC

La majorité des supports de cours utilisés sont en anglais.

### Répartition horaire

Enseignement	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	63	heures	
Total	99	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

L'utilisation d'IA ou de matériel non autorisé lors des évaluations est considéré comme de la fraude.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

---

## Références bibliographiques

- Valmir C. Barbosa. An introduction to Distributed Algorithms. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 1996.
- Georges Coulouris and all. Distributed Systems, concepts and design, Pearson Education Limited, 2011.
- Andrew S. Tanenbaum, Maarten van Steen. Distributed systems : Principles and Paradigms. Prentice Hall, 2006.
- Michel Raynal. Distributed Algorithms for Message-Passing Systems. Springer, 2013.

## ISC\_L53 / sISC\_L72 - Intelligence et traitement de données

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_L53 (8 ECTS)

Type de formation  Bachelor  Master  
 Type de module  Obligatoire  A choix  Additionnel  
 Niveau du module  Niveau basique  Niveau intermédiaire  
 Niveau avancé  Niveau spécialisé

Langue : Français Semestre de référence : S5 Responsable du module : **M. Guido Bologna**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Comprendre le contexte d'application du Machine Learning
- Résoudre des problèmes pratiques de classification/régression de données
- Connaître les principes de l'apprentissage supervisé et non-supervisé
- Utiliser un modèle de réseau convolutionnel
- Connaître et comprendre quelques techniques d'optimisation importantes et maîtriser leur application

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
IA et Machine Learning – ISC_L531	65p	
Méthodes d'optimisation – ISC_L532	64p	

Une période d'enseignement est de 45 min.

### Répartition horaire

Enseignement 96 heures (taux d'encadrement de 40%)  
 Travail autonome 144 heures  
 Total 240 heures équivalent à 8 ECTS

---

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC\_L531 = 55%

ISC\_L532 = 45%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_L531 - IA et Machine Learning

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Déterminer si un problème doit être abordé algorithmiquement ou par Machine Learning
- Résoudre des problèmes pratiques de classification/régression de données
- Configurer correctement un modèle d'apprentissage
- Comprendre le principe de descente du gradient pour l'apprentissage supervisé
- Utiliser un modèle de réseau convolutionnel

### Contenus

- Introduction à la fouille des données (« Data Mining »)
- Mesure de performance des modèles
- Distances et Clustering
- Apprentissage supervisé
  - Plus proche voisin
  - Arbres de décision
  - Classifieur Bayésien, régression linéaire et logistique
  - Perceptron
  - Perceptron multi-couches
  - Support Vector Machines (SVM)
- Les ensembles de modèles
- Les réseaux convolutionnels

### Répartition horaire

Enseignement	48	heures	(65 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	84	heures	
Total	132	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [X] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Bishop CM. Neural Networks for Pattern Recognition. New York : Oxford University Press, 1995.
- Hastie T, Tibshirani R, Friedman JH. The Elements of Statistical Learning : Data mining, Inference, and Prediction. New York : Springer Verlag, 2001.

- 
- Haykin S. Neural Networks : A Comprehensive Foundation. New York : Macmillan College Publishing, 1994.
  - Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. Deep learning. MIT press, 2016.
  - Hertz J, Krogh A, Palmer RG, Horner H. Introduction to the theory of neural computation. Redwood City, CA : Addison-Wesley, 1991.

---

## Unité d'enseignement : ISC\_L532 - Méthodes d'optimisation

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Connaître et comprendre quelques techniques d'optimisation importantes
- Résoudre des problèmes pratiques
- Connaître les notions théoriques utiles à la mise en œuvre de chaque méthode

### Contenus

Les méthodes d'optimisation sont des outils indispensables pour l'ingénieur-e. Leur champ d'application s'étend de la finance à l'ingénierie en passant par les sciences pures. Ces techniques permettent souvent d'obtenir une bonne solution en un temps raisonnable à des problèmes complexes tels que l'extraction de connaissances à partir d'une base de données (data mining) ou l'optimisation combinatoire.

- Modélisation d'un problème d'optimisation
- Programmation linéaire et en nombres entiers
- Recherche locale et recherche globale
- Recherche aléatoire (méthode de Monte-Carlo)
- Algorithme du simplexe de Nelder-Mead
- Méthode du recuit simulé
- Méthode de recherche tabou
- Algorithmes génétiques
- Algorithmes de fourmis

### Répartition horaire

Enseignement	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	60	heures	
Total	108	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [X] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- J. Dréo, A. Pétrowski, P. Siarry et E. Taillard, Métaheuristiques pour l'optimisation difficile, Eyrolles 2003.
- R. Faure, B. Lemaire et C. Picouleau. Précis de recherche opérationnelle : méthodes et exercices d'application, 5ème édition, Dunod, 2000.
- G. Sierksma, Linear and Integer Programming : Theory and Practice, 2nd edition, CRC Press, 2002.

- 
- D. de Werra, T. M. Liebling et J.-F. Hêche, Recherche opérationnelle pour ingénieurs, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2003.

**ISC\_L61 / sISC\_L81 - Développement logiciel en entreprise****2025 - 2026****Filière : Informatique et systèmes de communication**

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

**Informations module ISC\_L61 (5 ECTS)**

Type de formation  Bachelor  Master  
 Type de module  Obligatoire  A choix  Additionnel  
 Niveau du module  Niveau basique  Niveau intermédiaire  
 Niveau avancé  Niveau spécialisé

Langue : Français Semestre de référence : S6 Responsable du module : **M. Stéphane Malandain**

**Objectifs d'apprentissage**

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Choisir un processus de développement adapté à un projet donné
- Sélectionner les pratiques métiers appropriées et les mettre en place au sein d'un groupe
- Réaliser un projet complet en groupe en adoptant les techniques génie logiciel et gestion de projet adéquates
- Connaître les paradigmes de programmation fonctionnelle et orienté-objet
- Utiliser une approche fonctionnelle et orientée-objet pour modéliser et résoudre un problème

**Unités de cours**

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Pratiques métiers en développement logiciel – ISC_L611		50p
Programmation fonctionnelle – ISC_L612		33p

Une période d'enseignement est de 45 min.

**Répartition horaire**

Enseignement 62 heures (taux d'encadrement de 41%)  
 Travail autonome 88 heures  
 Total 150 heures équivalent à 5 ECTS

---

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC\_L611 = 60%

ISC\_L612 = 40%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_L611 - Pratiques métiers en développement logiciel

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Choisir un processus de développement adapté à un projet donné
- Sélectionner les pratiques métiers appropriées
- Mettre en place les pratiques métier pour un fonctionnement en groupe
- Réaliser un projet de A à Z en groupe et en adoptant les techniques Génie Logiciel et Gestion de projet adéquates

### Contenus

- Ce cours est basé sur un projet pratique dans lequel les étudiants travaillent en groupe et appliquent toutes les techniques et pratiques vues dans le reste des cours, essentiellement les cours d'ingénierie OO, de Génie Logiciel et de Gestion de projet.
- Les projets peuvent être proposés par nos partenaires industriels ou nos équipes de recherche interne.
- Durant ce cours, le focus est mis sur la réalisation et de déploiement.

### Répartition horaire

Enseignement	38	heures	(50 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	52	heures	
Total	90	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)    Frontal participatif    Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (Projet, présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Roger S. Pressman. Software Engineering : A Practitioner's Approach. McGraw-Hill Higher International, 7th or 8th Edition
- Software Engineering 9 : <http://ifs.host.cs.st-andrews.ac.uk/Books/SE9/index.html>
- Software Engineering Textbook : [http://www.ece.rutgers.edu/~marsic/books/SE/book-SE\\_marsic.pdf](http://www.ece.rutgers.edu/~marsic/books/SE/book-SE_marsic.pdf)

---

## Unité d'enseignement : ISC\_L612 - Programmation fonctionnelle

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Maîtriser la syntaxe de base du langage Scala
- Expliquer les paradigmes de programmation fonctionnelle et orienté-objet
- Utiliser la programmation fonctionnelle pour résoudre un problème
- Modéliser un problème en utilisant la programmation orientée-objet

### Contenus

- Langage Scala
- Programmation fonctionnelle
- Fonctions lambda
- Manipulation fonctionnelle de collections
- Principes de la programmation orientée-objet
- Introduction aux patrons de conception (design patterns)

### Répartition horaire

Enseignement	25	heures	(33 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	35	heures	
Total	60	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Programming in Scala, 3rd ed., Martin Odersky et al., Artima, 2016.
- Scala for the Impatient, 2nd ed, Cay Horstmann, Addison-Wesley, 2016.
- Functional Programming in Scala, Paul Chiusano and Runar Bjarnason, Manning, 2014.
- Design Patterns, Erich Gamma et Al. Addison-Wesley, 1994

## ISC\_L62 / sISC\_L82 - Systèmes d'exploitation avancés

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_L62 (7 ECTS)

Type de formation	<input checked="" type="checkbox"/>	Bachelor	<input type="checkbox"/>	Master	
Type de module	<input checked="" type="checkbox"/>	Obligatoire	<input type="checkbox"/>	A choix	<input type="checkbox"/> Additionnel
Niveau du module	<input type="checkbox"/>	Niveau basique	<input checked="" type="checkbox"/>	Niveau intermédiaire	
	<input type="checkbox"/>	Niveau avancé	<input type="checkbox"/>	Niveau spécialisé	

Langue : Français    Semestre de référence : S6    Responsable du module : **M. Florent Glück**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Connaître les problématiques et les modèles de calcul liées à la mise en oeuvre du parallélisme
- Programmer des algorithmes parallèles
- Comprendre les concepts clés d'un système d'exploitation
- Concevoir et développer des applications système

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Calcul haute performance – ISC_L621		60p
Programmation système avancée – ISC_L622		66p

Une période d'enseignement est de 45 min.

### Répartition horaire

Enseignement	95	heures	(taux d'encadrement de 45%)
Travail autonome	115	heures	
Total	210	heures	équivalent à 7 ECTS

---

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC\_L621 = 50%

ISC\_L622 = 50%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_L621 - Calcul haute performance

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Connaître les problématiques liées à la mise en oeuvre du parallélisme (communications interprocesseurs, déséquilibre de charge, synchronisation, algorithmique,...)
- Connaître les problématiques liées au Big Data
- Connaître les modèles de calcul parallèle sur cluster, sur carte graphique (GPU) et MapReduce
- Programmer des algorithmes parallèles sur cluster et sur GPU
- Effectuer une analyse de complexité d'un algorithme parallèle (établir les formules de speedup, efficacité, scalabilité)
- Effectuer des mesures de performances sur cluster
- Programmer des algorithmes de Big Data

### Contenus

- Notions de parallélisme
- Gain et limitations de performances (complexité, speedup, efficacité, scalabilité)
- Réseaux d'interconnexion statiques et fonctions de communications
- Algorithmes parallèles (tris, multiplication matricielle, ...)
- Cartes graphiques (GPU) et modèle de programmation
- Quelques applications simples sur GPU (fractales, automates cellulaires)
- Introduction au Big Data
- Modèle MapReduce
- Algorithmes Big Data (classification, régression, correspondance par similarité, ...)

### Répartition horaire

Enseignement	45	heures	(60 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	60	heures	
Total	105	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)    Frontal participatif    Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Vipin Kumar, Ananth Grama, Anshul Gupta, and George Karypis. Introduction to Parallel Computing : Design and Analysis of Algorithms. 2nd edition, Addison Wesley, 2003.

- 
- Barry Wilkinson and Michael Allen. Parallel Programming : Techniques and Applications using Networked Workstations and Parallel Computers. Prentice Hall Inc, New Jersey, 1999.
  - Ian Foster. Designing and Building Parallel Programs. AddisonWesley, 1995.
  - Aaftab MunsAhi, Benedict Gaster, Timothy G. Mattson , James Fung, Dan Ginsburg. OpenCL Programming Guide. 1st edition, AddisonWesley, 2011.
  - Matthew Scarpino. OpenCL in Action : How to Accelerate Graphics and Computations. Manning Publications, 2011
  - David R. Kaeli, Perhaad Mistry, Dana Schaa, Dong P. Zhang. Heterogeneous Computing with OpenCL 2.0. 3rd Edition. Morgan Kaufmann, 2015.
  - Davy Cielen, Arno Meysman, and Mohamed Ali. Introducing Data Science : Big Data, Machine Learning, and More, Using Python Tools. 1st edition, Manning Publications, 2016.
  - Arshdeep Bahga and Vijay Madisetti. Big Data Science & Analytics : A HandsOn Approach. 1st edition, [www.handsonbooksseries.com/bigdata.html](http://www.handsonbooksseries.com/bigdata.html), 2016.
  - KuanChing Li, Hai Jiang, Laurence T. Yang, and Alfredo Cuzzocrea. Big Data : Algorithms, Analytics, and Applications. 1st edition, Chapman and Hall/CRC, 2015.

---

## Unité d'enseignement : ISC\_L622 - Programmation système avancée

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Comprendre de manière approfondie les concepts clés d'un système d'exploitation
- Obtenir une meilleure compréhension de l'architecture PC
- Concevoir et développer des applications système

### Contenus

- Processus de compilation
- Interruptions et exceptions
- Systèmes de fichiers
- Mode noyau et mode utilisateur, appels systèmes

### Répartition horaire

Enseignement	50	heures	(66 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	55	heures	
Total	105	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre.

Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

## ISC\_S51 / sISC\_S53 - IoT et télécommunications

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_S51 (5 ECTS)

Type de formation  Bachelor  Master  
 Type de module  Obligatoire  A choix  Additionnel  
 Niveau du module  Niveau basique  Niveau intermédiaire  
 Niveau avancé  Niveau spécialisé

Langue : Français Semestre de référence : S5 Responsable du module : **M. Tewfiq EI-Maliki**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Choisir le protocole de communication et la bande de fréquence pour une communication adaptée aux besoins
- Concevoir réaliser et tester une antenne pour systèmes embarqués
- Analyser une situation de communication donnée et si un module du commerce respecte les normes en vigueur
- Être critique sur l'impact des SRDs (Short Range Devices) sur différents sujets de sociétés

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Services et applications de télécoms – ISC_S511	48p	
Objets communicants – ISC_S512	36p	

Une période d'enseignement est de 45 min.

### Répartition horaire

Enseignement 63 heures (taux d'encadrement de 42%)  
 Travail autonome 87 heures  
 Total 150 heures équivalent à 5 ECTS

---

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC\_S511 = 60%

ISC\_S512 = 40%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S511 - Services et applications de télécoms

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Choisir et proposer le protocole de communication adapté aux besoins d'un système de télécommunications
- Tester une antenne pour des systèmes sans fil en fonction des exigences techniques
- Dimensionner et analyser une file d'attente pour évaluer les performances d'un réseau ou d'un système.

### Contenus

1. Introduction aux bases de la transmission sans fil et mobile :
  - Principes fondamentaux de la transmission radio
  - Concepts de propagation des ondes dans les réseaux mobiles
2. Réseaux sans fil avancés :
  - Architectures de réseaux modernes
  - Modèles de communication et topologies de réseaux sans fil
  - Introduction aux communications satellitaires (GEO, MEO, LEO, Starlink, TCP/IP over QUIC etc...)
3. Protocoles de sécurité dans les réseaux mobiles :
  - Protocoles d'authentification et de sécurisation des communications : RADIUS, Diameter, SCTP
  - Sécurité dans les réseaux WiFi : protocole EAP, protection des données
4. Choix et tests d'antennes :
  - Mesures et tests de performances d'antennes pour les systèmes sans fil
  - Choix d'antennes adaptées aux réseaux modernes
5. Évaluation des performances des réseaux :
  - Utilisation de la chaîne de Markov pour la modélisation des files d'attente
  - Analyse des performances des files d'attentes simples et multi-serveurs

### Répartition horaire

Enseignement	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	54	heures	
Total	90	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- ITU-standards / ETSI-standards

- 
- OFCOM
  - ARCEP
  - Le cours de Systèmes des télécommunications, Traité d'électricité PPR, EPFL
  - Le cours de Physique de Feynman, Electromagnétisme 1, InterEditions, 1979
  - Foundations of Antenna Theory and Techniques, Vincent F.Fusco, Pearson education Limited, 2005
  - Antenna theory - Analysis and Design, Constantine A.Balanis, Wiley, 2005

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S512 - Objets communicants

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Choisir la bande de fréquence adéquate pour une communication sans-fil adaptée aux besoins
- Analyser si un module acheté dans le commerce respecte les normes en vigueur
- Être critique sur l'impact des SRDs (Short Range Devices) sur différents sujets de sociétés

### Contenus

- Présentation des différentes normes et règles du jeu lors de déploiement de objets communicants (SRD)
  - ETSI
  - ITU
  - IEEE
  - FCC, etc.
- RFID vs. BLE
  - HF, UHF
  - Orientation innovation
  - Mise en place d'une application utilisant la RFID
  - Tests
  - Développement du sens critique (débat scientifique)

### Répartition horaire

Enseignement	27	heures	(36 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	33	heures	
Total	60	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [X] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- RFID en Ultra et Supra Haute Fréquences - Théorie et Mise en œuvre, D.Paret, Dunod, 2008
- Applications en identification radiofréquence et cartes à puces sans contact, D.Paret, Dunod, 2003
- ITU-standards
- ETSI-standards
- OFCOM
- ARCEP

## ISC\_S52 / sISC\_S53 - Sécurité des systèmes d'information 1

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_S52 (6 ECTS)

Type de formation	<input checked="" type="checkbox"/>	Bachelor	<input type="checkbox"/>	Master		
Type de module	<input checked="" type="checkbox"/>	Obligatoire	<input type="checkbox"/>	A choix	<input type="checkbox"/>	Additionnel
Niveau du module	<input type="checkbox"/>	Niveau basique	<input checked="" type="checkbox"/>	Niveau intermédiaire		
	<input type="checkbox"/>	Niveau avancé	<input type="checkbox"/>	Niveau spécialisé		

Langue : Français    Semestre de référence : S5    Responsable du module : **Mme Noria Foukia**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Connaître les principes de gestion et protection mémoire
- Connaître le fonctionnement du système des permissions dans un OS
- Améliorer la sécurité d'un OS de base
- Surveiller le bon fonctionnement de l'OS et déceler des attaques
- Distinguer les problématiques de sécurité liées à la sécurité de systèmes virtualisés vs. non-virtualisés, et décrire les problèmes sous-jacents
- Connaître les différentes architectures des infrastructures virtuelles ainsi que leur impact sur la sécurité informatique
- Savoir mettre en oeuvre une politique de sécurité dans un système d'exploitation virtualisé
- Comprendre le fonctionnement théorique des techniques de virtualisation de réseaux

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Sécurité des systèmes d'exploitation – ISC_S521	48p	
Virtualisation et sécurité – ISC_S522	48p	

Une période d'enseignement est de 45 min.

---

## Répartition horaire

Enseignement	72	heures	(taux d'encadrement de 40%)
Travail autonome	108	heures	
Total	180	heures	équivalent à 6 ECTS

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC\_S521 = 50%

ISC\_S522 = 50%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S521 - Sécurité des systèmes d'exploitation

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Connaître et comprendre les mécanismes de sécurité de base d'un OS
- Installer et configurer de façon plus sûre les OS
- Accéder de façon sécurisée à un OS

### Contenus

- Sécurité hors OS
- Démarrage de l'OS
- Authentification, sécurité des mots de passe
- Unix/Linux, bases, système de fichiers, permissions, ACLs
- Unix/Linux élévation de privilèges, sudoers
- Linux processus, manipulations, droits
- Fichiers journaux, NTP
- Notifications sur le système de fichiers : inotify
- Modules d'authentification enfichables (PAMs)
- Authentification multifacteurs
- Aperçu d'un pare-feu de l'OS
- Accès sécurisés, furtifs

### Répartition horaire

Enseignement	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	54	heures	
Total	90	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Hyperliens dans les diapositives.

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S525 - Virtualisation et sécurité

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Distinguer les problématiques de sécurité liées à la sécurité de systèmes virtualisés de celles liées aux systèmes non virtualisés.
- Décrire les problèmes sous-jacents à la virtualisation de ressources et à la sécurité (isolation mémoire, répartition de ressources, stockage)
- Connaître quelques architectures des infrastructures virtuelles ainsi que leur impact sur la sécurité informatique.
- Savoir mettre en oeuvre une politique de sécurité dans environnement virtualisé (Machines/Réseaux/Stockage).
- Décrire les structures de données systèmes et réseau qui permettent d'effectuer les opérations classiques d'AAA.
- Comprendre les problématiques de sécurité liés à la virtualisation basés sur les conteneurs.
- Comprendre le fonctionnement théorique des techniques de virtualisation de réseaux (VLAN/VRF/VPN/SDN)

### Contenus

- Introduction à la virtualisation et ses problèmes spécifiques de sécurité.
- Plateformes de gestion de ressources virtuelles (Proxmox/Libvirt).
- Sécurité et virtualisation dans les systèmes d'exploitation.
- Sécurité et virtualisation dans les réseaux.
- Problématiques de sécurité liés aux conteneurs.
- Qubes OS, Whonix et Xen : architecture système, réseaux et mise en pratique.

### Répartition horaire

Enseignement	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	54	heures	
Total	90	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [X] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Tal Garfinkel et Al, "When Virtual is Harder than Real : Security Challenges in Virtual Machine Based Computing Environments", HotOS 2005, Santa Fe, New Mexico, USA
- Tal Garfinkel et Al "What virtualization can do for security", Usenix Login, Décembre 2007, numéro 6
- The Definitive Guide to the Xen Hypervisor, Prentice Hall, David Chisnail
- Qubes OS architecture documentation <https://www.qubes-os.org/doc/>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Whonix>

## ISC\_S53 / sISC\_S72 - Sujets en sécurité

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_S53 (8 ECTS)

Type de formation	<input checked="" type="checkbox"/>	Bachelor	<input type="checkbox"/>	Master	
Type de module	<input checked="" type="checkbox"/>	Obligatoire	<input type="checkbox"/>	A choix	<input type="checkbox"/> Additionnel
Niveau du module	<input type="checkbox"/>	Niveau basique	<input checked="" type="checkbox"/>	Niveau intermédiaire	
	<input type="checkbox"/>	Niveau avancé	<input type="checkbox"/>	Niveau spécialisé	

Langue : Français    Semestre de référence : S5    Responsable du module : **M. Lionel Brocard**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Connaître des aspects de la science forensique numérique (digital forensics) et les questions de traces numériques
- Appréhender la notion de trace, en particulier numérique, dans un environnement litigieux ou criminel
- Utiliser certains outils dédiés de science forensique numérique
- Effectuer une démarche d'évaluation et de gestion des risques rencontrés en entreprise, notamment de leur système d'information
- Gérer de façon théorique un parc informatique (PC) sous l'angle de l'analyse des risques
- Utiliser les outils d'analyses pertinents

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Forensics – ISC_S532	64p	
Evaluation et gestion des risques – ISC_S533	64p	

Une période d'enseignement est de 45 min.

---

## Répartition horaire

Enseignement	96	heures	(taux d'encadrement de 40%)
Travail autonome	144	heures	
Total	240	heures	équivalent à 8 ECTS

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC\_S532 = 50%

ISC\_S533 = 50%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S532 - Forensics

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Connaître les aspects principaux de la science forensique numérique (digital forensics)
- Appréhender la notion de trace, en particulier numérique, dans un environnement litigieux ou criminel
- Identifier les supports de traces numériques pertinents dans un contexte d'enquête
- Connaître quelques techniques de prélèvement de traces numériques
- Utiliser certains outils dédiés de science forensique numérique
- Produire un rapport d'investigation technique

### Contenus

- Introduction au prélèvement de traces numériques
- Utilisation d'outils dédiés à la science forensique numérique pour prélever des traces numériques
- En particulier, extraction d'une image disque pour différents systèmes d'exploitation
- Introduction à la récupération des données supprimées (carving) de divers systèmes de fichiers
- Production d'un rapport d'investigation technique numérique selon l'état de l'art

### Répartition horaire

Enseignement	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	72	heures	
Total	120	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- ENFSI Guidelines, [https://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/m1\\_guideline.pdf](https://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/m1_guideline.pdf)

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S533 - Evaluation et gestion des risques

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Effectuer une démarche d'évaluation et de gestion des risques rencontrés en entreprise
- Appliquer cette démarche aux systèmes d'information
- Associer différents outils de gestion
- Utiliser les outils d'analyses pertinents

### Contenus

- Méthodologie d'identification et d'évaluation des risques
- Étude de stratégies et méthodologie de gestion des risques
- Analyse de risques pratiques
- Gestion théorique d'un parc informatique (PC) sous l'angle de l'analyse des risques

### Répartition horaire

Enseignement	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	72	heures	
Total	120	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Darsa J-D (2016), La gestion des risques en entreprise : identifier, comprendre, maîtriser. 4e éd. Le Mans : Gereso éditions

## ISC\_S54 / sISC\_S71 - Sécurité des systèmes d'information 2

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_S54 (6 ECTS)

Type de formation	<input checked="" type="checkbox"/>	Bachelor	<input type="checkbox"/>	Master	
Type de module	<input checked="" type="checkbox"/>	Obligatoire	<input type="checkbox"/>	A choix	<input type="checkbox"/> Additionnel
Niveau du module	<input type="checkbox"/>	Niveau basique	<input checked="" type="checkbox"/>	Niveau intermédiaire	
	<input type="checkbox"/>	Niveau avancé	<input type="checkbox"/>	Niveau spécialisé	

Langue : Français    Semestre de référence : S5    Responsable du module : **Mme Noria Foukia**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Connaître les concepts fondamentaux de la confiance numérique : de l'identity management à l'e-réputation
- Savoir définir une politique de gestion de la réputation en ligne d'une entité et des outils associés
- Connaître comment la gestion de la réputation en ligne s'intègre dans le trust management
- Estimer et classer les divers risques que peut subir une infrastructure informatique
- Evaluer l'impact d'une perte de données stockées sur des medias physiques ou virtuels
- Connaître les méthodes et limites des technologies d'archivages de longues durées
- Se renseigner sur les diverses réglementations relative aux stockage des données et de la sphère privée

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Identité numérique et e-réputation – ISC_S541	48p	
Audit des systèmes d'information – ISC_S542	48p	

Une période d'enseignement est de 45 min.

---

## Répartition horaire

Enseignement	72	heures	(taux d'encadrement de 40%)
Travail autonome	108	heures	
Total	180	heures	équivalent à 6 ECTS

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC\_S541 = 50%

ISC\_S542 = 50%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S541 - Identité numérique et e-réputation

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Connaître les concepts fondamentaux de la confiance numérique : de l'identity management à l'e-réputation
- Connaître les différentes étapes de la gestion de la réputation en ligne
- Savoir définir une politique de gestion de la réputation en ligne d'une entité
- Savoir mettre en place les meilleurs outils pour gérer au mieux la réputation en ligne d'une entité
- Connaître comment la gestion de la réputation en ligne s'intègre dans le trust management

### Contenus

De plus en plus de personnes, marques et entreprises sont conscientes qu'elles peuvent avoir une certaine réputation sur le Web comme dans le monde réel à cause des nombreuses informations qu'elles, leurs clients ou leurs amis laissent sur le Web. Elles veulent surtout voir si des informations n'entachent pas leur réputation. Or il est difficile de surveiller ces informations sans utiliser des outils de gestion de réputation en ligne. De plus, la gestion de la réputation en ligne ne s'arrête pas qu'à la surveillance. En effet, la gestion de la réputation comprend aussi l'analyse de ses sources agissant sur la réputation d'une entité et la mise en place d'actions pour avoir une influence sur ses sources et la réputation de cette entité.

Ce cours, en plus de donner un tour d'horizon de ces différentes étapes de la gestion de la réputation en ligne, permet de prendre en main les différents outils existant, gratuits ou payants, pour la gestion de la réputation en ligne. Enfin, à cause d'une couche technique d'identité numérique plus ou moins fiable, différentes attaques sont possibles. Ces attaques sont présentées ainsi que leurs mitigations potentielles.

- Concepts fondamentaux de l'identité et de la réputation
- Historique de l'identité numérique à l'e-réputation
- Choisir une politique de gestion d'e-réputation
- Surveiller l'e-réputation en choisissant l'outil de veille le plus adapté
- Influencer l'e-réputation
- De la réputation en ligne au trust management
- Moteurs de confiance en ligne et calculs d'e-réputation résistant aux attaques

### Répartition horaire

Enseignement	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	54	heures	
Total	90	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)    Frontal participatif    Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

---

## Références bibliographiques

- J.-M. Seigneur. e-Reputation and Online Reputation Management Survey. Book chapter in Computer and Information Security Handbook. Third Edition, Morgan Kauffman, Elsevier, ISBN : 978-0-12-803843-7, 2017.
- T. El Maliki and J.-M. Seigneur. Identity and User Management. Book chapter in Managing Information Systems. Second Edition, ISBN-13 : 978-0124166882, Syngress, Elsevier, 2014.
- J.-M. Seigneur. Social Trust of Virtual Identities. Book chapter in Computing with Social Trust and Reputation. ISBN 978-1-84800-355-2, Springer, 2008.

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S542 - Audit des systèmes d'information

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Estimer et classer les divers risques que peut subir une infrastructure informatique
- Evaluer l'impact d'une perte de données stockées sur des medias physiques ou virtuels
- Connaître les spécificités des nouveaux services IPv6 (DHCPv6, DNSv6, protocoles de routages IPv6)
- Connaître les méthodes et limites des technologies d'archivages de longues durées
- Se renseigner sur les diverses réglementations (cantonal, fédéral et européenne) relative aux stockage des données et de la sphère privée

### Contenus

- Etude des besoins et contraintes dans la création de salles serveurs ou datacenter (dimensionnement électrique, climatisation, redondance, sécurité d'accès, ...)

### Répartition horaire

Enseignement	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	54	heures	
Total	90	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)    Frontal participatif    Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- A. Clemm : Network Management Fundamentals. CiscoPress
- ITU-T TMN M 3000 recommandation
- CERT [www.cert.org](http://www.cert.org)

## ISC\_S61 / sISC\_S81 - Réseaux avancés

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_S61 (5 ECTS)

Type de formation  Bachelor  Master  
 Type de module  Obligatoire  A choix  Additionnel  
 Niveau du module  Niveau basique  Niveau intermédiaire  
 Niveau avancé  Niveau spécialisé

Langue : Français    Semestre de référence : S6    Responsable du module : **M. Mickaël Hoerd**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Maîtriser les éléments de base de la théorie de l'information et de la compression numérique
- Maîtriser la mise en œuvre de systèmes simples de détection et correction d'erreurs, de codage et compression de données numériques
- Distinguer les composants de base des architectures réseaux dites "Software Defined" et avoir un premier aperçu général de leur fonctionnement
- Automatiser la gestion des équipements de l'infrastructure d'un réseau
- Appliquer les principes de base du NetDevOps pour faire évoluer un réseau existant ou maintenir un réseau futur

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Compression et streaming – ISC_S611		50p
Virtualisation des réseaux – ISC_S612		33p

Une période d'enseignement est de 45 min.

---

## Répartition horaire

Enseignement	62	heures	(taux d'encadrement de 41%)
Travail autonome	88	heures	
Total	150	heures	équivalent à 5 ECTS

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC\_S611 = 60%

ISC\_S612 = 40%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S611 - Compression et streaming

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Maîtrise les éléments de base de la théorie de l'information et de la compression numérique
- Calculer l'efficacité des codes simples à longueur fixe et variable
- Maîtriser la mise en œuvre de systèmes simples de détection et de correction d'erreurs
- Choisir et mettre en œuvre un système simple de codage et compression de données numériques

### Contenus

- Modèles du canal de transmission théorique, information, entropie, efficacité de codage
- Codes à longueur fixe et variables, codes réversibles
- Base théoriques, règles de détection et correction d'erreurs
- Construction des codes linéaires, codes de Hamming, Reed-Solomon
- Compression des chiffres, codes de Elias
- Compression et codes statistiques, codage arithmétique
- Codages par dictionnaire
- Codes convolutionnels, poinçonnage, décodage statistique
- Codage/compression de l'image, transformées entières par blocs, DCT

### Répartition horaire

Enseignement	38	heures	(50 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	52	heures	
Total	90	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [X] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Mario Rossi, Audio, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2007.
- Eric Incerti, Compression d'image, Vuibert, 2003.
- John Watkinson, La réduction de débit en audio et vidéo, Eyrolles, 1998.
- Alexandre Spataru, Fondements de la théorie de la transmission de l'information, Presses polytechniques romandes, 1987.
- Normes diverses : UIT, IETF, SMPTE, etc.
- Normes diverses : UIT, IETF, SMPTE, etc.

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S612 - Virtualisation des réseaux

Ce cours est une introduction pratique aux réseaux dit "Software Defined" avec une emphase particulière sur les techniques d'automatisation et de centralisation de la gestion d'un réseau par le logiciel et la programmation du plan de données indépendante de l'architecture hardware.

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Distinguer les composants de base des architectures réseaux définies logiciellement et avoir un premier aperçu général de leur fonctionnement
- Mettre en place et programmer des outils qui permettent d'automatiser la gestion des équipements de l'infrastructure d'un réseau
- Appliquer les principes de base du NetDevOps pour faire évoluer un réseau existant ou maintenir un réseau futur

### Contenus

- Composants réseaux réseau définis logiciellement.
- Network Configuration Automation avec Ansible et Wireguard.
- Namespaces réseaux sous Linux et piles TCP/IP virtuelles.
- Openvswitch, et définition logicielle du switching par séparation du plan de contrôle et plan données des équipements réseaux.

### Répartition horaire

Enseignement	25	heures	(33 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	35	heures	
Total	60	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Ethane, Taking Control of the Enterprise Network, Sigcomm August 2007.
- Enabling Innovation in Campus Networks, CCR April 2008.
- Software-Defined Networks : A Systems Approach, 2020. [<https://sdn.systemsapproach.org/>]
- P4 : Programming Protocol-Independent Packet Processors, 2014.
- Network Programmability and Automation, Jason Edelman, Scott Lowe and Matt Oswalt, O'Reilly Media 2018.
- Learn Ansible quickly, Ahmed Alkabary, 2020.

## ISC\_S62 / sISC\_S82 - Sécurité en entreprise

2025 - 2026

### Filière : Informatique et systèmes de communication

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### Informations module ISC\_S62 (7 ECTS)

Type de formation  Bachelor  Master  
 Type de module  Obligatoire  A choix  Additionnel  
 Niveau du module  Niveau basique  Niveau intermédiaire  
 Niveau avancé  Niveau spécialisé

Langue : Français Semestre de référence : S6 Responsable du module : **Mme Noria Foukia**

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Comprendre le lien entre l'impact sur l'entreprise et la gestion efficace de la cybersécurité
- Explorer les réalités opérationnelles de la mise en oeuvre de politiques de sécurité en entreprise (court terme et long terme)
- Prendre des décisions efficaces et développer, le cas échéant, un plan de protection efficace
- Connaître les mécanismes de sécurité et vulnérabilités des réseaux mobiles et sans fil et maîtriser les solutions associées
- Saisir l'importance des structures offrant des services à haute disponibilité
- Mettre en oeuvre diverses solutions de réseau privé virtuel
- Connaître des méthodes utilisées pour assurer la qualité des services fournis

### Unités de cours

Unité d'enseignement (obligatoire)	Semestre automne	Semestre printemps
Pratiques métiers en sécurité – ISC_S621		44p
Sécurité des réseaux de télécoms – ISC_S622		44p
Recherche de vulnérabilités avancée – ISC_S623		40p

Une période d'enseignement est de 45 min.

---

## Répartition horaire

Enseignement	96	heures	(taux d'encadrement de 46%)
Travail autonome	114	heures	
Total	210	heures	équivalent à 7 ECTS

## Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).  
Ce cours peut faire l'objet d'une remédiation.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

ISC_S621	=	35%
ISC_S622	=	35%
ISC_S623	=	30%

## Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le *Règlement d'études* (seulement disponible dans l'intranet).

Détail des pré-requis :

- Tableau des "Dépendances inter-modules", pour la filière [Informatique et systèmes de communication](#)
- Conditions d'admissions HES

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S621 - Pratiques métiers en sécurité

Les cyberattaques menacent de plus en plus les entreprises et leurs systèmes de sécurité. Ces organisations doivent se protéger contre les pirates informatiques qui utilisent les vulnérabilités du système de sécurité pour s'introduire dans l'entreprise. Ceci est exacerbé par la transformation numérique des services d'entreprises et l'augmentation globale de la digitalisation.

### Objectifs d'apprentissage

Le projet en sécurité permet de développer une meilleure pratique de la cybersécurité en entreprise et de l'acquérir à travers des cas d'étude concrets en travaillant en équipe.

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Approfondir ses connaissances pratiques en cybersécurité
- Comprendre le lien entre l'impact sur l'entreprise (commercial, social, réputation, vie privée) et la gestion efficace de la cybersécurité
- Explorer les réalités opérationnelles/pratiques de la mise en oeuvre de stratégies/politiques de sécurité en entreprise (court terme et long terme)
- Prendre des décisions efficaces et développer, le cas échéant, un plan de protection efficace
- Gérer le déroulement d'un projet de manière autonome.

### Contenus

Au cours du projet de sécurité les étudiant.e.s développeront leur capacités à :

- Evaluer le niveau sécuritaire d'une infrastructure digitale
- Reconnaître les failles et en évaluer les risques (systèmes, configuration, applications,...)
- Identifier les intervenants et leur rôle dans la protection globale de l'infrastructure étudiée
- Proposer un plan d'action de sécurité selon le cas étudié
- Déployer une solution de protection selon le plan d'action et les bonnes pratiques sécuritaires
- Mesurer les résultats atteints : P.ex : tests de pénétration, effet sur les ressources (mémoire, espace disque, processeurs, ...), disponibilité des applications, lister les mises à jour

### Répartition horaire

Enseignement	33	heures	(44 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	41	heures	
Total	74	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)    Frontal participatif    Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Rendu de rapport et présentation.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

---

## Références bibliographiques

- A. Planche, J. Del Duca. La sécurité informatique en mode projet : Organisez la sécurité du SI de votre entreprise. 2ème édition, 2017.
- J.-P. Mouton. La sécurité en entreprise : Sensibilisation des personnels et mise en oeuvre d'un plan d'action. 2ème édition, 2006.

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S622 - Sécurité des réseaux de télécoms

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Analyser et évaluer les performances des réseaux à travers les réseaux de files d'attente.
- Comprendre les concepts de fiabilité dans les systèmes de télécommunication.
- Acquérir des notions fondamentales en informatique quantique et en sécurité quantique.
- Appliquer les principes de sécurité quantique en utilisant des protocoles comme BB84 et Schnorr.

### Contenus

1. Performances de réseaux
  - Introduction aux réseaux de files d'attente.
  - Modèles de files d'attente ouverts et fermés.
  - Analyse des performances des systèmes en utilisant des modèles stochastiques.
  - Laboratoire : Expérimentation et simulation de files d'attente pour évaluer la performance des réseaux.
2. Fiabilité de réseaux
  - Introduction aux concepts de fiabilité des systèmes.
  - Méthodes d'évaluation de la fiabilité dans les systèmes de télécommunications.
3. Informatique quantique et sécurité
  - Introduction à l'informatique quantique : principes de base, qubits, algorithmes quantiques.
  - Sécurité quantique : les défis et les opportunités pour sécuriser les communications à l'ère quantique.
  - Étude du protocole BB84 : un protocole de distribution de clés quantiques.
  - Introduction au schéma de signature de Schnorr pour la cryptographie post-quantique.

### Répartition horaire

Enseignement	33	heures	(44 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	41	heures	
Total	74	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

[ ] Ex cathedra (amphi) [X] Frontal participatif [X] Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- H. Chaouchi, M. Laurent-Maknavicius. La sécurité dans les réseaux sans fil et mobiles. Hermes.

---

## Unité d'enseignement : ISC\_S623 - Recherche de vulnérabilités avancée

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, l'étudiant-e doit être capable de :

- Saisir l'importance des structures offrant des services à haute disponibilités (structure des Datacenters)
- Mettre en oeuvre diverses solutions de réseau privé virtuel (VPN)
- Connaître des méthodes utilisées pour assurer la qualité des services fournis (QoS)

### Contenus

- Les services IPv6 (DHCPv6, DNS6, OSPFv3)
- Structures de réseaux redondants (niveau access, distribution et core network)
- Fonctionnement des multilayer switches
  
- Etude des protocoles utilisés dans la mise en place de VPN (L2TT, PPTP, IPSEC)
- Principes et méthodes pour assurer une qualité de service (QoS)

### Répartition horaire

Enseignement	30	heures	(40 périodes de 45 minutes)
Travail autonome	32	heures	
Total	62	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

Ex cathedra (amphi)  Frontal participatif  Atelier / Laboratoire / Séminaire

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale, travaux écrits et/ou travaux pratiques).

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre.  
Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

### Références bibliographiques

- Conception de la structure Active Directory : [technet.microsoft.com](http://technet.microsoft.com)
- Guide to IPsec VPNs : [csrc.nist.gov](http://csrc.nist.gov)
- Multilayer switches : [www.cisco.com](http://www.cisco.com)