

# Syllabus de parcours SECIL du Master Informatique

# Couches Logicielles Basses (CLB)

## Nom du module :

Couches Logicielles Basses

## Objectifs :

Cette UE vise à présenter l'architecture interne d'un système d'exploitation, et plus particulièrement la manière dont ce dernier communique avec les différents périphériques matériels.

La structure interne des systèmes d'exploitations et les modules noyaux seront détaillés, puis les mécanismes d'abstraction du matériel seront introduits. Le cours sera complété par des exemples de mise en oeuvre sur machine dans un environnement de type UNIX.

## Contenu :

Cette UE abordera :

- La structure interne d'un noyau Unix-like
- Les modules noyaux
- Les pilotes de périphériques caractères
- Les pilotes de périphériques blocs
- Les entrées / sorties

## Pré-requis :

Systèmes UNIX (fonctionnement, structure) et langage C.

## Références bibliographiques :

- Linux Device drivers, 3rd Edition. J. Courbet, A. Rubini, G. Kroah-Hartman. O'Reilly, 2005.
- Essential Linux Device Drivers. Sreekrishnan Venkateswaran, Prentice Hall Open Source Software Development Series.
- Understanding the Linux Kernel, 3rd Edition. Daniel P. Bovet. Marco Cesati. O' Reilly.

## Mots-clés :

Programmation noyau, Modules noyau, Pilotes de périphériques caractères, Pilotes de périphériques blocs

## Modalités d'évaluation :

Contrôle continu : évaluation des rendus de Travaux Pratiques

Examen terminal sur machine

**Module Name :**

Low-level Software Development

**Objectives and learning outcomes :**

This module aims to present the internal architecture of an operating system, and more particularly the way in which the latter communicates with the various hardware peripherals. The internal structure of the operating systems and the core modules will be detailed, then the hardware abstraction mechanisms will be introduced. The course will be supplemented by examples of implementation in a UNIX environment.

**Course content :**

This module will address :

- The internal structure of a Unix-like kernel
- Kernel modules
- Char drivers
- Bloc drivers
- Managing I/Os

**Prerequisite :**

Unix Systems (structure and operation) and C language

**Bibliography :**

- Linux Device drivers, 3rd Edition. J. Courbet, A. Rubini, G. Kroah-Hartman. O'Reilly, 2005.
- Essential Linux Device Drivers. Sreekrishnan Venkateswaran, Prentice Hall Open Source Software Development Series.
- Understanding the Linux Kernel, 3rd Edition. Daniel P. Bovet. Marco Cesati. O' Reilly.

**Key words :**

Kernel programming, Kernel modules, Char drivers, Bloc drivers

**Assessment methodology :**

Continuous assessment: evaluation of the practical work reports

Terminal examination on machine

# Systemes Distribués (SD)

## Nom du module :

Systemes Distribués (SD)

## Objectifs :

L'objectif de cette unité d'enseignement est l'étude des concepts et mécanismes de base pour le développement et la conception d'applications et de systemes répartis. Le cours explorera en particulier les notions de transparence, d'hétérogénéité, de passage à l'échelle, de transactions. Il s'appuiera sur une étude des systemes classiques distribués de type Client/Serveur, Pair à Pair, Cloud, et étudiera les aspects liés à l'architecture logicielle et système pour aller jusqu'aux systemes autonomes. Les problèmes de synchronisation, d'élection, de coordination et d'ordonnancement seront plus particulièrement étudiés.

Le cours sera illustré par la création d'un protocole distribué et son implémentation. Il pourra s'agir par exemple d'une table de hachage distribuée de type Chord.

Compétences : capacité à identifier, modéliser, définir et implémenter des systemes distribués.

Connaissances acquises : maîtrise des notions de systemes distribués.

## Contenu :

- Caractéristiques et architectures des systemes distribués
- Synchronisation et horloges
- Algorithmes distribués (élection, ordonnancement de tâches)
- Systemes Pair à Pair

Le projet personnel concerne la définition, l'implémentation et l'évaluation d'un protocole Pair à Pair de type Chord.

## Pré-requis :

- Systemes d'exploitation (bonne connaissance)
- Architectures et systemes parallèles (notion)
- Python

## Références bibliographiques :

- Distributed Algorithms. Lynch
- Distributed Systems : Principles and paradigms. A. Tanenbaum et Maarten Van Steen

## Mots-clés :

Systemes distribués, Pair à Pair, Client/Serveur, Cloud, ordonnancement, synchronisation.

## Modalités d'évaluation :

Examen terminal, projet.

**Module Name :**

Distributed systems

**Objectives and learning outcomes :**

The objective of this teaching unit is the study of basic concepts and mechanisms for the development and design of distributed applications and systems. In particular, the course will explore the notions of transparency, heterogeneity, scaling, and transactions. It will be based on a study of classical distributed systems of Client/Server, Peer to Peer, Cloud type, and will study aspects related to software and system architecture to go up to autonomous systems. Problems of synchronization, election, coordination and scheduling will be studied in particular.

The course will be illustrated by the creation of a distributed protocol and its implementation. It might be for example a distributed hash table of type Chord.

Skills: ability to identify, model, define and implement distributed systems

Gained knowledge: mastery of the notions of distributed systems

**Course content**

- Characteristics and architectures of distributed systems
- Synchronisation and clocks
- Distributed algorithms (election, task scheduling)
- Peer to Peer Systems

The personal project concerns the definition, implementation and evaluation of a peer-to-peer Chord protocol.

**Prerequisite :**

- Operating systems (good knowledge)
- Parallel architectures and systems (notion)
- Python

**Bibliography :**

- Distributed Algorithms. Lynch
- Distributed Systems : Principles and paradigms. A. Tanenbaum et Maarten Van Steen

**Key words :**

Distributed Systems, Peer to Peer, Client/Server, Cloud, Scheduling, Synchronization.

**Assessment methodology :**

Final exam, project.

# Réseaux Sans Fil (RSF)

## Nom du module :

Réseaux sans fil

## Objectifs :

Pour répondre aux besoins de mobilité des utilisateurs, la communication numérique s'effectue de plus en plus sans faire appel à des câbles de raccordement. Les technologies de communication, fondées notamment sur les ondes radio et infrarouges, permettent aux personnes et aux objets de communiquer avec des débits de plus en plus élevés et quasiment partout. De nos jours, la connectivité « permanente » est de plus en plus exigée par les utilisateurs pour accéder instantanément à de très nombreux services devenus indispensables pour leurs activités professionnelles et privées. L'objectif de cette UE est une initiation aux réseaux sans fil. L'accent est mis sur les protocoles utilisés dans les réseaux locaux sans fil (WLAN : Wireless LAN).

Compétences : capacités à développer des applications faisant appel à des technologies de communication sans fil.

Connaissances acquises : maîtrise des principales caractéristiques des réseaux sans fil.

## Contenu :

- Approfondissement sur les protocoles de transport et la sous-couche MAC d'Ethernet (3h CM, 4h TD)
- Panorama des technologies et des applications des réseaux sans fil (3h CM)
- Protocoles MAC pour réseaux sans fil (4h CM, 4h TD)
- Initiation à l'analyse de performances des réseaux sans fil (1h TD)
- Développement de services avec des réseaux sans fil (9h TP + 8h non encadrées)

## Pré-requis :

Avoir suivi les modules de réseaux de la licence.

## Références bibliographiques :

- Philippe Atelin, Wi-Fi - Réseaux sans fil 802.11, Technologie - Déploiement - Sécurisation. CNI Editions.
- Ivan Stojmenovic, Handbook of wireless networks and mobile Computing, John Wiley & Sons.
- Ivan Marsic, Wireless networks : Local and Ad Hoc Networks, Rutgers University.

## Mots-clés :

Réseaux sans fil, communication radio et infrarouge, Wifi, Bluetooth.

## Modalités d'évaluation :

Évaluation de TP et contrôle terminal.

**Module Name :**

Wireless networks

**Objectives and learning outcomes :**

To address users' needs regarding mobility, digital communication is provided wirelessly. Communication technologies, based on radio and infrared waves, enable users and their devices and objects to exchange data everywhere at higher and higher bitrates. Nowadays 'permanent' connectivity is more and more required by users to access without delay to many services, which become essential for their personal and professional activities. The objective of this module is to provide an introduction to wireless networks. The focus is on the protocols used for wireless local networks (Wireless LANs).

Skills for the development of wireless communication-based applications and services.

Gained knowledge: understanding fundamentals of wireless network characteristics.

**Course content :**

- Advances issues regarding transport layer and Ethernet MAC sublayer
- Overview of technologies and applications of wireless networks
- MAC protocols for wireless networks
- Introduction to performance analysis of wireless networks
- Development of wireless network-based services

**Prerequisite :**

Networking fundamentals (Bachelor's degree courses on networks).

**Bibliography :**

- Philippe Atelin, Wi-Fi - Réseaux sans fil 802.11, Technologie - Déploiement – Sécurisation. CNI Editions.
- Ivan Stojmenovic, Handbook of wireless networks and mobile Computing, John Wiley & Sons.
- Ivan Marsic , Wireless networks: Local and Ad Hoc Networks, Rutgers University.

**Key words :**

Wireless networks, radio and infrared communications, Wifi, Bluetooth.

**Assessment methodology :**

Labs and final exam.

# Sécurité (SEC)

## Nom du module :

Sécurité

## Objectifs :

Cette UE a pour objectif de sensibiliser les étudiants aux problèmes de sécurité et de présenter les solutions architecturales et techniques pour y faire face.

## Contenu :

Contexte technique et juridique de la sécurité informatique

- Présentation d'incidents, temps moyen de survie (environnement technique)
- Cybercriminalité, intelligence économique et sécurité informatique (environnement économique et humain)
- Lois relatives à la sécurité informatique, à la vie privée et au secret des correspondances (environnement juridique)

Risques, taxonomie d'incidents, exemples

- Risques et évolutions des risques
- Taxonomie d'incidents et d'insécurités, exemples détaillés, contre-mesures (blocage, contingentement, contrôle)
- Erreurs de codage : injection de commandes, dépendances indirectes, contournement d'authentification, etc

Mise en place de la sécurité informatique

- Architectures et réseaux sécurisés
- Développement sécurisé, Owasp, CWE
- Relais et firewall applicatifs (Web application firewalls)
- Maîtrise des flux applicatifs, intégration dans un environnement sécurisé
- Silos et conteneurs applicatifs

## Pré-requis :

- Connaissances de base en protocole réseau (IP, TCP, UDP, HTTP)
- Systèmes d'exploitation

## Références bibliographiques :

## Mots-clés :

Modèles de sécurité, politiques et propriétés de sécurité, architectures de sécurité, détection d'intrusion.

## Modalités d'évaluation :

Compte-rendu TP, TP noté, contrôle terminal.



**Module Name :**

Security

**Objectives and learning outcomes :**

This UE aims to make students aware of the security problems and to present the architectural and technical solutions to deal with them.

**Course content :**

Technical and legal context of computer security

- Presentation of incidents, average survival time (technical environment)
- Cybercrime, economic intelligence and IT security (economic and human environment)
- Laws relating to computer security, privacy and secrecy of correspondence (legal environment)

Risks, incident taxonomy, examples

- Risks and evolutions risks
- Taxonomy of incidents and insecurities, detailed examples, counter-measures (blocking, quotas, control)
- Coding errors: command injection, indirect dependencies, authentication bypass, etc.

Implementation of computer security

- Secure architectures and networks
- Secure development, OWASP, CWE, CVE analysis
- Relay and application firewalls (Web application firewalls)
- Control of application flows, integration in a secure environment
- Silos and application containers

**Prerequisite :**

- Basic knowledge of network protocols (IP, TCP, UDP, HTTP)
- Operating Systems

**Bibliography :****Key words :**

Security models; security policies and properties, security architectures, intrusion detection.

**Assessment methodology :**

Lab session reports, graded lab session, terminal exam.

# Internet des Objets (IdO)

## Nom du module :

Internet des Objets

## Objectifs :

Introduire les problématiques posées par l'interconnexion massive d'objets communiquant et étudier les patrons architecturaux standards ainsi que les principaux paradigmes, protocoles, technologies et intergiciels de l'Internet des Objets (IoT).

## Compétences :

- Concevoir et réaliser une architecture multi-tiers d'un écosystème numérique à base d'objets connectés.
- Construire une infrastructure matérielle supportant l'acquisition et l'acheminement de données produites par des capteurs ainsi que le transport de télécommandes à destination d'effecteurs connectés.
- Développer, organiser, tester et déployer les différents composants logiciels couvrant le cycle acquisition/transfert/traitement/stockage des données pour des applications de l'IoT répondant éventuellement à des exigences temporelles ou à une sensibilité au contexte de l'utilisateur.
- Expérimenter le modèle de communication distribuée Pub/Sub dans un contexte contraint et à grande échelle.

## Contenu :

Introduction à l'Internet des Objets

Panorama des domaines d'application

Infrastructure de l'internet des Objets

- Capteurs, effecteurs et réseaux de capteurs
- Critères de performance et facteurs de conception
- Problèmes d'accès et de routage
- Technologies d'accès faible et longue portée (WPAN, LPWAN)
- Au delà des Gateways : Backhauling !
- Future génération (IP-based, 6lowpan, ...)
- Mobilité et itinérance (IoV, ...)

Intergiciels et Cloudification de l'IoT

- Paradigmes et protocoles de messagerie (MQTT, CoAP) Architectures de Backend applicatif : stockage et exploitation
- Traitement, sémantisation et qualification des données
- Calcul de bordure (Edge/Fog/Dew computing)
- Panorama des plateformes logicielles

Etude de cas et illustrations sur l'infrastructure IoT neOCampus

**Pré-requis :**

- Réseaux sans fil
- Systèmes distribué

**Références bibliographiques :**

- Interconnecting smart objects with IP, Vasseur, Dunkers Ed. Morgan Kaufman
- Foundations of Modern networking, Stallings, Ed. Addison Wesley
- RFID et l'Internet des choses, Chabanne, Urien, Susini, Ed. Hermès
- The Internet of Things : Key applications and Protocols, Hersent et al, Wiley

**Mots-clés :**

Internet des Objets, Objets connectés, Réseaux de capteurs, Calcul de bordure, MQTT, CoAP, LPWAN.

**Modalités d'évaluation :**

Cours et CC TP.

**Module Name :**

Internet of Things

**Objectives and learning outcomes :**

Introduce the issues raised up by the massive interconnection of communicating objects and study the standard architectural patterns as well as the main paradigms, protocols, technologies and middleware of the Internet of Things (IoT).

**Skills:**

- Design and build a multi-tier architecture of a digital ecosystem based on smart connected objects.
- Build a hardware infrastructure supporting the acquisition and routing of data produced by sensors as well as the transport and achievement of remote controls to connected effectors.
- Develop, organize, test and deploy the various software components covering the data acquisition / transfer / processing / storage cycle for IoT applications, which possibly are meeting time requirements or sensitivity to the user's context.
- Experiment with the Pub / Sub distributed communication model in a constrained and large-scale context.

**Course content :**

Introduction to the IoT

Overview of IoT-based application domains

IoT infrastructure

- Sensors, effectors and sensor networks
- Performance criteria and design impact factors
- Medium access and routing issues
- Access technologies (WPAN, LPWAN)
- Beyond the Gateways: Backhauling !
- Next generation (IP-based, 6lowpan, ...)
- Mobility and itinérance (IoV, ...)

Middleware and IoT Cloudification

- Messaging paradigms and protocols (MQTT, CoAP)
- Back-end applications architectures: storage and exploitation
- Processing, semantization and qualification of data
- Edge computing (Edge/Fog/Dew computing)
- Overview of software IoT-platforms

Use case and illustrations on the IoT-based infrastructure neOCampus

**Prerequisite :**

- Wireless Networks

- Distributed systems

**Bibliography :**

- Interconnecting smart objects with IP, Vasseur, Dunkers Ed. Morgan Kaufman
- Foundations of Modern networking, Stallings, Ed. Addison Wesley
- RFID et l'Internet des choses, Chabanne, Urien, Susini, Ed. Hermès
- The Internet of Things : Key applications and Protocols, Hersent et al, Wiley

**Key words :**

Internet of Things, Smart Objects, Sensor Networks, Edge Computing, MQTT, CoAP, LPWAN.

**Assessment methodology :**

Course and lab work.

# Simulation et Synthèse des Matériels (SSM)

## Nom du module :

Simulation et Synthèse des Matériels

## Objectifs :

La densité de plus en plus élevée des systèmes matériels (ASIC, FPGA) et la nécessité d'accélérer le délai de mise sur le marché des produits correspondants rend incontournable l'utilisation d'outils logiciels pour la conception et la simulation de ces systèmes. Ces outils logiciels forment la famille des HDL (Hardware Description Languages) dans laquelle on trouve les langages VHDL, Verilog, SystemC, etc.

Ce cours s'appuie sur le langage VHDL et détaille son utilisation pour :

- Décrire une unité de conception matérielle
- Simuler ces unités de conception pour vérifier leur conformité aux spécifications
- Synthétiser ces unités de conception en vue de leur implémentation matérielle

## Contenu :

Cette UE abordera :

- Introduction au langage VHDL
- Circuits combinatoires
- Circuits séquentiels et Machines à états finis
- Synthèse d'un circuit

## Pré-requis :

Logique combinatoire, Logique séquentielle, maîtrise d'un langage de programmation.

## Références bibliographiques :

- Le langage VHDL : du langage au circuit, du circuit au langage. J. Weber, S. Mouhault et M. Meaudre. Dunod.
- The Designer's Guide to VHDL. Peter J. Ashenden. Systems on silicon.

## Mots-clés :

Logique combinatoire, Logique séquentielle, VHDL, FPGA, ASIC.

## Modalités d'évaluation :

Contrôle continu : évaluation des rendus de Travaux Pratiques.  
Examen terminal sur machine.

**Module Name :**

Hardware Simulation and Synthesis

**Objectives and learning outcomes :**

The increasing density of hardware systems (ASIC, FPGA) and the need to accelerate the time to market for the corresponding products makes it essential to use software tools for the design and simulation of these systems. These software tools form the HDL (Hardware Description Languages) family in which we find the languages like VHDL, Verilog, SystemC, etc.

This course presents the VHDL language and details its use to:

- Describe a material design unit
- Simulate these design units to verify compliance with specifications
- Synthesize these design units for their hardware implementation

**Course content :**

This module will address :

- Introduction to VHDL language
- Combinatorial circuits
- Sequential circuits and Finite State Machines
- Synthesis of a circuit

**Prerequisite :**

Combinatorial Logic, Sequential Logic, Proficiency of a programming language.

**Bibliography :**

- Le langage VHDL : du langage au circuit, du circuit au langage. J. Weber, S. Mouhault et M. Meaudre. Dunod.
- The Designer's Guide to VHDL. Peter J. Ashenden. Systems on silicon.

**Key words**

Combinatorial Logic, Sequential Logic, VHDL, FPGA, ASIC.

**Assessment methodology :**

Continuous assessment: evaluation of the practical work reports.

Terminal examination on machine.

# Communication et Connaissance de l'Entreprise (CCE)

## **Nom du module :**

Communication et Connaissance de l'Entreprise

## **Objectifs :**

Connaissances acquises :

- vocabulaire des affaires
- Méthodologie et principaux outils de marketing ;
- Outils financiers de base utiles à la fonction de responsable
- les règles de rédaction du CV/de la lettre de motivation

Compétences acquises :

- savoir construire et présenter une analyse globale d'une organisation ou d'un projet : axes juridique, marketing et financier ;
- savoir présenter et argumenter une analyse financière en suivant les règles méthodologiques ;
- savoir travailler en équipe ;
- savoir rechercher les sources d'information économiques pertinentes ;
- savoir synthétiser son parcours scolaire-professionnel, et hiérarchiser les informations, à l'oral et à l'écrit;
- adapter les outils de communication professionnelle au poste ou stage sollicité.
- Cibler les entreprises, identifier son réseau et le développer
- Être à l'aise en entretien d'embauche

## **Contenu :**

Les étudiants sont mis en situation de vendre un produit ou service de leur domaine de compétences. Pour cela, ils doivent créer leur société, analyser le marché et définir leur(s) cible(s), choisir le mix-marketing, et présenter les documents financiers prévisionnels.

En communication,

- ateliers d'analyse de ses compétences et de sa personnalité, à partir de 2 tests en ligne : MBTI et ASSESS FIRST.
- Business Model You Canvas pour la recherche d'un stage .
- Ateliers de rédaction de son CV , lettre de motivation et de son identité numérique sur les réseaux sociaux professionnels
- Ateliers de simulation d'entretiens : les différentes phases de l'entretien, les pièges à éviter, les impératifs, le post-entretien, comportement à tenir en entretien, les façons de réagir face à l'adversité ou une question inconnue.
- Parlez-moi de vous en 5 minutes et débriefing (clarté du discours, gestion du stress...)

## **Pré-requis :**

## **Références bibliographiques :**

- <https://www.educentreprise.fr>



#### Livres, tests et certification en ligne

- MINTZBERG, Henri. *Le management. Voyage au centre des organisations*. Poche. Ed d'organisation. EYROLLES
- de BAYNAST, Arnaud; LENDREVIE, Jacques; LEVY, Julien. MERCATOR. *Tout le marketing à l'ère digital*. Dunod. Coll Livres en Or. 2017
- En communication
- <https://www.assessfirst.com/fr>
- <https://www.16personalities.com/fr>
- Tim Clark, Alexander Owterwalder et Yves Pigneur, *Business Model You : réinventez votre carrière grâce à une méthode révolutionnaire*, Pearson 2012
- Patrick de Sainte Lorette, Corinne Goetz, *Faites le bilan de vos compétences*, Eyrolles 2010
- Charles-Henri Dumon, Jean-Paul Vermès, *Le CV, la lettre et l'entretien*, Eyrolles 2006
- Jean-Christophe Anna, *Job et réseaux sociaux : connectez-vous*, Hachette 2013
- Gonzague Gauthier, *Trouver un job grâce aux réseaux sociaux*, L'Étudiant éd 2019
- Louis-Serge Real del Sarte, *Les réseaux sociaux sur internet*, Ed. Alphée 2010
- Corinne Souissi, *Recruter gagnant-gagnant: Méthodes et outils PNL pour réussir ses recrutements*, Gereso éd 2018
- Christel de Foucault, *Déjouez les pièges des recruteurs*, Eyrolles 2016

#### Mots-clés :

- création ou reprise de société, forme juridique, segmentation du marché, mix-marketing , Business-plan, documents sociaux
- CV; lettre de motivation; empreinte digitale; réseaux sociaux professionnels; traits de personnalité; compétences

#### Modalités d'évaluation :

- contrôle continu intégral ;
- création d'entreprise : une présentation orale et un rapport écrit
- communication : contrôle continu

**Module Name :**

Communication and management

**Objectives and learning outcomes :**

- Go to managerial responsibilities ;
- Get students to entrepreneurship ;
- Identify and enhance their competencies and personality characteristics in regards to recruiters ;

**Practical knowledge:**

- strategic analysis of the market: partitioning and targeting; marketing-mix ;
- financial tools for a manager: business plan, dashboard, income statement;
- skills ;
- Be able to build and present a global analysis about an organisation or a project: legal, marketing and financial views ;

**Skills:**

- Be able to present and argue a financial analysis by applying the adequate methodology ;
- Ability to work in a team ;
- Be able to search pertinent economical resources ;
- able to describe their academic and professional background, both spoken and written ;
- able to adapt communication tools to the job or internship asked for.
- able to focus companies , identify the pertinent network and expand it
- feel comfortable in job interview

**Gained knowledge:**

- economic vocabulary
- marketing and financial methodologies and tools;

**Course content :**

Students have to sell an IT product or application. To achieve this, they have to create their own firm, to analyse the market and define their target(s), to choose the mix-marketing and present the forecast financial documents.

- workshops to review their skills and personality, based on 2 online tests : MBTI et ASSESS FIRST.
- Business Model You Canvas for an internship search .
- workshops to write their CV, their letter stating and their footprint on professional social networks
- workshops for simulating interviews : different steps, avoiding traps, requirements, post interview, professional conduct, ...
- tell us about you in 5 minutes and overview ( pertinent speech, stress management, ...)

**Prerequisite :****Bibliography :**

- <https://www.educentreprise.fr>

livres, tests et certification en ligne

- MINTZBERG, Henri. *Le management. Voyage au centre des organisations*. Poche. Ed d'organisation. EYROLLES
- de BAYNAST, Arnaud; LENDREVIE, Jacques; LEVY, Julien. MERCATOR. *Tout le marketing à l'ère digital*. Dunod. Coll Livres en Or. 2017
- En communication
- <https://www.assessfirst.com/fr>
- <https://www.16personalities.com/fr>
- Tim Clark, Alexander Owterwalder et Yves Pigneur, *Business Model You : réinventez votre carrière grâce à une méthode révolutionnaire*, Pearson 2012
- Patrick de Sainte Lorette, Corinne Goetz, *Faites le bilan de vos compétences*, Eyrolles 2010
- Charles-Henri Dumon, Jean-Paul Vermès, *Le CV, la lettre et l'entretien*, Eyrolles 2006
- Jean-Christophe Anna, *Job et réseaux sociaux : connectez-vous*, Hachette 2013
- Gonzague Gauthier, *Trouver un job grâce aux réseaux sociaux*, L'Étudiant éds 2019
- Louis-Serge Real del Sarte, *Les réseaux sociaux sur internet*, Ed. Alphée 2010
- Corinne Souissi, *Recruter gagnant-gagnant: Méthodes et outils PNL pour réussir ses recrutements*, Gereso éd 2018
- Christel de Foucault, *Déjouez les pièges des recruteurs*, Eyrolles 2016

**Key words :**

- Business creation or buyout, legal scope, market partitioning, mix-marketing, business plan, social documents
- CV; letter stating; digital footprint; professional social network; skills; personality

**Assessment methodology :**

Continuous monitoring.

# Sciences Humaines et Sociales (SHS)

## **Nom du module :**

Sciences Humaines et Sociales

## **Objectifs :**

Cette UE s'attache à un double objectif :

- la gestion de l'innovation
- la communication professionnelle

## Partie Management de l'innovation

Présentation des concepts suivants:

- l'évolution de l'innovation et les enjeux liés au développement durable
- les mutations technologiques et les différents modèles économiques applicables : modèle fonctionnel ( économie d'usage), modèle collaboratif, modèle circulaire (innovation durable)
- la valorisation de l'innovation
- la protection de l'innovation

## Partie Communication professionnelle

Principes fondamentaux et techniques de communication et psychologie sociale (diffusion de messages, conduite de réunions, rapports aux groupes, à l'autorité, au leadership)

## **Contenu :**

Plan en plusieurs temps:

- Stratégie d'innovation
- Financement de l'innovation
- Protection de l'innovation
- Project management
- Marketing de l'innovation
- Start up management
- Competitive intelligence

Le cours est organisé en alternant le contenu théorique, les cas pratiques/illustrations issues de l'expérience de l'intervenant et les exercices axés sur le projet innovant en travail de groupe qui sert de fil à rouge durant la formation. Ainsi des exercices de créativité, construction d'un business model, plan de financement.

## **Pré-requis :**

- Initiation à la gestion de projet
- travail de groupe
- Initiation à l'économie
- Stratégie d'entreprise

## **Références bibliographiques :**

- <http://www.innovationmanagement.fr/>

- « Management de l'innovation, de la stratégie aux projets » S. Fernez Walch, F. Romon/Vuibert
- « Valoriser et développer l'innovation » T.Lucidarme/Vuibert
- « La boîte à outils de l'innovation » G. Benoit Cervantes/Dunod
- « Business Model Generation » A.Osterwalder
- « Stratégie Océan Bleu » W. Chan Kim, R. Mauborgne/Pearson
- « Lean startup » E. Ries/Pearson

**Mots-clés :**

Innovation, Business Model, Propriété Intellectuelle, Brevet, Financement, Valeur.

**Modalités d'évaluation :**

Contrôle continu intégral.

Présentation du projet innovant selon les règles suivantes:

- Réaliser une synthèse de votre projet innovant
- En deux slides:
  - o Le 1er collectif, un seul contenu par groupe projet
  - o Le 2e individuel, un contenu différent par personne

**Module Name :**

Human and Social Sciences

**Objectives and learning outcomes :**

This module focuses on two points :

- innovation management
- professional communication

**Innovation Management part**

Presentation of the following concepts:

- the evolution of innovation and the challenges linked to sustainable development
- technological changes and the various applicable economic models: functional model (usage economy), collaborative model, circular model (sustainable innovation)
- promoting innovation
- protection of innovation

**Professional Communication part**

Fundamental concepts and technics for psycho-social communication (messaging, meeting conduct, group relationships with group,, authority, leadership)

**Course content :**

Plan in several stages:

- Innovation strategy
- Financing innovation
- Protection of innovation
- Project management
- Innovation Marketing
- Start up management
- Competitive intelligence

The course is organized by alternating theoretical content, practical cases / illustrations from the experience of the speaker and exercises focused on the innovative project in group work which serves as a red thread during the training. So creativity exercises, building a business model, financing plan,

**Prerequisite :**

Introduction to project management, group work, Introduction to economics, Business strategy

**Bibliography :**

- <http://www.innovationmanagement.fr/>
- « Management de l'innovation, de la stratégie aux projets » S. Fernez Walch, F. Romon/Vuibert
- « Valoriser et développer l'innovation » T.Lucidarme/Vuibert
- « La boîte à outils de l'innovation » G. Benoit Cervantes/Dunod
- « Business Model Generation » A.Osterwalder
- « Stratégie Océan Bleu » W. Chan Kim, R. Mauborgne/Pearson
- « Lean startup » E. Ries/Pearson

**Key words :**

Innovation, Business Model, Intellectual Property, Patent, Funding, Value.

**Assessment methodology :**

Continuous monitoring :

Presentation of the innovative project according to the following rules:

- Create a summary of your innovative project
- In two slides:
  - o The 1st collective, only one content per project group
  - o The 2nd individual, different content per person

# Routage, Interconnexion de Réseaux (RIR)

## Nom du module :

Routage, Interconnexion de Réseaux

## Objectifs :

L'objectif est d'étudier les algorithmes, protocoles et mécanismes utilisés pour supporter des services d'acheminement de données à transporter sur des liaisons et réseaux hétérogènes interconnectés. Les plans de données et de contrôle sont étudiés à travers les concepts de commutation, de routage, de tunnelisation et de virtualisation de liaisons. Les protocoles de routage concernent l'intra-domaine et l'inter-domaine, et portent sur les trafics unicast et multicast et, de manière introductive, sur l'ingénierie de trafic.

Cette UE pose les bases de la virtualisation des réseaux et de leur programmation.

## Compétences :

- Différencier et composer les protocoles et solutions techniques nécessaires à la conception d'architectures de réseaux et de systèmes de télécommunications complexes.
- Expliquer et mettre en œuvre les principes des infrastructures des réseaux de transport de données bâtis sur des interconnexions de liaisons hétérogènes

## Connaissances acquises:

- Décrire l'architecture logique et fonctionnelle d'un équipement d'interconnexion
- Identifier et comparer les principaux protocoles de routage de l'IETF

## Contenu :

Architecture des équipements d'interconnexion de réseaux

### Plan de données

- Principales fonctions
- Techniques de commutation (LPM IP, étiquettes MPLS, VLAN)

### Plan de contrôle

- Classification des techniques de routage et de signalisation
- Algorithmes et protocoles de routage inter-domaine
- Algorithmes et protocoles de routage intra-domaine
- Tunnelisation, encapsulation générique et applications
- Séparation Localisation/Identification
- Introduction à l'ingénierie de trafic
- Routage multicast

## Pré-requis :



- Connaître les principales fonctionnalités de communication des différentes couches du modèle OSI ainsi que les principaux concepts de modélisation inhérents (protocole, service, encapsulation)
- Connaître le fonctionnement des protocoles IP et Ethernet.
- Notions de la théorie de graphes

**Références bibliographiques :**

- Network Routing: Algorithms, Protocols, and Architectures (The Morgan Kaufmann Series in Networking) 2nd Edition by Deep Medhi, Karthik Ramasamy

**Mots-clés :**

Routage, interconnexion, encapsulation générique, commutation, tunnelisation, multicast.

**Modalités d'évaluation :**

Compte rendu de TP

Contrôle terminal (écrit)

**Module Name :**

Routing, internetworking

**Objectives and learning outcomes :**

The objectives of this course are to study the algorithms, protocols and other mechanisms used for data forwarding and transportation across various heterogeneous interconnected networks. Both data plane and control plane are deeply studied through the concepts of switching, forwarding, routing, tunneling and link virtualization. Routing protocols target both intra-domain and inter-domain networking, and concern unicast as well multicast traffic. An introduction to traffic engineering is also provided. This module provides the foundations for network virtualization and networking programmability.

**Skills:**

- Differentiate and integrate the protocols and technical solutions necessary for the design of complex architectures of networks and telecommunications systems.
- Explain and implement the principles of data transportation networked infrastructures built with interconnected heterogeneous links.

**Gained knowledge:**

- Describe the logical and functional architecture of a switching device
- Identify and compare the main IETF routing protocols standards

**Course content :**

Architecture of networking devices

**Data plane**

- Main network functions
- Switching and forwarding techniques (IP LPM, MPLS labels, VLAN)

**Control plane**

- Routing and signaling techniques classification
- Algorithms and protocols for intra-domain routing
- Algorithms and protocols for inter-domain routing
- Tunneling, generic encapsulations and their applications
- Location/Identification separation
- Introduction to traffic engineering
- Multicast routing

**Prerequisite :**

- OSI-layered reference model and inherent concepts (protocol, service, encapsulation)
- IP and Ethernet protocols
- Notions of graph theory

**Bibliography :**

- Network Routing: Algorithms, Protocols, and Architectures (The Morgan Kaufmann Series in Networking) 2nd Edition by Deep Medhi, Karthik Ramasamy

**Key words :**

Routing, interconnection, Generic encapsulation, switching, tunneling, multicasting.

**Assessment methodology :**

Labs and final exam.

# Ingénierie des Réseaux (IdR)

## Nom du module :

Ingénierie des Réseaux

## Objectifs :

Cette UE est composée de trois matières : Supervision et Configuration de Réseaux (SCR), Analyse de Performance et Simulation de Réseaux (APSR) et Gestion de Qualité de Service (GQoS). La partie supervision et configuration des réseaux présente les modèles et méthodes utilisés dans le domaine de la gestion des réseaux pour en assurer leur bonne opération. La partie analyse de performance présente les techniques de modélisation et d'évaluation de performance des réseaux. Nous aborderons aussi les environnements de simulation NS-2 et NS-3. Enfin, dans la partie Gestion de qualité de service, on s'intéresse aux techniques et algorithmes qui permettent de garantir un certain niveau de qualité (par exemple, en termes de débit, de délai ou de taux d'erreurs) pour répondre aux exigences de certaines applications, notamment les applications multimédia (manipulant du son et de l'image) et les applications embarquées (exigeantes en termes de délai d'acheminement des données).

## Compétences:

- Concevoir une solution de supervision et de configuration de réseaux basée sur des protocoles standards.
- Pouvoir identifier les critères de performance des systèmes, de les modéliser et d'analyser leur performance.
- Pouvoir spécifier et implémenter des mécanismes de gestion de la qualité de service fournie par le réseau.

## Connaissances acquises:

- Comprendre les modèles d'information et les protocoles utilisés pour la gestion des réseaux.
- Comprendre les fondements de la modélisation stochastique, de la théorie des files d'attente et des réseaux de files d'attente.
- Comprendre les bases des modèles et de techniques de l'algorithmique réseau pour la gestion de la qualité de service.

## Contenu :

### Supervision et Configuration de Réseaux

- Problématiques et modèles conceptuels de la gestion de réseaux
- Le standard SNMP et ses évolutions pour la supervision de réseaux
- Le standard NETCONF/YANG pour la configuration de réseaux
- Analyse de modèles d'information de gestion (MIB SNMP, Modules YANG)
- Introduction à l'analyse de flux (NetFlow/IPFIX)

### Analyse de Performance et Simulation de Réseaux

- Introduction à l'analyse de performance des réseaux
- Principaux formalismes de modélisation et application aux réseaux

- Processus stochastiques et chaînes de Markov
- Analyse de files d'attente simples (M/M/1, M/M/1/K, M/M/C, M/M/C/C)
- Réseaux de files d'attente.
- Simulation à événements discrets avec NS-2 et NS-3.

#### *Gestion de Qualité de service*

- Introduction à la qualité de service (QoS) et qualité d'expérience (QoE)
- Comprendre les liens entre les composants d'une architecture de communication à QoS
- Modèles de trafic des applications
- Contrôle d'admission et de réservation de ressources
- Algorithmes de routage et d'ordonnancement de paquets
- Techniques de contrôle de congestion et dégradation de la QoS

#### **Pré-requis :**

- Cours de réseau de la licence informatique
- Théorie des probabilités

#### **Références bibliographiques :**

- Advances in Network Management. Jianguo Ding. CRC Press. 2010.
- Raj Jain, The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling. Wiley.
- W.F. Christopher, Service Quality Handbook. Amacom.
- P. Ferguson, G. Huston, Quality of Service: Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks. Wiley.

#### **Mots-clés :**

- Supervision et configuration des réseaux.
- Stochastic processes, Queueing theory, Simulation.
- Qualité de service, modèle de trafic, métriques de QoS, routage à QoS, ordonnancement de paquets.

#### **Modalités d'évaluation :**

Evaluation de TP et contrôle terminal

## **Module Name : Network engineering**

### Network Engineering

#### **Objectives and learning outcomes :**

This module is composed of three parts: monitoring and configuration of networks, performance analysis and simulation of networks, and quality of service management. The network monitoring and configuration part presents the models and methods used in the network management domain. The performance analysis part presents the techniques of modeling and network performance evaluation. NS-2 and NS-3 simulation environments are also presented. Finally, the quality of service management part focuses on techniques and algorithms to guarantee some levels of quality (e.g. in terms of bitrate, delay, and loss rate) to fulfil requirements of some applications such as multimedia (handling voice and images) and embedded applications, which require tight communication delays.

#### Skills:

- Skills to design a network management solution based on standard approaches.
- Skills for modeling, performance analysis, and simulation of communication networks.
- Skills for specification and implementation of techniques for QoS management in networks.

#### Gained knowledge:

- Fundamentals of network management protocols and models.
- Fundamentals of stochastic modeling, queueing theory, and queueing networks.
- Fundamentals of models, techniques, and algorithms for management of QoS provided by networks to applications.

#### **Course content :**

##### *Network monitoring and configuration*

- Issues and conceptual models for network management
- Network monitoring with the SNMP standard and its evolutions
- Network configuration with the NETCONF/YANG standard
- Analysis of management information models (MIB SNMP, Modules YANG)
- Introduction to traffic flow passive monitoring (NetFlow/IPFIX)

##### *Performance Analysis and Network Simulation*

- Introduction to network performance analysis
- Main modeling formalisms and application to networks
- Stochastic processes and Markov chains
- Analysis simple queues (M/M/1, M/M/1/K, M/M/C, M/M/C/C)
- Queueing networks
- Discrete event simulation with NS-2 and NS-3

##### *Quality of service management*

- Introduction to quality of service (QoS) and quality of experience (QoE)
- Relationships between components of a QoS-aware architecture
- Traffic models of QoS-aware applications
- Admission control and resource reservation
- Algorithms for routing and packet scheduling

- Congestion control techniques and QoS lowering

**Prerequisite :**

- Networking fundamentals (Bachelor's degree courses on networks)
- Probability theory

**Bibliography :**

- Advances in Network Management. Jianguo Ding. CRC Press. 2010.
- Raj Jain, The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling. Wiley.
- W.F. Christopher, Service Quality Handbook. Amacom.
- P. Ferguson, G. Huston, Quality of Service: Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks. Wiley.

**Keywords :**

- Network management.
- Quality of service, Traffic models, QoS metrics, QoS routing, Packet scheduling.
- Stochastic processes, Queueing theory, Simulation.

**Assessment methodology :**

Labs and final exam.

# Virtualisation Système et Réseau (VSR)

## Nom du module :

Virtualisation Système et Réseau

## Objectifs :

L'objectif de cette unité d'enseignement est d'acquérir une compréhension approfondie des mécanismes de virtualisation et de leur utilisation dans le cadre du Cloud Computing mais aussi de l'Edge Computing et des Réseaux. L'UE permet la prise en main d'une infrastructure de Cloud, depuis sa création jusqu'à son utilisation, sa gestion et son adaptation. La virtualisation est abordée d'un point de vue système et d'un point de vue réseau. Du point de vue système, nous étudions les différentes technologies, hyperviseurs, conteneurs ainsi que leur utilisation autant pour garantir la qualité de service que pour optimiser l'utilisation des serveurs et réduire leur consommation électrique. D'un point de vue réseau, nous étudions le contexte et les motivations des réseaux logiciels (SDN), ainsi que leur programmation, à la fois du plan de contrôle (API OpenFlow) et du plan de données (langage P4).

## Compétences:

- Capacité d'utilisation, d'optimisation et de conception d'environnements de virtualisation système et réseau.

## Connaissances acquises:

- Maîtrise des notions d'abstraction et de virtualisation des éléments système et réseau.

## Contenu :

### Cloud Computing, Containers

- Introduction à la virtualisation (hyperviseurs, VM, conteneurs)
- L'écosystème du Cloud
- La gestion du cloud
- Optimisation énergétique avec garantie de qualité de service
- Prise en main d'un cloud OpenStack et de containers

### Network Programmability

- Introduction aux réseaux SDN/NFV
- Abstractions et langages de programmation de haut niveau pour de la virtualisation de réseaux
- Chaînage de fonctions réseaux virtuelles
- Programmation du plan de contrôle et mise en oeuvre via le protocole OpenFlow
- Architecture d'un commutateur de paquets indépendant d'un protocole (PISA)
- Programmation du plan de données et mise en oeuvre dans le langage P4

### System and Network Virtualization Project

- Réalisation en groupe d'un projet de conception, de développement et d'orchestration d'applications déployées dans un environnement virtualisé. Ce projet transversal s'appuiera sur les concepts présentés dans les deux thématiques de l'UE en intégrant de la virtualisation au niveau système et au niveau réseau.



**Pré-requis :**

- Systèmes d'exploitation (bonne connaissance)
- Systèmes distribués (bonne connaissance)
- Réseaux (bonne connaissance)

**Références bibliographiques :**

## Références:

- Distributed Systems : Principles and paradigms. A. Tanenbaum et Maarten Van Steen
- Cloud Computing : Concepts, Technology & Architecture. Thomas Erl
- Network Functions Virtualization (NFV) with a Touch of SDN. R. Chayapathi, S.F. Hassan, P. Shah. Addison-Wesley.
- Software Defined Networks: A Comprehensive Approach (2nd Edition). P. Goransson, C. Black, T. Culver. Morgan Kaufmann.

## Outils:

- OpenStack, <https://www.openstack.org/>
- Docker, <https://www.docker.com/>
- Mininet, <http://mininet.org/>
- Ryu, <https://ryu-sdn.org/>

**Mots-clés :**

Cloud, systèmes distribués, virtualisation, machines virtuelles, conteneurs, réseaux programmables, réseaux virtuels, orchestration.

**Modalités d'évaluation :**

- DM (1 système, 1 réseau)
- Projet
- Examen terminal

**Module Name:**

System and Network Virtualization

**Objectives and learning outcomes :**

The objective of this teaching unit (TU) is to acquire an in-depth understanding of virtualization mechanisms and their use in the context of Cloud Computing but also Edge Computing and Networking. The TU will enable the handling of a Cloud infrastructure, from its creation to its use, management and adaptation. Virtualization will be approached from a system and network point of view. From a system point of view, we will study the different technologies, hypervisors, containers and their use both to guarantee the quality of service and to optimize the use of servers and reduce their power consumption. From a network point of view, we will study the context and motivations of software defined networks (SDN), as well as their programming, both of the control plane (OpenFlow API) and of the data plane (P4 language).

**Skills:**

- Ability to use, optimize and design system and network virtualization environments.

**Gained knowledge:**

- Mastery of the notions of abstraction and virtualization of system and network elements.

**Course content :**

Cloud Computing, Containers

- Introduction to virtualization (hypervisors, VM, containers)
- The Cloud Ecosystem
- Cloud management
- Energy optimisation with guaranteed quality of service
- Managing an OpenStack cloud and containers

Network Programmability

- Introduction to SDN/NFV networks
- Abstractions and high-level programming languages for network virtualization
- Chaining of virtual network functions
- Programming of the control plane and implementation via the OpenFlow protocol
- Protocol Independent Packet Switch Architecture (PISA)
- Programming of the data plan and implementation in P4 language

System and Network Virtualization Project

- Group project for the design, development and orchestration of applications deployed in a virtualized environment. This cross-cutting project will build on the concepts presented in the two previous subjects by integrating virtualization both at a system and network level.

**Prerequisite :**

- Operating systems (good knowledge)
- Distributed systems (good knowledge)
- Networks (good knowledge)

**Bibliography :**

## References:

- Distributed Systems : Principles and paradigms. A. Tanenbaum et Maarten Van Steen
- Cloud Computing : Concepts, Technology & Architecture. Thomas Erl
- Network Functions Virtualization (NFV) with a Touch of SDN. R. Chayapathi, S.F. Hassan, P. Shah. Addison-Wesley.
- Software Defined Networks: A Comprehensive Approach (2nd Edition). P. Goransson, C. Black, T. Culver. Morgan Kaufmann.

## Tools:

- OpenStack, <https://www.openstack.org/>
- Docker, <https://www.docker.com/>
- Mininet, <http://mininet.org/>
- Ryu, <https://ryu-sdn.org/>

**Key words :**

Cloud, distributed systems, virtualization, virtual machines, containers, programmable networks, virtual networks, orchestration.

**Assessment methodology :**

- Homework assignments (1 system, 1 network)
- Project
- Final exam

# Big Data (BigD)

## **Nom du module :**

Big Data

## **Objectifs :**

Le volume croissant des données générées par des sources de plus en plus hétérogènes (capteurs, logiciels, objets connectés, contenus générés par les utilisateurs dans les réseaux sociaux, etc. ) impose de nouveaux moyens de stockage et de traitement. En effet, ces données, sans cesse en cours d'évolution, peinent à être exploitées par les traditionnels systèmes d'information basés sur des bases de données relationnelles. Afin de répondre à ces problématiques, souvent qualifiées des 4V (Volume, Variété, Vitesse, Véracité), de nouvelles solutions ont émergées, regroupées sous le terme de Big Data.

Dans cette UE, il s'agira de présenter et de mettre en application les nouveaux paradigmes de gestion liés au Big Data, ainsi que de montrer comment extraire la valeur ajoutée des données, qui est à l'heure actuelle l'enjeu majeur du domaine.

Compétences : savoir concevoir et mettre en oeuvre des solutions pour le traitement des mégadonnées.

Connaissances acquises : avantages et inconvénients des modèles NoSQL; modèles pour le traitement des mégadonnées (focus sur modèle document et modèle graphe); traitement réparti des données

## **Contenu :**

Introduction

Modélisation, stockage et interrogation des données :

- noSQL vs SQL
- Principes no-SQL : Bd clés-valeurs / orientées colonnes/ documents / graphes,

Traitements des données : Le paradigme Map-Reduce

Conclusion : quelle stratégie choisir ?

TD/TP : Cas d'application sous forme de projet/ TD-TP long

- Modélisation , stockage, interrogation et surcouche applicative en MongoDB
- Modélisation, stockage, interrogation et surcouche applicative en Neo4j
- Stockage distribué basé sur système HDFS, interrogation Hive et mise en place du paradigme Map-Reduce (Hadoop vs Spark)

## **Pré-requis :**

Bases de données relationnelles, SQL, Java/Python

## **Références bibliographiques :**

- SQL & NoSQL Databases: Models, Languages, Consistency Options and Architectures for Big Data Management. Andreas Meier, Michael Kaufmann

- Hadoop : Data processing and Modelling. Garry Turkington, Tanmay Deshpande, Sandeep Karanth. Packt Publishing.
- <https://neo4j.com/>
- <https://www.mongodb.com>

**Mots-clés :**

NoSQL, mégadonnées, modélisation, traitement réparti.

**Modalités d'évaluation :**

- Contrôle continu
- Contrôle terminal : examen

**Module Name :**

Big Data

**Objectives and learning outcomes :**

The growing volume of data generated by heterogeneous sources (sensors, software, connected objects, user-generated content in social networks, etc.) is a major obstacle to the development of new technologies. New means of storage and processing are necessary. Indeed, traditional information systems based on relational databases struggle to exploit these continuously evolving data. In order to answer these problems, often referred to as 4V (Volume, Variety, Velocity, Veracity), new solutions have emerged, traditionally named as Big Data.

In this course, the aim is to present and implement the new paradigms linked to Big Data, as well as to show how to extract added value from data, which is currently the major challenge in the field.

Learning outcomes:

- I know how to model big data
- I know how to design solutions for big data processing

Knowledge: pros and cons of NoSQL models; models dedicated to big data processing (with a focus on document and graph models); distributed data processing

**Course content :**

Introduction

Data Modeling, storing and querying

- noSQL vs SQL
- NoSQL principles: key-value, column-oriented, document and graph databases

Data processing : the Map-Reduce paradigm

Conclusion : how to choose a model?

Tutorials/ Practical work:

- Modeling, storage, querying with MongoDB
- Modeling, storage, querying with Neo4j
- Distributed storage with HDFS, Hive querying and Map-Reduce processing (Hadoop vs Spark)

**Prerequisite :**

Relational databases, SQL, Java/Python

**Bibliography :**

- SQL & NoSQL Databases: Models, Languages, Consistency Options and Architectures for Big Data Management. Andreas Meier, Michael Kaufmann
- Hadoop : Data processing and Modelling. Garry Turkington, Tanmay Deshpande, Sandeep Karanth. Packt Publishing.
- 
- <https://neo4j.com/>
- <https://www.mongodb.com>

**Key words :**

NoSQL, modelling, distributed processing

**Assessment methodology :**

- Continuous control
- Terminal control: examination

# Sciences et Techniques Avancées des Réseaux (STAR)

## Nom du module :

Sciences et Techniques Avancées des Réseaux

## Objectifs :

Cette UE est à vocation prospective puisqu'y sont présentés un ensemble de paradigmes et techniques avancés pour concevoir, évaluer, opérer et maintenir des architectures de réseaux de nouvelle génération.

Ces réseaux peuvent être dédiés à des contextes spécifiques et contraints, ou bien être la cible d'activités de recherche et de développement.

Cette UE est délibérément orientée recherche afin de permettre aux étudiants d'appréhender davantage les défis posés par les réseaux du futur.

## Compétences :

- Expliquer les choix architecturaux et protocolaires pour des réseaux spécifiques, contraints et de nouvelle génération
- Décrire, préconiser et développer des techniques avancées et innovantes pour l'optimisation opérationnelle des réseaux et l'automatisation de leur pilotage.
- Rechercher, analyser, critiquer et synthétiser des articles de recherche.

## Contenu :

### Architectures de réseaux spécifiques

- Réseaux de Data Center (DCN)
- Réseaux de diffusion de contenus (CDN)
- Information Centric Networking (ICN)
- Introduction à la 5G et la 6G

### Nouveaux services et protocoles

- Segment routing, intelligent routing
- Nouveaux protocoles de Transport

### Sciences et Techniques avancées

- Métrologie de l'Internet
- Traffic engineering
- Network Slicing
- Network analytics, Network provisioning automation
- *Machine learning for network management*

## Pré-requis :

- Ingénierie des Réseaux
- Virtualisation des réseaux
- Routage et Interconnexion de réseaux
- Protocoles de Transport
- IA/Apprentissage



- Systèmes Distribués

**Références bibliographiques :**

Publications scientifiques référencées lors des séances de cours.

- 5G Core Networks: Powering Digitalization. Stefan Rommer, Peter Hedman, Magnus Olsson, Lars Frid Shabnam Sultana, Catherine Mulligan. Academic Press.
- Fundamentals of 5G Mobile Networks, Edited by Jonathan Rodriguez, Wiley.
- Information Centric Networks (ICN): Architecture & Current Trends, Nitul Dutta et al., Springer.

**Mots-clés :**

Data Center Networks, Content Delivery Networks, Information Centric Networking, 5G, 6G, Network Slicing.

**Modalités d'évaluation :**

Contrôle continu (écrit ou oral).

**Module Name :**

Advances in Networking Science and Techniques

**Objectives and learning outcomes :**

This is a forward-looking module since it presents a set of paradigms and advanced techniques for the study, evaluation, operation and maintenance of next-generation network architectures.

The networks being studied can be dedicated to specific and constrained contexts, or be the target of research and development activities.

This module is intentionally research-oriented and may allow students to better understand the challenges issued by the networks of the future.

**Skills:**

- Explain design choices in terms of architectures and protocols for next generation networks.
- Describe, recommend and develop advanced and innovative techniques to optimize the operation and management of networks.

Analyze, review and synthesize research articles.

**Course content :**

Specific networks architectures

- Data Center Networks (DCN)
- Content Delivery Networks (CDN)
- Information Centric Networking (ICN)
- Introduction to 5G and 6G

New services and protocols

- Segment routing, intelligent routing
- New Transport protocols

Advanced sciences and techniques

- Internet metrology
- Traffic engineering
- Network Slicing
- Network analytics, Network provisioning automation
- Machine learning for network management

**Prerequisite :**

- Network engineering
- Routing
- Network virtualization
- Transport protocols
- IA/ML
- Distributed Systems

**Bibliography :**

- Research articles given throughout the course.
- 5G Core Networks: Powering Digitalization. Stefan Rommer, Peter Hedman, Magnus Olsson, Lars Frid Shabnam Sultana, Catherine Mulligan. Academic Press.
- Fundamentals of 5G Mobile Networks, Edited by Jonathan Rodriguez, Wiley.

- Information Centric Networks (ICN): Architecture & Current Trends, Nitul Dutta et al., Springer.

**Keywords :**

Data Center Networks, Content Delivery Networks, Information Centric Networking, 5G, 6G, Network Slicing.

**Assessment methodology :**

Continuous assessments (written or oral exam).

# Projet Collaboratif de Recherche et Développement (PCRD)

## **Nom du module :**

Projet Collaboratif de Recherche et Développement

## **Objectifs :**

L'UE "Projet Collaboratif de Recherche et Développement" offre aux étudiants, par le biais de la mise en situation, un cadre pour développer à la fois des compétences techniques, organisationnelles, rédactionnelles, scientifiques et dans une moindre mesure, juridiques et financières.

Il s'agira donc d'apprendre et de mettre en pratique la démarche de gestion de projets en groupe tout en intégrant dans un unique projet des notions de plusieurs domaines techniques et en valorisant les résultats obtenus.

## **Contenu :**

Des appels à Projet sont rédigés soit par une équipe d'un laboratoire de recherche associé, soit par des partenaires extérieurs (industriel, association) de la formation. Ils sont ensuite communiqués aux étudiants qui se répartissent en groupes pour relever les défis d'innovation proposés.

Le projet se déroulera en plusieurs phases et sera rythmé par la remise de plusieurs livrables.

Une première phase consiste à rédiger puis à soutenir devant un jury d'Enseignant-Chercheurs et de Chercheurs académiques ou industriels, une réponse à l'appel, argumentant les choix scientifiques, technologiques, méthodologiques et organisationnels retenus par un groupe (par exemple désignations d'un chef de projet, d'un responsable communication...) ainsi qu'une évaluation des risques, des coûts et des retombées.

La seconde phase consiste à relever le défi de la réalisation de la solution matérielle et logicielle proposée en un temps imparti. La solution obtenue sera présentée au jury ainsi qu'un retour sur l'expérience qu'a constitué cette mise en situation.

## **Pré-requis :**

- Capacité à travailler en autonomie et en groupe.
- Les autres UE du parcours SECIL.

## **Références bibliographiques :**

## **Mots-clés :**

Projet, multi-discipline, travail de groupe, mise en situation réelle.

## **Modalités d'évaluation :**

50% compte-rendu, 50% CC

**Module Name :**

Research and Development Collaborative Project

**Objectives and learning outcomes :**

The “Research and Development Collaborative Project” UE provides the opportunity to students, in the frame of real-life situation, to jointly apply and improve their skills in technical, organisational, editorial and scientific domains and, at a minor level, in legal and financial domains.

The aim of this UE is to learn and practice the procedure of project management in a development team. Inside this original project, the students have to use the knowledge of several technical domains and to promote the results of their work.

**Course content :**

First, project calls are provided either by research teams, or by external partners (industry, association) associated with the SECIL teaching domain. The students have to organize themselves in teams. These teams have to choose a project call and to take up the challenges proposed in the call.

The project is then played out in several phases, completed by the delivery of several reports and packages. The first phase consists in the writing of an answer to the project call. This document aims to present scientific, technological, methodological and organisational choices made by the team (appointment of team leader, a communication leader, etc) and to expose an estimation of the risks, costs and impacts. This document is then defended in front of a jury composed of teachers and of academic and industrial searchers.

In the second phase, the students have to take up the challenges proposed in the project call by the achievement of a hardware and software solution in a limited time. The resulting solution is then presented to a jury as well as their experience acquired during this work situation.

**Prerequisite :**

- Ability for autonomous and team work.
- Other courses of SECIL.

**Bibliography :****Key words :**

Project, multi-discipline, teamwork, actual work situation

**Assessment methodology :**

50% report, 50% continuous assessment

# Génération de Code et Analyse Statique (GCAS)

## Nom du module :

Génération de Code et Analyse Statique

## Objectifs :

Les logiciels embarqués se distinguent des autres systèmes informatiques par un certain nombre de contraintes pesant sur leurs ressources d'exécution telles que la mémoire, l'énergie ou le temps. Afin d'assurer le respect de ces contraintes lors de la conception d'un logiciel embarqué, il est nécessaire que le développeur ait une compréhension fine des mécanismes à l'oeuvre à l'intérieur des compilateurs et des outils de vérification qu'il utilise. Cette UE présente d'abord les mécanismes de base utilisés dans les compilateurs modernes, avec une emphase sur les cibles embarquées, puis se concentre sur la génération de logiciels embarqués temps-réels critiques et la vérification de leurs contraintes temporelles.

## Compétences:

- configurer efficacement un compilateur
- configurer un éditeur de lien pour une cible embarqué
- réaliser l'analyse de pire temps d'exécution d'un programme temps-réel
- adapter le back-end d'un compilateur à un nouveau jeu d'instructions
- développer des passes d'analyse statique et d'optimisation

## Connaissances acquises

- Interprétation abstraite
- Construction de compilateur

## Contenu :

### Compilation

- édition des liens
- analyse sémantique
- génération des quadruplets
- sélection des instructions
- allocation des registres
- optimisations

### Méthodes statiques pour le temps-réel

- analyse WCET et interprétation abstraite
- génération automatique d'exécutifs cycliques

### Plusieurs activités seront réalisées durant les séances de TP :

- écriture d'un mini-compileur langage C vers ARM,
- calcul de pire temps d'exécution avec l'outil OTAWA et développement d'analyses statiques ad-hoc.

Dans le cadre d'un mini-projet, les étudiants seront amenés à développer un générateur automatique d'exécutifs cycliques pour applications temps-réel critiques. A partir de bibliothèques python fournies, ils réaliseront un ordonnanceur statique et un back-end de génération de code synchronisé correspondant au résultat de la phase d'ordonnement statique.

**Pré-requis :**

- Théorie des langages
- Systèmes embarqués / programmation bas niveau
- Ordonnement temps réel

**Références bibliographiques :**

- A. V. Aho, M. Lam, R. Sethi, J. Ullman. Compilers: Principles, Techniques, and Tools (2nd Edition). Pearson Education.
- S. S. Muchnick. Advanced Compiler Design and Implementation. Morgan Kaufmann Publishers.
- Maryline Chetto et al. Ordonnement dans les systèmes temps réel. ISTE
- <http://otawa.fr>

**Mots-clés :**

Compilation, Analyse statique, Génération de code, Synthèse d'applications.

**Modalités d'évaluation :**

Contrôle terminal, contrôle continue, projet.

**Module Name :**

Code Generation and Static Analysis (CGSA)

**Objectives and learning outcomes :**

Embedded software differs from classical computer systems by the additional constraints put on their execution resources such as memory, energy and time. In order to enforce the respect of these constraints during the design of an embedded software system, developers must have a precise understanding of the mechanisms at work inside the compilers and verification tools they use. This course first introduces the basic mechanisms used in modern compilers, with a focus on embedded targets, then focuses on the generation of critical real-time embedded software and on the verification of their temporal constraints.

**Skills:**

- Efficiently configure a compiler
- Configure a linker for embedded targets
- Perform the Worst Case Execution Time analysis of a real-time program
- Adapt a compiler back-end to a new instruction set architecture
- Develop static analysis and optimisation passes

**Gained knowledge:**

- Abstract interpretation
- Compiler construction

**Course content :****Compilation**

- link editing
- semantic analysis
- quadruplet generation
- instruction selection
- register allocation
- optimisations

**Static methods for real-time**

- WCET analysis and abstract interpretation
- automatic generation of cyclic executives

**Plusieurs activités seront réalisées durant les séances de TP :**

- écriture d'un mini-compilateur langage C vers ARM,
- calcul de pire temps d'exécution avec l'outil OTAWA et développement d'analyses statiques ad-hoc.
  
- Writing of a mini-compiler from the C language to ARM targets
- Worst case execution time computation using the OTAWA tool and ad-hoc static analyses development

As part of a mini-project, the students will develop an automatic cyclic executives generator for critical real-time applications. Using python libraries, they will build a static scheduler



and a compilation back-end to generate the synchronized code corresponding to the result of the static scheduling phase.

**Prerequisite :**

- Language theory
- Embedded systems / low-level programming
- Real-time scheduling

**Bibliography :**

- A. V. Aho, M. Lam, R. Sethi, J. Ullman. Compilers: Principles, Techniques, and Tools (2nd Edition). Pearson Education.
- S. S. Muchnick. Advanced Compiler Design and Implementation. Morgan Kaufmann Publishers.
- Maryline Chetto et al. Ordonnancement dans les systèmes temps réel. ISTE
- <http://otawa.fr>

**Key words :**

Compilation, Static analysis, Code generation, Application synthesis.

**Assessment methodology :**

Final exam, continuous assessment, project.

# Micro-architecture et Conception des Microprocesseurs (MCM)

## **Nom du module :**

Micro-architecture et Conception des Microprocesseurs

## **Objectifs :**

- être capable de concevoir un microprocesseur simple,
- être capable de comparer différentes architectures
- Savoir les différentes possibilités pour concevoir un microprocesseur simple

## **Contenu :**

- Rappels de logique
- Jeu d'instructions d'un processeur
- Chemin de données d'un processeur
- Conception unité de contrôle
- Dépendances de données, dépendances de contrôle
- Exécution pipeline
- Conception pipeline (TP)

## **Pré-requis :**

Logique combinatoire et séquentielle (module simulation de systèmes matériels)

## **Références bibliographiques :**

- D. A. Patterson, J.L. Hennessy. Computer Organization and Design: The Hardware Software Interface: ARM Edition

## **Mots-clés :**

Architecture, Processeur, Pipeline, Conception.

## **Modalités d'évaluation :**

Le contrôle terminal évalue l'acquisition des connaissances, le travail de TP est évalué pour mesurer la capacité à concevoir un processeur simple, capacité qui peut se généraliser à la définition et la conception d'un système logique matériel.

**Module Name :**

Microarchitecture and Microprocessor Design

**Objectives and learning outcomes :**

- Being able to design a simple microprocessor.
- Being able to compare and evaluate different pipelines
- Knowledge of various ways to design a microprocessor

**Course content :**

- Logic
- Minimal functions in an instruction Set
- Processor datapath
- Processor control unit
- Data dependencies, Control Dependencies
- Pipeline principles
- Pipeline conception (practical work)

**Prerequisite :**

- Combinatorial and sequential logic

**Bibliography :**

- D. A. Patterson, J.L. Hennessy. Computer Organization and Design: The Hardware Software Interface: ARM Edition

**Key words :**

Architecture, Processor, Pipeline, Conception

**Assessment methodology :**

A final examination assess the acquisition of the notions, the practical work assess the capacity in processor design.

# Ordonnancement et Développement d'Applications Temps-réel (ODAT)

## **Nom du module :**

Ordonnancement et Développement d'Applications Temps-réel (ODAT)

## **Objectifs :**

Les applications temps réel et embarquées sont présentes partout, dans les petits comme dans les gros appareils et couvrent quasiment tous les secteurs d'activité (santé, transport, aéronautique, loisirs, télésurveillance, installations industrielles, etc.). Ces applications requièrent la prise en compte de diverses contraintes incluant l'énergie, la mobilité, la sécurité, la robustesse, ... et le temps réel. Cette UE s'intéresse essentiellement à la spécification et la prise en compte des contraintes de temps. L'UE est composée de deux parties. L'objectif de la première partie est de donner des éléments nécessaires à l'ordonnancement de tâches temps réel : étude des algorithmes d'ordonnancement de tâches (RM, DM, EDF, LLF), les protocoles de partage de ressources (PIP, PCP) et analyse d'ordonnançabilité d'application. La deuxième partie s'intéresse à la conception et la validation (par simulation) d'application temps réel en utilisant un environnement de développement.

Compétences : capacités à concevoir et valider des d'applications avec des contraintes de temps réel

Connaissances acquises : maîtrise de méthodes et d'algorithmes pour la spécification et la prise en compte des contraintes de temps réel.

## **Contenu :**

Introduction aux systèmes temps réel et aux contraintes de temps

Ordonnancement temps-réel et analyse d'ordonnançabilité

- Ordonnancement dans les systèmes classiques et norme POSIX 1003
- Modèles de tâches temps réel
- Ordonnancement de tâches indépendantes
- Ordonnancement avec partage de ressources et contraintes de précedence
- Analyse d'ordonnançabilité des applications
- Ordonnancement dans les RTOS

Développement d'applications temps réel

- Architecture logicielle à base de composants/objets
- Structure de système
- Interactions entre sous-systèmes (diagramme de séquence)
- Machines à états et systèmes à événements
- Langage de spécification de comportement de système
- Environnement de développement

**Pré-requis :**

Concepts fondamentaux des systèmes d'exploitation, du parallélisme et de l'orienté objet.

**Références bibliographiques :**

- A. Burns, A. Wellings, Real-time systems and programming languages. Addison-Wesley.
- G.C. Buttazzo, Hard real-time computing systems, predictable scheduling, algorithms and applications, Kluwer Academic Publishers.
- J.A. Stankovic, M. Spur, K.Ramamritham, G. Buttazzo, Deadline Scheduling for Real-Time Systems. EDF and related Algorithms. Kluwer Academic Publishers
- F. Cottet, J. Delacroix, C. Kaiser, Z. Mammeri, Scheduling in real-time systems. John Wiley & Sons.
- F. Cottet, J. Delacroix, C. Kaiser, Z. Mammeri, Ordonnancement temps réel – Cours et exercices corrigés. Hermès.
- Z. Mammeri, SDL – modélisation de protocoles et systèmes réactifs. Hermès.
  
- Cheddar, MAST, Pragmadev

**Mots-clés :**

- Systèmes temps réel, Systèmes embarqués, Contraintes de temps, Ordonnancement temps réel, Ordonnançabilité, Spécification d'application, Validation d'application.

**Modalités d'évaluation :**

- Evaluation de TP et examen final.

## **Module Name : Design and scheduling of real-time applications**

### Scheduling and Real-time Application Development

#### **Objectives and learning outcomes :**

Real-time and embedded applications are everywhere, in small and big devices, spanning nearly all sectors (health, transportation, aeronautics, leisure, remote monitoring, industrial installations, and so on). These applications run under various constraints including energy consumption, mobility of devices, security, safety, robustness, and real-time. This module mainly focuses on real-time constraint specification and handling. It is composed of two parts. The objective of the first part is to provide fundamental concepts and theory to address scheduling of real-time tasks: study of real-time scheduling algorithms (RM, DM, EDF, LLF), resource sharing protocols (PIP, PCP), and schedulability analysis of applications. The second part focuses on the design and validation (with simulation) of real-time applications while using appropriate development tools.

Skills: design and validation skills for handling applications with real-time constraints.

Gained knowledge: understanding methods and algorithms for specifying and guaranteeing real-time constraints.

#### **Course content :**

Introduction to real-time systems and timing constraints

Real-time scheduling and schedulability analysis

- Scheduling techniques in conventional systems, POSIX 1003 standard
- Real-time task models
- Scheduling of independent tasks
- Scheduling under resources sharing and precedence constraints
- Schedulability analysis of applications
- Scheduling in Real-Time Operating Systems (RTOS)

Real-time application development

- Components and objects-based architecture for software design
- System structure specification
- Subsystems interactions and sequence diagrams
- State Machines and event-based systems
- System behavior specification
- Development environment

#### **Prerequisite :**

Fundamentals of operating systems, parallel systems, and object-oriented programming.

#### **Bibliography :**

- A. Burns, A. Wellings, Real-time systems and programming languages. Addison-Wesley.
- G.C. Buttazzo, Hard real-time computing systems, predictable scheduling, algorithms and applications, Kluwer Academic Publishers.

- J.A. Stankovic, M. Spur, K.Ramamritham, G. Buttazzo, Deadline Scheduling for Real-Time Systems. EDF and related Algorithms. Kluwer Academic Publishers
- F. Cottet, J. Delacroix, C. Kaiser, Z. Mammeri, Scheduling in real-time systems. John Wiley & Sons.
- F. Cottet, J. Delacroix, C. Kaiser, Z. Mammeri, Ordonnancement temps réel – Cours et exercices corrigés. Hermès.
- Z. Mammeri, SDL – modélisation de protocoles et systèmes réactifs. Hermès
  
- Cheddar, MAST, Pragmadev

**Key words :**

Real-time systems, Embedded systems, Time constraints, Real-time scheduling, Schedulability, Application specification, Application validation.

**Assessment methodology :**

Labs and final exam.

# Architecture des Processeurs (ArP)

**Nom du module :**

Architecture des Processeurs (ArP)

**Objectifs :**

- Comprendre les architectures des processeurs modernes et les mécanismes sous-jacents
- Etre capable de les comparer

**Contenu :**

- Ce cours rappelle les différentes formes d'exploitation du parallélisme pour contextualiser la suite.
- Ce cours traite de l'architecture des processeurs haute performance.
- Il vise à faire comprendre aux étudiants les moyens de paralléliser au maximum l'exécution des instructions à travers la réalisation d'une architecture à exécution non ordonnée et spéculative ainsi que l'exécution des threads en illustrant avec diverses architectures multi-coeurs.

**Pré-requis :**

- Module MCM

**Références bibliographiques :**

- J.P. Shen, M. Lipasti. [Modern Processor Design: Fundamentals of Superscalar Processors](#).

**Mots-clés :**

Architecture, processeur, multi-coeurs.

**Modalités d'évaluation :**

Contrôle terminal



**Module Name :**

Processor Architecture

**Objectives and learning outcomes :**

- Understand modern processor architectures and the underlying features
- Being able to compare them

**Course content :**

- This course recalls the different forms of parallelism to contextualize the following.
- This course deals with the architecture of high-performance processors.
- It aims to make students understand the means to parallelize the execution of instructions as much as possible through the creation of an architecture with unordered and speculative execution as well as the parallel execution of threads. It will be illustrated with various multi-core architectures.

**Prerequisite :**

- MCM module

**Bibliography :**

- J.P. Shen, M. Lipasti. [Modern Processor Design: Fundamentals of Superscalar Processors.](#)

**Key words :**

Architecture, processor, multicore.

**Assessment methodology :**

Final examination.

# Systemes Embarqués (SE)

## Nom du module :

Systemes Embarqués (SE)

## Objectifs :

L'objectif de cette UE est de fournir les connaissances nécessaires au développement d'application sur des systemes embarqués. Ces systemes se caractérisent par des technologies logicielles et matérielles spécifiques très différentes de l'environnement d'une machine classique. Les différents aspects étudiés incluent le pilotage des entrées-sorties, la programmation des FPGAs, la maîtrise de la consommation énergétique et une introduction aux langages synchrone.

Les compétences fournies par cette UE sont :

- programmer les périphériques sur un matériel nu
- maîtriser le fonctionnement des capteurs et des actionneurs
- programmer la partie fonctionnelle d'un SE critique à l'aide d'un langage flot de données synchrone
- faire usage de hardware spécialisé pour rendre une tâche plus efficiente

Les connaissances apportées incluent :

- contrôle des PIOs, Timers, ADCs, DMAs, ports, bus, etc
- fonctionnement des capteurs et des actionneurs
- compréhension du modèle de temps logique et des mécanismes de spécification et de synthèse de code synchrone
- architecture interne des FPGAs
- synthèse matérielle pour cible de type FPGA

## Contenu :

Pilotage des entrées-sorties

- scrutation et interruption (PIO)
- programmation des Timer
- capteur et ADC
- actionneur et PWM

FPGA and associated SoC

- principe de conception des FPGA
- application à une famille de FPGA classique
- introduction aux FPGA avec SOC
- application à une famille CPU+FPGA classique
- déploiement de Linux sur des FPGA supportant des SOC, développement d'accélérateur matériel (VHDL) en interaction avec une application C.

Energie

- contexte global, introduction, modèles mathématiques, ACL

- ordonnancement basés sur l'énergie
- DVFS + application = comparer la consommation énergétique de plusieurs algorithmes / bibliothèques / + impact DVFS

#### Langages synchrones

- systèmes réactifs, hypothèse synchrone et relaxations, horloges logiques, langage flot-de-données (Lustre ou Heptagon)
- introduction à la programmation synchrone

Les TPs sont composés :

- entrée-sortie - mise en oeuvre dans un véhicule autonome,
- accélération matérielle - mise en oeuvre sur cartes FPGA embarquées
- énergie -
- langages synchrones -

Un mini-projet impliquant les divers éléments de cette UE sera également développé.

#### Pré-requis :

- programmation en C
- architecture des machines
- VHDL

#### Références bibliographiques :

- embedded.com - <https://www.embedded.com/>
- HDL IP blocks <https://opencores.org/>
- Xilinx Zynq User Guide [https://www.xilinx.com/support/documentation/user\\_guides/ug585-Zynq-7000-TRM.pdf](https://www.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug585-Zynq-7000-TRM.pdf)
- Quicklogic STM32+FPGA <https://quicklogic.com/products/eos-s3/>
- Gowin Little Bee FPGA <https://www.gowinsemi.com/en/product/detail/2/>

#### Mots-clés :

matériel, entrée-sortie, ADC, PWM, Timer, FPGA, énergie, langage synchrone.

#### Modalités d'évaluation :

Contrôle terminal, contrôle continu TP, mini-projet.

**Module Name :**

Embedded Systems

**Objectives and learning outcomes :**

This module aims to provide basic knowledge required to develop applications running on embedded systems. This kind of systems are featured with very specialized software and hardware technologies that are very unusual in classic computer environments. Surveyed aspects encompass the driving of inputs-outputs, FPGA programming, the management of consumed power and an introduction to synchronous languages.

Acquired skills consist in:

- programming peripherals in bare metal
- managing the work of sensors and actuators
- programming the functional part of a critical ES using a dataflow synchronous language
- ability to make use of specialized hardware to improve a task's efficiency

Gained knowledges consist in:

- control of PIOs, Timers, ADCs, DMAs, ports, buses, etc
- work of sensors and actuators
- understanding of the logical time model, synchronous hypothesis and of synchronous code specification and synthesis
- FPGA's internals
- hardware synthesis to target FPGA families

**Course content :**

Driving of inputs-outputs

- register polling and interrupt handling (PIO)
- timer programming
- sensors and ADC
- actuators and PWM

FPGA and associated SoC

- FPGA design principles
- application to a well-known FPGA family
- introduction to FPGA enabled SOC
- application to a well-known CPU+FPGA family
- Linux deployment on a FPGA-enabled SOC board, development of hardware accelerators (VHDL) in interaction with a C app.

Energy

- global context, introduction, mathematics models, ACL
- energy-aware scheduling
- DVFS + application =compare power consumption of several algorithms / libraries / + DVFS impact

Synchronous languages

- reactive systems, synchronous hypothesis and its relaxations, logical clocks, dataflow language (Lustre or Heptagon)
- introduction to synchronous programming

Lab work will be made of:

- input-output - setting up an autonomous vehicle
- hardware acceleration - using embedded FPGA featured boards
- énergie -
- synchronous programming -

A mini-project including most of the elements taught in this module is also developed.

**Prerequisite :**

- C programming
- computer architecture
- VHDL

**Bibliography :**

- embedded.com - <https://www.embedded.com/>
- HDL IP blocks <https://opencores.org/>
- Xilinx Zynq User Guide [https://www.xilinx.com/support/documentation/user\\_guides/ug585-Zynq-7000-TRM.pdf](https://www.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug585-Zynq-7000-TRM.pdf)
- Quicklogic STM32+FPGA <https://quicklogic.com/products/eos-s3/>
- Gowin Little Bee FPGA <https://www.gowinsemi.com/en/product/detail/2/>

**Key words :**

Hardware, input-output, ADC, PWM, Timer, FPGA, power, synchronous languages.

**Assessment methodology :**

Final control, continuous lab work assessment, mini-project.