



Ecole Nationale Supérieure d'Informatique
pour l'Industrie et l'Entreprise

FORMATION D'INGENIEUR
PAR ALTERNANCE DE L'ENSIIE

FORMATION INITIALE SOUS STATUT APPRENTI

BROCHURE DES ENSEIGNEMENTS

2026 - 2027
Version du 28 avril 2026

Ce document recense l'ensemble des enseignements de la formation par apprentissage de l'EN-SIIE. Il décrit, pour chaque année, les unités d'enseignement (UE) de cette année. Chaque UE comprend une description de ses modules, de ses objectifs et de son contenu. Il décrit également les évaluations de ces modules, le découpage prévisionnel en séances et le nombre de crédits ECTS obtenus en cas de validation de l'UE. Chaque séance fait 1h45. Le document donne enfin des détails sur les UE de spécialisation : le nombre que peuvent ou doivent suivre les apprenants et le calendrier prévisionnel de ces UE au cours de l'année.

Modalités des évaluations et absences

Conformément au règlement des études, l'accès à la seconde session d'un module, lorsqu'elle est prévue dans la brochure des enseignements, est conditionnée par l'assiduité : un apprenant ayant plus de trois absences injustifiées au module se verra refuser l'accès à la seconde session.

TABLE DES MATIÈRES

Première année 6

Semestre 1 - Tronc commun 8

[INFO11] UE Informatique	9
[MEIM11] Mémoire impérative	9
[SYEX11] Système d'exploitation	10
[BAWE11] Bases du web	11
[MOOB11] Modélisation objet	12
[MATH11] UE Mathématiques	13
[ALGE11] Algèbre	13
[ANAL11] Analyse 1	14
[PROB11] Probabilité	14
[MOMA11] Modélisation mathématique	15
[MISS11] UE Acquis professionnels	16
[ENTR11] Acquis professionnels S1	16
[SCIN11] UE Sciences de l'ingénieur	17
[ANGL11] Anglais S1	17
[DINT11] Droit de l'informatique	17
[EMRH11] Evolution du management des RH et de l'organisation	18
[MAOC11] Marketing et organisations commerciales	19

Semestre 2 - Tronc commun 21

[INFO12] UE Informatique	22
[PSSI12] Politique de sécurité des systèmes d'information	22
[PRFO12] Programmation fonctionnelle	23
[PRIN12] Projet informatique	23
[RESE12] Réseaux	24
[STDO12] Structures de données	25
[BDWA12] Bases de données et web avancé	26
[MATH12] UE Mathématiques	27
[LOMA12] Logique	27
[STAT12] Statistique inférentielle	28
[THAG12] Théorie des graphes	28
[ANAL12] Analyse 2	29
[MISS12] UE Acquis professionnels	30
[ENTR12] Acquis professionnels S2	30
[SCIN12] UE Sciences de l'ingénieur	31
[ANGL12] Anglais S2	31
[EXEO12] Expression écrite et orale	31
[RHEN12] Communication et Relation Humaine en Entreprise	32

Deuxième année 34

Semestre 3 - Tronc commun	36
[INFO23] UE Informatique	37
[BADO23] Big Data / Bases de données NOSQL	37
[IENE23] Impact environnemental du numérique	38
[ITIC23] Ingénierie de tests et intégration continue	38
[SYIW23] Système d'info automatisé (Web services)	39
[MATH23] UE Mathématiques	41
[ANDO23] Analyse de données	41
[OSCO23] Optimisation sans contrainte	42
[MISS23] UE Acquis professionnels	44
[ENTR23] Acquis professionnels S3	44
[SCIN23] UE Sciences de l'ingénieur	45
[ANGL23] Anglais S3	45
[EGME23] Economie générale et micro-économie de l'entreprise	46
[MAPR23] Management de projet	47
[TEFC23] Techniques financières et comptables	48
 Semestre 3 - Options	 50
[ARSE23] Architecture d'un système d'exploitation	51
[ARSE23] Architecture d'un système d'exploitation	51
[ASCO23] Assembleur et compilation	53
[ASCO23] Assembleur et compilation	53
[GADE23] Développement de jeux vidéo 1	55
[GADE23] Développement de jeux vidéo 1	55
[MERR23] Méthodes de régression régularisée	57
[CMRR23] Méthodes de régression régularisée : cours	57
[PRMR23] Méthodes de régression régularisée : projet	57
[PRFO23] Programmation fonctionnelle	59
[PRFO23] Programmation fonctionnelle	59
[PRPA23] Programmation parallèle distribuée	61
[IMPI23] Introduction à MPI	61
[PMPI23] Programmation MPI avancée	62
[PRST23] Processus stochastiques	63
[PRST23] Processus stochastiques	63
 Semestre 4 - Tronc commun	 65
[INFO24] UE Informatique	66
[INAR24] Intelligence artificielle	66
[ECPI24] Etude de cas - Projet Informatique	67
[SECU24] Sécurité des systèmes d'information - Les aspects défensifs et offensifs	67
[ICPA24] Introduction au calcul parallèle	68
[MATH24] UE Mathématiques	70
[LASF24] Langage et systèmes formels	70
[PROC24] Projet Compilation	71
[ROFA24] Recherche opérationnelle	71
[MALE24] Machine Learning	72
[MISS24] UE Acquis professionnels	74
[ENTR24] Acquis professionnels S4	74
[SCIN24] UE Sciences de l'ingénieur	75
[ANGL24] Anglais S4	75

[COMA24] Communication et affaires	76
[DTDS24] Droit du travail	77
[STDE24] Stratégie de développement de l'entreprise	78
Semestre 4 - Options	81
[CAST24] Calcul stochastique	82
[CAST24] Calcul stochastique	82
[GADE24] Développement de jeux vidéo 2	83
[GADE24] Développement de jeux vidéo 2	83
[MOST24] Modélisation statistique	84
[INAS24] Apprentissage automatique	84
[SETE24] Séries temporelles	85
[PRCV24] Programmation concurrente et vérification	86
[COMC24] Concepts et model checking	86
[MPPT24] Modèle programmation Pthread	87
Troisième année	88
Semestre 5 - Tronc commun	90
[INFO35] UE Informatique	91
[MICO35] Micro-contrôleurs	91
[INSY35] Ingénierie système	92
[DEVO35] DevOps	92
[MISS35] UE Acquis professionnels	94
[ENTR35] Acquis professionnels S5	94
[SCIN35] UE Sciences de l'ingénieur	95
[CREA35] Création d'entreprise	95
[DDAF35] Droit des affaires et Contrat	97
Semestre 5 - Spécialisation	101
[COAV35] Compilation avancée	103
[COAV35] Compilation avancée	103
[DMIA35] Développement mobile et intelligence artificielle	105
[DEMO35] Développement mobile	105
[AGII35] Agents intelligents interagissant	106
[GIIG35] Green IT	107
[GIIG35] GreenIT	107
[INCA35] Interactions et Capteurs (JIN-DD)	108
[INHS35] Interactions humains-systèmes	108
[REAU35] Vision 3D pour la Réalité Augmentée	109
[IQRO35] Informatique quantique et recherche opérationnelle	110
[IQUA35] Informatique quantique	110
[AQRO35] Algorithmes quantiques pour la recherche opérationnelle	111
[MALE35] Machine learning	112
[PRMO35] Predictive Models	112
[USMO35] Unsupervised Models	112
[MANA35] Management	114
[MANA35] Management	114
[MOSA35] Modélisation statistique avancée	116
[MOSA35] Modélisation statistique avancée	116

[OPTD35] Optimisation 2	118
[COOR35] Conception et optimisation des réseaux	118
[ETCA35] Étude de cas	119
[MEPO35] Méthodes polyédriques	119
[OPTU35] Optimisation 1	121
[COAL35] Complexité des algorithmes	121
[REOP35] Recherche opérationnelle	122
[PDSP35] Performance des systèmes parallèles	123
[PDSP35] Performance des systèmes parallèles	123
[PGPU35] Programmation GPU	125
[PGPU35] Programmation GPU	125
[PRRD35] Programmation raisonnée 2	127
[ANST35] Analyse statique de programmes	127
[PROJ35] Projet	128
[PRRU35] Programmation raisonnée 1	129
[PFRM35] Preuve formelle mécanisée	129
[SELP35] Sémantique des langages de programmation	130
[RDEV36] Projet recherche et développement	131
[RDEV36] Projet recherche et développement	131
[CAFS35] Cybersécurité Appliquée : Fondamentaux et Spécialisation	132
[CAFS35] Cybersécurité Appliquée : Fondamentaux et Spécialisation	132
Semestre 6	135
[PRFE36] UE Projet de fin d'études	136
[PRFE36] Projet de fin d'études	136

Première année

La première année est composée de deux semestres de tronc communs. Les enseignements sont axés sur le travail des bases afin d'homogénéiser le niveau de la promotions dans les domaines enseignés à l'école.

La première année est en cours de modification. Cette brochure sera mise à jour une fois les modifications actées.

SEMESTRE 1 - TRONC COMMUN

TABLE DES MATIÈRES

[INFO11] UE Informatique	9
[MEIM11] Mémoire impérative	9
[SYEX11] Système d'exploitation	10
[BAWE11] Bases du web	11
[MOOB11] Modélisation objet	12
[MATH11] UE Mathématiques	13
[ALGE11] Algèbre	13
[ANAL11] Analyse 1	14
[PROB11] Probabilité	14
[MOMA11] Modélisation mathématique	15
[MISS11] UE Acquis professionnels	16
[ENTR11] Acquis professionnels S1	16
[SCIN11] UE Sciences de l'ingénieur	17
[ANGL11] Anglais S1	17
[DINT11] Droit de l'informatique	17
[EMRH11] Evolution du management des RH et de l'organisation	18
[MAOC11] Marketing et organisations commerciales	19

Responsable de l'UE : DELIS Valentin

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Acquérir les bases de l'informatique.

Module 1 [Mémoire impérative](#)

Module 2 [Système d'exploitation](#)

Module 3 [Bases du web](#)

Module 4 [Modélisation objet](#)

Évaluation (1^{re} session)

- Examen sur table (EXAM)
- TP noté (TPN)
- Projet (PROJ)
- Moyenne : $(EXAM1 + TPNO1 + PROJ1) / 3$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 6 séance(s)
- TD : 2 séance(s)
- TP : 13 séance(s)
- TP Noté : 2 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Ce cours enseigne les bases de la programmation impérative et de la gestion de la mémoire par les langages impératifs (au travers du langage C et du langage Java).

Contenu :

- Le cours parcourt premièrement l'ensemble des notions classiques de la programmation impérative.
- Base (variables, boucles, conditions, fonctions)
- Types classiques (entiers, flottants, caractères, chaînes)

- Types avancés (Tableaux, Structure, Classes (version basique, la programmation objet est abordée dans un autre enseignement))
- Entrée, Sortie standards, Paramètres d'entrée d'un programme
- Fonctions récursives

A second part deals specifically with memory management :

- Différence entre les adressages en C et en Java
- Gestion de la mémoire avec des pointeurs
- Gestion de la mémoire avec un garbage collector

[SYEX11]

SYSTÈME D'EXPLOITATION

Évaluation (1^{re} session)

- TP noté (TPN)
 - Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : $0 \cdot \text{TPN} + \text{EXAM}$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : EXAM

Découpage

- Cours : 11 séance(s)
- TP : 11 séance(s)
- TP Noté : 1 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

- Objectifs :*
- Apprendre le fonctionnement des réseaux informatiques (concepts généraux, théorie, modèle OSI, modèle TCP/IP, services/protocoles réseaux, technologies réseaux)
 - S'initier à l'administration des réseaux (adressage IP, configuration des routeurs, analyse des paquets avec un simulateur de matériel réseau, simuler des architectures réseaux avec des logiciels de simulation ...)
 - Apprendre à manipuler/implémenter des algorithmes de routage pour différents protocoles de routage (RIP, OSPF...) avec différents langages de programmation.
 - Être conscient des problématiques/enjeux des réseaux traditionnels, et de l'évolution actuelle de ces réseaux pour répondre aux besoins des nouvelles technologies (la transition vers les réseaux du futur)
 - S'initier aux réseaux virtualisés et programmables du futur (exemple : les réseaux pilotés par logiciels (SDN), programmation des contrôleurs SDN)

Contenu :

- I- Initiation aux réseaux informatiques

- Concepts généraux sur les Réseaux informatiques (Réseau Internet (réseaux d'accès, réseaux d'opérateurs, cœur du réseau), réseaux de télécoms,... exemples concrets)
- Composants d'un réseau (Supports et transmission, matériel, équipements)
- Les types de réseaux (Réseaux LAN, MAN, WAN ... technologies de base utilisées)
- Organisation structurelle des réseaux(topologies : (réseau en bus, étoile, anneau), principes de fonctionnement)
- Organisation fonctionnelle des réseaux(architecture des réseaux : modèles en couches)
- Modèle de référence OSI (les 7 couches, notions d'encapsulation/décapsulation...)
- Modèle TCP/IP (couches physique, liaison, réseau, transport et applications ... protocoles utilisés dans chaque couche)
- Notions d'adressage IP (configuration, adresse MAC, adresse IP, masque sous réseau, passerelle ..ipv4/ipv6)
- Le protocole IP (Démon : En-Têtes IP avec le logiciel Packet tracer)
- Protocoles/services réseaux connus (DHCP, DNS ARP, ICMP, NAT SNMP... spanning tree)
- II- Routage IP dans les réseaux informatiques
 - Routage et commutation des paquets (principes, équipements)
 - Les bases du protocole de routage (tables de routage..)
 - Catégories de routage (Routage Statique et routage dynamique(Configuration des routeurs, Démon avec Packet Tracer)... routage centralisé et distribué, routage inter-domaine et intra-domaine)
 - Classification des algorithmes de routage (par état de lien, par vecteur de distance...Démon avec GNS3)
 - Principaux protocoles de routage (RIP, OSPF...) : Implémentation des Algorithmes pour ces protocoles de routage, algorithmes de recherche du plus court chemin (en C/Python/Java))
- III- Réseaux informatiques du futur
 - Introduction aux réseaux du Futur (réseaux programmables SDN) et à la virtualisation des réseaux.
 - Fonctionnement du protocole de communication OpenFlow.
 - Programmation des réseaux avec le SDN (Démon avec Mininet et les contrôleurs SDN tels que ONOS/ODL, HP VAN SDN controller)
 - Réseaux hybrides (transition des réseaux traditionnels vers les réseaux futurs)

[BAWE11]

BASES DU WEB

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Évaluation (2^e session)

Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ2

Découpage

- Cours/TP : 8 séance(s)
- TP : 4 séance(s)

Objectifs : L'objectif du module est d'enseigner les bases de la programmation web de sorte que les apprenants soient capable d'éditer un site web basique.

Contenu :

A minima, les apprenants verront les bases des langages suivants :

- HTML
- CSS
- PHP
- SQL
- Javascript

[MOOB11]

MODÉLISATION OBJET

Évaluation (1^{re} session)

- Examen sur table (EXAM)
- Contrôle continu (CC)
- Moyenne : $EXAM1 * 0.7 + CC * 0.3$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 4 séance(s)
- TD : 2 séance(s)
- TP : 4 séance(s)
- TP Noté : 1 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Maîtriser les concepts objets et les bases de la modélisation objet au travers des langages Java et UML.

Introduction brève aux notions de patron de conception.

Contenu :

- Concepts et Langages Objets à travers le Java,
- Notions de base en UML,
- Bonnes pratiques de programmation objet

- Introduction aux patrons de conception

Responsable de l'UE : MOUILLERON Christophe

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Acquérir les bases en mathématiques.

Module 1 Algèbre

Module 2 Analyse 1

Module 3 Probabilité

Module 4 Modélisation mathématique

[ALGE11]**ALGÈBRE**

Évaluation (1^{re} session)

— Contrôle continu (CC)

— Examen sur table (EXAM)

Moyenne : $(COCO1 + 2 * EXAM1) / 3$

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM2

Découpage

— Cours/TD : 15 séance(s)

— Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Donner une compréhension et des éléments de base d'algèbre nécessaires pour le reste des matières de la formation.

Contenu :

— Preuve par récurrence

— Calcul matriciel : opérations de base, déterminant, inversion (par pivot de Gauss et par Co-matrice), valeurs et vecteurs propres, diagonalisation

— Ensembles et fonctions : base de la théorie des ensembles, injection / surjection / bijection

— Combinatoire : permutations, arrangements, combinaisons

— Arithmétique : PGCD, identité de Bézout / algorithme d'Euclide étendu, théorème des restes chinois

[ANAL11]**ANALYSE 1**

Évaluation (1^{re} session) Contrôle continu (CC)

Moyenne : CC1

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM1

Découpage

— Cours/TD : 12 séance(s)

Objectifs : Ce cours a pour objectif d'offrir aux étudiants une base solide en analyse. Différents sujets utiles pour tout futur ingénieur seront abordés au fil des séances. Chaque séance sera articulée autour d'exercices permettant de manipuler et d'illustrer l'importance des notions présentées.

Contenu :

— Fonctions d'une variable réelle

— Calcul d'intégrales

— Nombres complexes

[PROB11]**PROBABILITÉ**

Évaluation (1^{re} session) Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EX1

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM2

Découpage

— Cours : 6 séance(s)

— TD : 4 séance(s)

— TP : 1 séance(s)

— Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Ce cours donne les fondements des probabilités en vue des applications dans le domaine des mathématiques appliquées telle que la modélisation aléatoire utilisée dans beaucoup de domaines comme en statistique, en physique, en informatique, ...

Contenu :

- Evénements et opérations sur les ensembles,
- probabilité et ses propriétés,
- probabilité conditionnelle,
- variables aléatoires discrètes,
- variables aléatoires continues,
- couples de variables aléatoires : le cas gaussien,
- vecteurs aléatoires.

[MOMA11]

MODÉLISATION MATHÉMATIQUE

Évaluation (1^{re} session)

- TP noté (TPN)
- TP noté (TPN)
- TP noté (TPN)
- TP noté (TPN)
- TP noté (TPN)

Moyenne : moyenne des TP notés

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- TP : 16 séance(s)

Objectifs : Ce cours est organisé en une succession de séances, abordant chacune un problème mathématique concret.

Pour chaque problème, les apprenants sont alors amenés à :

- comprendre et modéliser ce problème,
- mettre en place une ou plusieurs solutions à l'aide d'outils informatiques,
- analyser et critiquer la qualité (pertinence et performance) des résultats obtenus.

Contenu :

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Les acquis professionnels mesurent la valeur du travail en entreprise. Son objectif est de s'assurer premièrement que l'apprenant travaille correctement dans son entreprise et secondement que son entreprise lui donne tous les moyens nécessaires pour effectuer son travail.

Évaluation (1^{re} session)

- Visite en entreprise (VISITE)
- Suivi apprenti (SUIVI)
- Moyenne : $(VISI+4*SUIV)/5$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Examen : 1 séance(s)

Contenu :

Une visite en entreprise est effectuée avec le tuteur pédagogique, le maître d'apprentissage et l'élève. Le tuteur se déplace si possible en entreprise pour visiter les locaux et assister à une présentation des activités de l'élève. Elle se conclue par une discussion permettant de s'assurer du bon environnement de travail de l'élève et pour répondre aux questions du maître d'apprentissage ou de l'élève vis-à-vis de la formation.

Un suivi est aussi effectué par le maître d'apprentissage consiste en une simple évaluation du travail de l'élève par le maître d'apprentissage relativement au contrat d'objectif donné en début d'année.

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Enseigner un premier ensemble notions utiles au travail d'un ingénieur en entreprise.

Module 1 [Anglais S1](#)

Module 2 [Droit de l'informatique](#)

Module 3 [Evolution du management des RH et de l'organisation](#)

Module 4 [Marketing et organisations commerciales](#)

[ANGL11]**ANGLAIS S1**

Évaluation (1^{re} session)

— Assiduité (ASSI)

— Contrôle continu (CC)

Moyenne : $(ASSI1 + 4 * COCO1) / 5$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

— Cours/TD : 22 séance(s)

Objectifs : — Améliorer ses compétences à l'écrit et à l'oral par rapport à son niveau initial en anglais

— Tendre au minimum vers le niveau B2 du CECRL

— Se préparer à l'utilisation de l'anglais dans un contexte professionnel

Contenu :

— Etude d'articles récents tirés de la presse anglophone

— Simulation de situations de la vie courante et de la vie professionnelle

— Discussion et travail de groupe

— Exercices formatifs sur la maîtrise de la langue

[DINT11]**DROIT DE L'INFORMATIQUE**

Évaluation (1^{re} session) ORAL (ORA)

Moyenne : ORA1

Évaluation (2^e session)

ORAL (ORA)

Moyenne : ORAL2

Découpage

- Cours : 7 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Initier les étudiants aux règles juridiques applicables à l'informatique et aux informaticiens, en abordant le sujet sous un angle pratique, concret et pragmatique.

Contenu :

- Intrusions et dénis de service
- Informatique et libertés
- Cryptographie
- Conservation des journaux de connexion
- Surveillance des salariés
- Signature électronique
- Charte informatique
- Éléments de veille

[EMRH11]ÉVOLUTION DU MANAGEMENT DES RH ET DE L'ORGANISATION

Évaluation (1^{re} session)

- Projet (PROJ)
 - Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : $(3*PROJ1+EXAM1)/4$

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)
Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 4 séance(s)
- TD : 2 séance(s)
- TP : 1 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : L'objectif de cette gestion est de mobiliser et développer les ressources du Personnel pour une plus grande efficacité au profit de la productivité d'une Organisation mais aussi du salarié.

Contenu :

- Les « noms » de la fonction ressources humaines
- Les outils utilisés par la fonction ressources humaines
- La stratégie de la fonction ressources humaines
- Le responsable des ressources humaines
- Les caractéristiques de la fonction ressources humaines
- Le Droit et la fonction ressources humaines, les limites de la fonction ressources humaines

[MAOC11]

MARKETING ET ORGANISATIONS COMMERCIALES

Évaluation (1^{re} session)

- Examen sur table (EXAM)
 - Projet (PROJ)
- Moyenne : (EXAM1+PROJ1)/2

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours : 4 séance(s)
- TD : 1 séance(s)
- TP : 1 séance(s)
- Examen : 2 séance(s)

Objectifs : Comprendre la stratégie marketing de l'entreprise pour intégrer le facteur commercial dans les conceptions de projet. Connaître l'organisation du marketing et sa valeur ajoutée dans la chaîne des valeurs.

Contenu :

- Découvrir les fondamentaux du marketing, le marché cible, les besoins, la concurrence.
 - Les critères de segmentation d'un marché.
 - Le marketing mix d'un produit et d'un service.
 - Passer d'une optique vente produit à une optique vente marketing de la demande
 - Le cycle de vie d'un produit
 - Les matrices de décision : BCG ...
 - Du ciblage au positionnement produit/service
 - Approche commerciale
 - Aspect psychologique de la vente
 - Identifier les motivations du client
 - La découverte des besoins
 - Savoir argumenter : méthode QOA
 - Savoir répondre aux objections
 - L'écoute active
 - Savoir conclure en mettant en avant sa valeur ajoutée.

SEMESTRE 2 - TRONC COMMUN

TABLE DES MATIÈRES

[INFO12] UE Informatique	22
[PSSI12] Politique de sécurité des systèmes d'information	22
[PRFO12] Programmation fonctionnelle	23
[PRIN12] Projet informatique	23
[RESE12] Réseaux	24
[STDO12] Structures de données	25
[BDWA12] Bases de données et web avancé	26
[MATH12] UE Mathématiques	27
[LOMA12] Logique	27
[STAT12] Statistique inférentielle	28
[THAG12] Théorie des graphes	28
[ANAL12] Analyse 2	29
[MISS12] UE Acquis professionnels	30
[ENTR12] Acquis professionnels S2	30
[SCIN12] UE Sciences de l'ingénieur	31
[ANGL12] Anglais S2	31
[EXEO12] Expression écrite et orale	31
[RHEN12] Communication et Relation Humaine en Entreprise	32

Responsable de l'UE : BANNOUR Fetia

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Acquérir les bases de l'informatique qui n'ont pas été enseignées au premier semestre. À ces cours sont adjoints des projets pour pratiquer.

Module 1 Politique de sécurité des systèmes d'information

Module 2 Programmation fonctionnelle

Module 3 Projet informatique

Module 4 Réseaux

Module 5 Structures de données

Module 6 Bases de données et web avancé

[PSSI12] POLITIQUE DE SÉCURITÉ DES SYSTÈMES D'INFORMATION

Évaluation (1^{re} session)

— Contrôle continu (CC)

— Examen sur table (EXAM)

Moyenne : $(4 \cdot \text{COCO1} + 6 \cdot \text{EXAM1}) / 10$

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM2

Découpage

— Cours : 6 séance(s)

— TD : 2 séance(s)

Objectifs : Introduire les principales problématiques de sécurité du SI en entreprise du point de vue fonctionnel et organisationnel (et non technique). Connaître le contexte cybercriminel pour pouvoir traiter efficacement les risques et les menaces.

Contenu :

— Contexte – La Cybercriminalité – Les Enjeux – Définitions essentielles – Exemples de menaces

- Organisation de la sécurité – Gouvernance et Stratégie – Les Acteurs – Les Outils
- Hygiène informatique – Modèles de défense – Défense du réseau – Défense des données (Chiffrement) – Contrôle des Accès (Authentification/Habilitations) – Défense des applications – Défense des terminaux
- Continuité et reprise d'activité – Définitions – PCA/PRA
- À titre personnel – Quelques règles essentielles
- Points divers et perspectives – Cloud, Big Data, IA – Conclusion

[PRFO12]

PROGRAMMATION FONCTIONNELLE

Évaluation (1^{re} session)

- Examen sur table (EXAM)
- Contrôle continu (CC)
- Moyenne : $(2*EXAM1+CC1)/3$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : (EXAM2)

Découpage

- Cours : 8 séance(s)
- TP : 7 séance(s)
- TP Noté : 1 séance(s)

Objectifs : Aborder le paradigme de programmation fonctionnelle et approfondir les connaissances des structures des données.

Contenu :

- Noyau fonctionnel d'OCaml
- Fonctions récursives
- Structures de données (listes, AVL, tableaux associatifs)
- Programmation dynamique et mémorisation
- Backtracking

[PRIN12]

PROJET INFORMATIQUE

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ1

Évaluation (2^e session)

Projet (PROJ)
Moyenne : PROJ2

Découpage

- Cours : 2 séance(s)
- TP : 10 séance(s)

Objectifs : Réaliser un projet long de programmation en se coordonnant au sein d'un groupe.

Contenu :

Le projet informatique est découpé en 3 phases.

- Un cours pour découvrir ou redécouvrir des outils utiles en programmation et en gestion de projet – La compilation avec un Makefile, – La documentation avec Doxygen – La vérification avec Valgrind – Les tests avec CUnit – L'organisation des tâches avec GanttProject – La gestion du code avec Git
- Ce cours est suivi d'un court TP sur git pour pratiquer les commandes de base (en particulier status, commit, add, pull, push, conflits, branches) et tester avec le gestionnaire de dépôt de l'école.
- Enfin, toutes les autres séances sont réservées au projet et consiste en un long sujet par groupe de 4 (faisable en séance si tout le groupe est actif) et qui nécessite d'utiliser tout ou partie des outils présentés pendant le cours.

Ce cours est mutualisé entre les formations initiales et par alternance.

[RESE12]

RÉSEAUX

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ1

Évaluation (2^e session)

ORAL (ORA)

Moyenne : ORAL1

Découpage

- Cours : 5 séance(s)
- TD : 5 séance(s)
- Examen : 2 séance(s)

Objectifs : — Apprendre le fonctionnement des réseaux informatiques (concepts généraux, théorie, modèle OSI, modèle TCP/IP, services/protocoles réseaux, technologies réseaux)

- S'initier à l'administration des réseaux (adressage IP, configuration des routeurs, analyse des paquets avec un simulateur de matériel réseau, simuler des architectures réseaux avec des logiciels de simulation ...)
- Apprendre à manipuler/implémenter des algorithmes de routage pour différents protocoles de routage (RIP, OSPF...) avec différents langages de programmation.
- Etre conscient des problématiques/enjeux des réseaux traditionnels, et de l'évolution actuelle de ces réseaux pour répondre aux besoins des nouvelles technologies (transition vers les réseaux du futur)
- S'initier aux réseaux virtualisés et programmables du futur (exemple : les réseaux pilotés par logiciels (SDN), programmation des contrôleurs SDN)

Contenu :

- Initiation aux réseaux informatiques – Concepts généraux sur les Réseaux informatiques (Réseau Internet (réseaux d'accès, réseaux d'opérateurs, cœur du réseau), réseaux de télécoms, ... exemples concrets) – Composants d'un réseau (Supports et transmission, matériel, équipements) – Les types de réseaux (Réseaux LAN, MAN, WAN ... technologies de base utilisées) – Organisation structurelle des réseaux (topologies : (réseau en bus, étoile, anneau), principes de fonctionnement) – Organisation fonctionnelle des réseaux (architecture des réseaux : modèles en couches) – Modèle de référence OSI (les 7 couches, notions d'encapsulation/décapsulation...) – Modèle TCP/IP (couches physique, liaison, réseau, transport et applications ... protocoles utilisés dans chaque couche) – Notions d'adressage IP (configuration, adresse MAC, adresse IP, masque sous réseau, passerelle ..ipv4/ipv6) – Le protocole IP (Démonstration : En-Têtes IP avec le logiciel Packet tracer) – Protocoles/services réseaux connus (DHCP, DNS ARP, ICMP, NAT SNMP... spanning tree)
- Routage IP dans les réseaux informatiques – Routage et commutation des paquets (principes, équipements) – Les bases du protocole de routage (tables de routage..) – Catégories de routage (Routage Statique et routage dynamique (Configuration des routeurs, Démonstration avec Packet Tracer)... routage centralisé et distribué, routage inter-domaine et intra-domaine) – Classification des algorithmes de routage (par état de lien, par vecteur de distance... Démonstration avec GNS3) – Principaux protocoles de routage (RIP, OSPF...) : Implémentation des Algorithmes pour ces protocoles de routage, algorithmes de recherche du plus court chemin (en C/Python/Java))
- Réseaux informatiques du futur – Introduction aux réseaux du Futur (réseaux programmables SDN) et à la virtualisation des réseaux. – Fonctionnement du protocole de communication OpenFlow. – Programmation des réseaux avec le SDN (Démonstration avec Mininet et les contrôleurs SDN tels que ONOS/ODL, HP VAN SDN controller) – Réseaux hybrides (transition des réseaux traditionnels vers les réseaux futurs)
- Evaluation : Projets par groupes d'étudiants – Projets autour du développement d'algorithmes/applications de routage (dans les réseaux traditionnels et/ou dans les réseaux futurs).

[STDO12]

STRUCTURES DE DONNÉES

Évaluation (1^{re} session)

- Examen sur table (EXAM)
 - Devoir maison (DM)
 - Projet (PROJ)
- Moyenne : $(12 \cdot EX1 + DEMA1 + 7 \cdot PROJ1) / 20$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
 - Devoir maison (DM)
 - Projet (PROJ)
- Moyenne : $(12 \cdot EXAM2 + DEMA2 + 7 \cdot PROJ2) / 20$

Découpage

- Cours : 7 séance(s)
- TD : 5 séance(s)

- TP : 3 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Travailler sur des données de plus en plus nombreuses et complexes oblige à les structurer de sorte que les algorithmes qui les manipulent soient les plus efficaces possible. L'objectif du cours est de présenter des structures de données générales (tableau, liste, arbre, graphe, ...) et des algorithmes généraux permettant de les manipuler (tri, accès aux données, ...), avec un souci d'abstraction pour dissocier la structure de données de la façon dont elle est implémentée.

Contenu :

Le cours présente :

- Les structures de données élémentaires (tableau, listes, piles, files) et les opérations élémentaires associées (création, parcours, tri)
- La mesure d'efficacité des algorithmes : notions de complexité
- Des structures plus complexes dédiées : arbre, arbre binaire, tas, graphe
- L'organisation de données volumineuse : tables de hachage

Le langage d'illustration sera Java : un langage objet facilite la structuration et l'abstraction.

[BDWA12]

BASES DE DONNÉES ET WEB AVANCÉ

Évaluation (1^{re} session) Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EX1

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 6 séance(s)
- TP : 14 séance(s)

Objectifs : Comprendre les bases pour la réalisation d'une application web minimaliste.

Contenu :

- Histoire et architecture web
- Page web statique (HTML+CSS)
- Contenu dynamique (PHP+SQL)
- Architecture MVC
- Applications interactives (Javascript)
- Sécurité d'application web

Responsable de l'UE : DUMBRAVA Stefania

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Acquérir les bases des mathématiques qui n'ont pas été enseignées au premier semestre.

Module 1 Logique

Module 2 Statistique inférentielle

Module 3 Théorie des graphes

Module 4 Analyse 2

[LOMA12]**LOGIQUE**

Évaluation (1^{re} session)

— Contrôle continu (CC)

— Examen sur table (EXAM)

Moyenne : $(\text{COCO1} + \text{EXAM1})/2$

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM2

Découpage

— Cours : 6 séance(s)

— TD : 5 séance(s)

— Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Modéliser et formaliser un problème décrit en langage naturel en une ou plusieurs formules logiques. Comprendre un raisonnement présenté sous forme symbolique, en particulier être capable de déterminer s'il est correct. Démontrer, c'est-à-dire construire un raisonnement correct utilisant les règles et/ou les algorithmes de la logique propositionnelle et du premier ordre.

Contenu :

— Logique propositionnelle : Syntaxe, sémantique, Raisonnement

- Modélisation SAT et utilisation de solveurs SAT
- Utilisation de la plateforme Edukera pour faire des preuves en déduction naturelle
- Logique du premier ordre : Syntaxe, sémantique, Raisonnement
- Modélisation de problèmes
- Utilisation de la plateforme Edukera pour faire des preuves en déduction naturelle
- Brève introduction à la preuve de programmes

[STAT12]

STATISTIQUE INFÉRENTIELLE

Évaluation (1^{re} session) Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EX1

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 5 séance(s)
- TD : 4 séance(s)
- TP : 2 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Le cours introduit les bases de la statistique inférentielle et aborde l'estimation paramétrique de lois usuelles, la construction d'un intervalle de confiance et les tests statistiques.

Contenu :

- Rappels de probabilité et de statistique descriptive,
- estimation ponctuelle,
- estimation par intervalle de confiance,
- tests statistiques

[THAG12]

THÉORIE DES GRAPHS

Évaluation (1^{re} session)

- TP noté (TPN)
 - Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : (TPNO1+EXAM1)/2

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 11 séance(s)
- TD : 12 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : La théorie des graphes est la discipline mathématique qui étudie les graphes. Les graphes sont des objets mathématiques que l'on peut étudier en tant que tels : propriétés, théorèmes etc... Les problèmes qui se posent dans les graphes viennent souvent de problèmes issus de la modélisation de problèmes pratiques. Les graphes sont un outil de modélisation puissant utilisé dans des domaines très différents et sont une aide précieuse pour la formalisation de problèmes et leur résolution. On insiste ici aussi bien sur l'aspect théorique que sur l'aspect modélisation. Egalement l'aspect algorithmique est abordé par la mise en oeuvre d'algorithmes : fermeture transitive, coloration, arbre couvrant, plus courts chemins, etc...

Contenu :

- Généralités, définitions, chaîne eulérienne, fermeture transitive
- Graphes et sous graphes particuliers : stable, absorbant, noyau, graphe planaire, coloration
- Arbre, arbre couvrant de poids minimum, arborescence
- Diamètre, rayon, centre d'un graphe
- Couplage

[ANAL12]

ANALYSE 2

Évaluation (1^{re} session) Examen sur table (EXAM)

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours/TD : 12 séance(s)

Objectifs : Ce cours a pour objectif d'offrir aux étudiants une base solide en analyse. Différents sujets utiles pour tout futur ingénieur seront abordés au fil des séances. Chaque séance sera articulée autour d'exercices permettant de manipuler et d'illustrer l'importance des notions présentées.

Contenu :

- Ordres de grandeurs, notations de Landau
- Développements limités, comportements asymptotiques
- Suites et séries

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Les acquis professionnels mesurent la valeur du travail en entreprise. Son objectif est de s'assurer premièrement que l'élève travaille correctement dans son entreprise et secondement que son entreprise lui donne tous les moyens nécessaires pour effectuer son travail.

Évaluation (1^{re} session)

- Rapport d'activité apprenti (RAPPORT)
- Suivi apprenti (SUIVI)
- Moyenne : $(RAPP1+4*SUIV1)/5$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Examen : 1 séance(s)

Contenu :

Le rapport d'activité permet au tuteur pédagogique de comprendre un peu plus en profondeur les détails des activités de l'élève au cours de l'année. Sous forme écrite, elle permet à l'élève de s'entraîner à écrire des rapports et à décrire son travail de manière professionnelle.

Le suivi du maître d'apprentissage consiste en une simple évaluation du travail de l'élève par le maître d'apprentissage relativement au contrat d'objectif donné en début d'année.

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Renforcer les compétences en communication.

Module 1 [Anglais S2](#)

Module 2 [Expression écrite et orale](#)

Module 3 [Communication et Relation Humaine en Entreprise](#)

[ANGL12]**ANGLAIS S2**

Évaluation (1^{re} session)

— Assiduité (ASSI)

— Contrôle continu (CC)

Moyenne : $(ASSI1 + 4 * COCO1) / 5$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

— Cours/TD : 22 séance(s)

Objectifs : — Améliorer ses compétences à l'écrit et à l'oral par rapport à son niveau initial en anglais

— Tendre au minimum vers le niveau B2 du CECRL

— Se préparer à l'utilisation de l'anglais dans un contexte professionnel

Contenu :

— Etude d'articles récents portant sur des thèmes variés (sujets de société, sciences et technologies, différences culturelles)

— Simulation de situations de la vie courante et de la vie professionnelle

— Discussion et travail de groupe

— Exercices formatifs sur la maîtrise de la langue

[EXEO12]**EXPRESSION ÉCRITE ET ORALE**

Évaluation (1^{re} session)

- Devoir maison (DM)
 - ORAL (ORA)
 - Assiduité (ASSI)
- Moyenne : $(DEMA1 + ORAL1 + 0 * ASSI1) / 2$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours : 12 séance(s)
- TD : 4 séance(s)

Objectifs : — Acquérir les notions fondamentales de la communication efficace.

- Disposer d'éléments de compréhension des principaux mécanismes de la communication.
- Identifier et mettre en valeur ses capacités d'expression
- Acquérir des outils et des techniques pour être plus à l'aise lors des prises de parole
- Savoir se présenter, savoir exposer un travail personnel ou collectif
- Construire des supports visuels de présentation efficaces
- Apprendre à argumenter un projet – les fondamentaux de l'argumentation.
- Disposer de méthodes et d'explications pour savoir élaborer le rapport écrit conformément aux consignes

Contenu :

- Nommer des effets produits dans une communication
- Identifier les différents types de langages (verbal – non verbal – para-verbal)
- La prise de parole : le fond, la forme
- Analyse d'une prise de parole
- Conditions favorables à la communication orale, gestion du trac
- Les outils, les techniques facilitant la prise de parole
- Apprentissage des mécanismes de maîtrise de l'argumentation
- Rappel des règles de rédaction : orthographe, verbes faibles, lisibilité ...
- Conseils et méthodes de rédaction d'un rapport :
 - Introduction et conclusion
 - Présentation de l'entreprise, du service et de sa place
 - Bilan personnel

[RHEN12] COMMUNICATION ET RELATION HUMAINE EN ENTREPRISE

Évaluation (1^{re} session)

- Examen sur table (EXAM)
 - ORAL (ORA)
 - Assiduité (ASSI)
- Moyenne : $(EXAM1 + ORAL1 + 0 * ASSI1) / 2$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours : 6 séance(s)
- TD : 2 séance(s)

Objectifs : — Comprendre l'évolution des RH dans l'entreprise

- Comprendre les mécanismes de la GPEC (Gestion Prévisionnelle de l'Emploi et des Compétences)
- Identifier différents styles de management
- Identifier les leviers de la motivation d'une équipe
- Identifier les mécanismes des relations avec l'autre dans une situation de demande ou de critique.
- Découvrir son mode de fonctionnement, de prise de décision dans son environnement professionnel

Contenu :

- Historique des RH depuis le Taylorisme jusqu'aux entreprises libérées
- La pyramide de Maslow
- La GPEC, la notion d'employabilité et le bilan social
- Les points forts d'un manager efficace
- Fonctions principales et rôles des RH et du manager
- Le management situationnel défini par Hersey & Blanchard
- Qu'est-ce que l'écoute ? Qu'est-ce que l'assertivité ?

Deuxième année

La deuxième année est composée de deux semestres de tronc communs. Les enseignements sont axés sur des notions avancées dans les domaines de l'informatique, mathématique et sciences de l'ingénieur. En plus de ces enseignements, chaque alternant peut, avec l'accord de son entreprise, choisir une UE de spécialisation au semestre 3 et une UE de spécialisation au semestre 4 parmi celles proposées dans ce document.

SEMESTRE 3 - TRONC COMMUN

TABLE DES MATIÈRES

[INFO23] UE Informatique	37
[BADO23] Big Data / Bases de données NOSQL	37
[IENE23] Impact environnemental du numérique	38
[ITIC23] Ingénierie de tests et intégration continue	38
[SYIW23] Système d'info automatisé (Web services)	39
[MATH23] UE Mathématiques	41
[ANDO23] Analyse de données	41
[OSCO23] Optimisation sans contrainte	42
[MISS23] UE Acquis professionnels	44
[ENTR23] Acquis professionnels S3	44
[SCIN23] UE Sciences de l'ingénieur	45
[ANGL23] Anglais S3	45
[EGME23] Economie générale et micro-économie de l'entreprise	46
[MAPR23] Management de projet	47
[TEFC23] Techniques financières et comptables	48

Responsable de l'UE : LIGOZAT Anne-laure

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Cette UE décrit des notions plus avancées de développements informatique.

Module 1 [Big Data / Bases de données NOSQL](#)

Module 2 [Impact environnemental du numérique](#)

Module 3 [Ingénierie de tests et intégration continue](#)

Module 4 [Système d'info automatisé \(Web services\)](#)

[BADO23]**BIG DATA / BASES DE DONNÉES NOSQL**

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ1

Évaluation (2^e session)

Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ2

Découpage

— Cours : 24 séance(s)

Objectifs : Les objectifs pédagogiques sont les suivants :

- Comprendre les limites des bases de données relationnelles classiques
- Avoir une vision globale de l'écosystème des technologies NoSql / Big Data, avec les forces et faiblesses de chaque technologies
- Comprendre les forces et faiblesses de la programmation fonctionnelle sur la programmation impérative
- Manipuler les systèmes NoSql les plus fréquemment utilisés
- Travailler avec un système de fichier distribué
- Comprendre les enjeux et méthodes pour adresser la scalabilité des applications

Contenu :

- Docker et conteneurisation
- Introduction au Big Data
- Algèbre relationnel
- Informatique distribuée et théorème CAP
- Scalabilité et analyse de performances des systèmes SQL

- Pratique de Mongo DB
- Pratique de Redis
- Pratique de ElasticSearch
- Pratique de Neo4j
- Système de fichiers distribués
- Pratique de Hadoop et HDFS
- Programmation fonctionnelle
- Pratique de Scala et Spark

[IENE23]

IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE

Évaluation (1^{re} session) Devoir maison (DM)

Moyenne : DM1

Évaluation (2^e session)

Devoir maison (DM)

Moyenne : DM2

Découpage

- Cours : 4 séance(s)
- TD : 4 séance(s)

Objectifs : L'objectif de cet enseignement est de faire prendre conscience des impacts environnementaux du numérique et de présenter des moyens de les limiter.

Contenu :

- Enjeux environnementaux et prise en compte dans nos sociétés : enjeux (climat, énergie, biodiversité...), notion de développement durable et dimensions, enjeux sociétaux et politiques...
- Impacts environnementaux du numérique : impacts directs et indirects, mesures des impacts (analyse de cycle de vie, bilan d'émissions de gaz à effet de serre...)
- Éco-conception de services numériques : politique numérique durable, éco-conception de services et solutions (infrastructures, applications)

[ITIC23]

INGÉNIERIE DE TESTS ET INTÉGRATION CONTINUE

Évaluation (1^{re} session)

- Contrôle continu (CC)
 - Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : (COCO1+EXAM1)/2

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 7 séance(s)
- TP : 8 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Mesurer l'importance des phases de validation et de vérification dans le cycle de vie du logiciel. Acquérir les bases des techniques de test et tout particulièrement du test unitaire. Introduire les techniques de test d'intégration et le processus d'intégration continue.

Contenu :

- Place de la validation et vérification dans le cycle de développement du logiciel, objectifs, panorama des différentes techniques
- Test fonctionnel, mise en œuvre avec JUnit sur des programmes Java
- Test structurel, critères de couverture orientés chemins, expérimentation avec l'outil Path-Crawler (programmes C)
- Test d'intégration
- Intégration continue

[SYIW23]

SYSTÈME D'INFO AUTOMATISÉ (WEB SERVICES)

Évaluation (1^{re} session) TP noté (TPN)

Moyenne : TPN1

Évaluation (2^e session)

TP noté (TPN)

Moyenne : TPNO2

Découpage

- Cours : 9 séance(s)
- TP : 14 séance(s)
- TP Noté : 1 séance(s)

Objectifs : — Comprendre la notion d'architectures orientées service

- Maîtriser le modèle des services web
- Connaître les standards utilisés dans l'industrie

Contenu :

- Les architectures orientées services (SOA)
- Du métier aux architectures de services :
 - Concepts et enjeux. Le concept de service
- La SOA :
 - Modèle conceptuel
 - La fonction d'orchestration : gestion de contexte, transactionnelle, logique applicative
- Les modèles d'exposition de services et de découverte de services

- Du BPM à l'architecture de services
- Déclinaison technique : standards et technologies
 - XML / SOA
 - Les Web services
 - Les standards
 - Les ESB
 - Rôle des annuaires de services

Responsable de l'UE : VO Thi phuong thuy

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Cette UE décrit des notions avancées de science des données.

Module 1 [Analyse de données](#)

Module 2 [Optimisation sans contrainte](#)

[ANDO23]**ANALYSE DE DONNÉES**

Évaluation (1^{re} session)

— Projet (PROJ)

— TP noté (TPN)

Moyenne : $0.7 * (PROJ1) + 0.3 * (TPNO1)$

Évaluation (2^e session)

Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ2

Découpage

— Cours : 12 séance(s)

— TD : 11 séance(s)

— Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Le but de l'analyse de données est de synthétiser et de structurer l'information contenue dans des données multidimensionnelles. Cet enseignement permet d'apporter les connaissances (théoriques et pratiques) nécessaires à l'analyse statistique de ces données dites aussi multivariées. A l'issue de ce cours l'étudiant devra savoir traiter et décrire l'information contenue dans des grands ensembles de données ; mettre en pratique sous les logiciels R ou Python des outils d'analyse statistique descriptive multivariée. Il devra également savoir interpréter les résultats obtenus.

Contenu :

Deux groupes de méthodes sont étudiés :

— les méthodes factorielles : réduire le nombre de variables en les résumant par un petit nombre de composantes synthétiques.

Cette partie constituera l'essentiel de notre cours :

— Analyse en Composantes Principales (ACP)

- Analyse des Correspondances (AC)
- Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)
- Analyse Discriminante Descriptive ;
- Analyse des Correspondances Multiples (ACM)
- Les méthodes de classification : réduire la taille de l'ensemble des individus en formant des groupes homogènes (Kmeans , Clustering).

Quelques références :

CM BISHOP (2006) Pattern recognition and machine Learning. Springer

C. CHATFIELD and AJ COLLINS (1980) Introduction to multivariate analysis. Science paperbacks

T HASTIE, R TIBSHIRANI, and J FRIEDMAN (2009). The Elements of Statistical Learning, 2d ed, Springer.

G. SAPORTA : Probabilités, statistique et analyse des données, Technip, 2006.

[OSCO23]

OPTIMISATION SANS CONTRAINTE

Évaluation (1^{re} session)

- TP noté (TPN)
- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : $1/2 * (TPNO1) + 1/2 * (EXAM1)$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : (EXAM2)

Découpage

- Cours : 11 séance(s)
- TD : 6 séance(s)
- TP : 5 séance(s)
- TP Noté : 1 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Tout phénomène pouvant être décrit par un modèle mathématique est susceptible d'être relié à une fonction qui peut être optimisée. C'est pourquoi l'optimisation est un domaine qui a connu beaucoup de développements théoriques et a en même temps un large champs d'applications incluant par exemple la recherche opérationnelle, la théorie des jeux, la théorie du contrôle et de la commande, l'économie et la finance. Le but du cours est d'introduire les fondements théoriques garantissant l'existence ou l'unicité d'un problème d'optimisation et de donner les outils numériques d'approximation de ces solutions lorsqu'elles ne peuvent être décrites analytiquement.

Contenu :

1. Introduction

2. Calcul de gradient et de matrice hessienne
3. Convexité
4. Conditions d'existence d'un extremum local
5. Conditions d'existence d'un extremum global
6. Algorithmes de recherche d'extremum (méthode du gradient – méthode de Newton – méthode des directions conjuguées – méthode de quasi-Newton)
7. Introduction à la programmation linéaire.

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Les acquis professionnels mesurent la valeur du travail en entreprise. Son objectif est de s'assurer premièrement que l'élève travaille correctement dans son entreprise et secondement que son entreprise lui donne tous les moyens nécessaires pour effectuer son travail.

Évaluation (1^{re} session)

- Visite en entreprise (VISITE)
- Suivi apprenti (SUIVI)
- Moyenne : $(VISI1+4*SUIV1)/5$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Examen : 1 séance(s)

Contenu :

Une visite en entreprise est effectuée avec le tuteur pédagogique, le maître d'apprentissage et l'élève. Le tuteur se déplace si possible en entreprise pour visiter les locaux et assister à une présentation des activités de l'élève. Elle se conclue par une discussion permettant de s'assurer du bon environnement de travail de l'élève et pour répondre aux questions du maître d'apprentissage ou de l'élève vis-à-vis de la formation.

Un suivi est aussi effectué par le maître d'apprentissage consiste en une simple évaluation du travail de l'élève par le maître d'apprentissage relativement au contrat d'objectif donné en début d'année.

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Cette UE comprends des cours d'économie et de gestion de projet.

Module 1 [Anglais S3](#)

Module 2 [Economie générale et micro-économie de l'entreprise](#)

Module 3 [Management de projet](#)

Module 4 [Techniques financières et comptables](#)

[ANGL23]**ANGLAIS S3**

Évaluation (1^{re} session)

- Assiduité (ASSI)
- Contrôle continu (CC)
- Moyenne : $(ASSI1+4*COCO1)/5$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours/TD : 22 séance(s)

Objectifs : — Améliorer ses compétences à l'écrit et à l'oral par rapport à son niveau initial en anglais

- Tendre au minimum vers le niveau B2 du CECRL
- Se préparer à l'utilisation de l'anglais dans un contexte professionnel
- Se familiariser avec le format d'un test certifiant

Contenu :

- Etude d'articles anglophones récents (sujets de société, sciences et technologies, différences culturelles)
- Simulation de situations de la vie courante et de la vie professionnelle
- Discussion et travail de groupe
- Exercices formatifs sur la maîtrise de la langue
- Entraînement dans les conditions de l'épreuve de certification

[EGME23]ECONOMIE GÉNÉRALE ET MICRO-ÉCONOMIE DE L'ENTREPRISE

Évaluation (1^{re} session)

- Examen sur table (EXAM)
- Contrôle continu (CC)
- Moyenne : $(COCO1 + 2EXAM1) / 3$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 11 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Le cours d'économie générale et de microéconomies de l'entreprise utilise des théories, des modèles et des concepts qui nous permettent de comprendre et d'analyser les relations entre tous les acteurs (entreprises, ménages, Etat...), et de comprendre comment s'opèrent les choix au niveau de l'entreprise et du consommateur d'une part, et d'autre part, au niveau national comment se font les choix et décisions politiques par exemple. L'enseignement de l'économie a également pour objectif d'être un enseignement d'appui en cohérence avec les enseignements professionnels et de spécialité

Contenu :

- Economie générale
 - Introduction
 - Objet de l'économie et éléments de théories économiques et représentation de l'activité économique
 - La coordination des décisions économique
 - Les agents économiques
 - Les opérations économiques (production, consommation, production)
 - L'échange sur les marchés (le prix et les décisions des agents économiques)
 - Le rôle de l'Etat et le fonctionnement du marché
 - Le financement de l'activité économique
 - Les institutions financières et leur rôle
 - Financement direct
 - Financement indirect
- Partie micro-économie de l'entreprise
 - Introduction
 - Objet de la micro-économie de l'entreprise et éléments de la théorie des choix du producteur et du consommateur
 - Présentation générale de l'entreprise (définition et typologie des entreprises)
 - La production et les coûts de l'entreprise
 - Le comportement de l'entreprise dans les deux situations de référence (en concurrence parfaite et monopole)

Évaluation (1^{re} session)

- Contrôle continu (CC)
- ORAL (ORA)
- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : (COCO1+ORAL1+EXAM1)/3

*Évaluation (2^e session) Non rattrapable**Découpage*

- Cours : 11 séance(s)
- TD : 12 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : A l'issue de ce cours, les étudiants connaîtront les processus et indicateurs de performance mis en œuvre dans la gestion de projet. Le cours est basé sur le modèle Project Management Book (PMBOK) réalisé par le Project Management Institute (PMI).

Ainsi, le cours abordera différents thèmes, afin de savoir :

- Identifier les différents acteurs du projet et connaître leur rôle,
- Mettre en place la gouvernance d'un projet et les indicateurs à suivre,
- Piloter la production des livrables
- Mettre en place les différents outils de suivi du projet,
- Connaître les méthodes d'estimation et de planification d'un projet,
- Mettre en place le contrôle qualité du projet et de la satisfaction client,
- Identifier les facteurs de risque et anticiper les risques d'un projet

Contenu :

- Le projet et le chef de projet
 - Posture, Rôle, Mission et Compétences managériales du Chef de projet
 - Les différents cadres de gestion de projet (PRINCE 2, PMBOK, ITIL,..)
- Le Gouvernance de projets
 - Les différentes réunions de suivi de projet
 - Le reporting et la traçabilité
- L'estimation, planification et coût des projets
 - Méthodologie
 - Outils appliqués à la méthode
- La Qualité sur un projet
 - Les normes applicables sur un projet (AFNOR / ISO /..)
 - Le contrôle qualité des livrables et la Satisfaction Client

Évaluation (1^{re} session)

- Examen sur table (EXAM)
- Contrôle continu (CC)
- Moyenne : $(COCO1 + 2 * EXAM1) / 3$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 11 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Le cours de techniques financières et comptables présente de manière synthétique les principaux fondements théoriques et outils pratiques nécessaires pour aborder des problèmes concrets de prise de décision notamment financière au sein de l'entreprise.

Contenu :

Le cours s'organise autour de trois thèmes majeurs :

- Le diagnostic financier
 - Analyse de l'activité et les résultats d'une entreprise
 - Analyse du bilan et la situation financière d'une entreprise
 - Rentabilité et endettement
 - Notion d'effet de levier financier
 - Diagnostic économique et financier
- La décision d'investissement
 - Les caractéristiques d'un projet d'investissement
 - Les critères de choix des investissements en avenir certain
 - Les critères de choix des investissements en avenir incertain
- La décision de financement
 - Financement par fonds propres
 - Financement par endettement
 - Choix d'une structure financière optimale

SEMESTRE 3 - OPTIONS

Avec l'accord de son entreprise, un apprenant peut choisir une UE parmi celle du tableau suivante. Le tableau indique également les demi-journées prévisionnelles pour ces enseignements. Un calendrier précis est fourni aux apprentis au plus tard à la rentrée de leur deuxième année.

Demi-journée	Cours
Lundi matin	ASCO23
	GADE23
	MERR23
Lundi après-midi	ARSE23
Mardi après-midi	PRFO23
	PRST23
	PRPA23

TABLE DES MATIÈRES

[ARSE23] Architecture d'un système d'exploitation	51
[ARSE23] Architecture d'un système d'exploitation	51
[ASCO23] Assembleur et compilation	53
[ASCO23] Assembleur et compilation	53
[GADE23] Développement de jeux vidéo 1	55
[GADE23] Développement de jeux vidéo 1	55
[MERR23] Méthodes de régression régularisée	57
[CMRR23] Méthodes de régression régularisée : cours	57
[PRMR23] Méthodes de régression régularisée : projet	57
[PRFO23] Programmation fonctionnelle	59
[PRFO23] Programmation fonctionnelle	59
[PRPA23] Programmation parallèle distribuée	61
[IMPI23] Introduction à MPI	61
[PMPI23] Programmation MPI avancée	62
[PRST23] Processus stochastiques	63
[PRST23] Processus stochastiques	63

[ARSE23] ARCHITECTURE D'UN SYSTÈME D'EXPLOITATION (4 ECTS)

Responsable de l'UE : WIBER Gilles

Prérequis : Aucun

Effectif : 30

Objectifs :

Cette UE présente les éléments d'un système d'exploitation en détaillant les composants critiques pour un système HPC. Le cours s'appuiera sur le noyau Linux et des exemples de systèmes allégés.

Les étudiants seront en fin d'UE capables de décrire les différents composants d'un OS ainsi que plusieurs implémentations de ses composants. Ils sauront modifier un noyau Linux et comprendront l'influence des paramétrages/algorithmes sur les performances.

[ARSE23] ARCHITECTURE D'UN SYSTÈME D'EXPLOITATION

Évaluation (1^{re} session)

- TP noté (TPN)
- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : $(TPN1+EX1)/2$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours : 14 séance(s)
- TP : 10 séance(s)

Contenu :

1. Composants d'un système
 - Historique des systèmes
 - Besoins du HPC
 - Les composants d'un système
 - Boot d'un système
 - Génération et paramétrage du noyau Linux (TP)
2. Allocateur mémoire
 - Mécanisme de pagination au sein du système d'exploitation et optimisation matériel (TLB, huge pages,...)
 - Impact de la pagination en contexte HPC
 - Évaluation des mécanismes de pagination et mise en œuvre dans un simulateur (TD)

- Problématique de l'allocation parallèle en contexte NUMA
 - Présentation des différents allocateurs mémoire utilisateur disponibles
 - Mise en œuvre dans un allocateur utilisateur (TD)
3. Ordonnanceur
- Étude des algorithmes classiques d'ordonnancement
 - Étude de l'ordonnanceur LINUX
 - Mise en œuvre dans une bibliothèque de threads utilisateur (TD)
4. Sécurité : rôle et fonctionnement de la sécurité au sein d'un système
5. Systèmes de fichiers locaux
- Historique des systèmes de fichiers locaux
 - Les différentes architectures et mécanismes implémentés :
 - principe de VFS, journaux, COW
 - exemples : FFS, extN, ZFS, log structured FS
 - Mise en œuvre et manipulation des structures (TP : génération, debugfs, ...)
6. Debuging système
- Traces systèmes
 - Debuging système (gdb, ...)
 - Introduction à l'analyse de crash
7. Optimisations Systèmes
- Les grands principes et outils d'optimisation du système
 - Paramètres du noyau Linux
 - Systèmes allégés et différences (McKernel, mOS, ...)

Responsable de l'UE : BUREL Guillaume

Prérequis :

Programmation impérative, programmation fonctionnelle

Effectif : 62

Objectifs :

Le code binaire exécuté sur les machines peut être représenté de façon lisible par un langage assembleur. Cet UE présente les notions de base de l'assembleur, puis explique comment passer d'un langage de programmation de haut niveau à de l'assembleur grâce à la compilation. Transformer un ensemble de sources écrites dans des langages de haut niveau en code exécutable par la machine tout en l'optimisant est une tâche complexe chaîne de nombreuses étapes.

L'objet de cette UE est :

- de décrire comment sont traduites en langage machine, les principales abstractions des langages de haut niveau,
- de faire découvrir les mécanismes à l'œuvre dans un compilateur. En outre, plusieurs techniques mathématiques utiles dans de nombreux domaines de l'informatique (réécriture, calcul de point fixe, etc.) sont introduites,
- de faire connaître les outils automatisant les premières étapes de la compilation et montrer leur efficacité au cours d'un projet.

[ASCO23]**ASSEMBLEUR ET COMPILATION**

Évaluation (1^{re} session)

- Projet (PROJ)
- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : $(\text{PROJ} + 2 * \text{EXAM}) / 3$

Évaluation (2^e session)

- Projet (PROJ)
- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : $(\text{PROJ} + 2 * \text{EXAM}) / 3$

Découpage

- Cours : 10 séance(s)
- TD : 6 séance(s)
- TP : 6 séance(s)
- Examen : 2 séance(s)

Contenu :

- Code machine et langage assembleur ;
- Langage assembleur RISC-V ;
- Architecture d'un compilateur ;
- Analyse syntaxique ; générateurs d'analyseurs syntaxiques (lex/yacc) ;

- Analyse sémantique ;

- Sélection d'instructions ;
- Graphe de flot de contrôle ;
- Explicitation des conventions d'appel ;
- Analyse de durée de vie ;
- Allocation des registres.

Responsable de l'UE : FORTAT Florent

Prérequis :

Langage Objet

Projet info du S2

Effectif : 32

Objectifs :

Le premier objectif de ce cours est de donner une vision d'ensemble des moteurs de création de jeu.

Ce cours présente l'architecture d'un moteur de jeu vidéo sous ses différents aspects (rendu temps réel, physique, script de gameplay, animations, etc) avec le moteur Unity3D et avec le moteur Unreal Engine.

Les connaissances acquises sont ensuite utilisées dans le développement d'un projet de jeu. L'évaluation portera essentiellement sur les aspects techniques (et non artistiques) du développement du jeu : les solutions proposées faces aux différentes problématiques rencontrées, les bonnes pratiques et la qualité du code.

Évaluation (1^{re} session)

— TP noté (TPN)

— TP noté (TPN)

— Projet (PROJ)

Moyenne : $\text{Projet}/2 + (\text{TP1} + \text{TP2})/4$

Évaluation (2^e session)

TP noté (TPN)

Moyenne : TPR

Découpage

— Cours : 1 séance(s)

— Cours/TP : 9 séance(s)

— TP : 10 séance(s)

— TP Noté : 2 séance(s)

— Examen : 2 séance(s)

Contenu :

Architecture orientée composant

Calcul vectoriel

Blueprints (Unreal)

Lancé de rayon, gestion des collisions

Coroutines et animations

Travail d'équipe

Notions de chaîne de production vidéoludique

Notions de game design

Responsable de l'UE : MOUGEOT Mathilde

Prérequis :
pas de pré-requis

Effectif : 70

Objectifs :

Le cours MERR constitue une première étape dans l'étude des modèles d'apprentissage automatique. Il introduit les modèles prédictifs linéaires dans le cadre de la régression et de la classification : les modèles classiques comme les modèles à coefficient pénalisé sont étudiés. Ce cours présente la théorie et la pratique des modèles de régression qui sont plus sophistiqués que le modèle linéaire, mieux adaptés aux données d'aujourd'hui, notamment en présence d'une forte corrélation et de données de grande taille.

Module 1 [Méthodes de régression régularisée : cours](#)

Module 2 [Méthodes de régression régularisée : projet](#)

Évaluation (1^{re} session) TP noté (TPN)

Évaluation (2^e session)

ORAL (ORA)

Moyenne : moyenne

Découpage

— Cours : 6 séance(s)

— TP : 6 séance(s)

Objectifs : méthodes des moindres carrés ordinaires, modèles linéaires, régression ridge et lasso.

Contenu :

méthodes des moindres carrés ordinaires, modèles linéaires, régression ridge et lasso.

Évaluation (1^{re} session)

— Projet (PROJ)

— ORAL (ORA)

Moyenne : pas de formule

Évaluation (2^e session)

ORAL (ORA)

Moyenne : pas de formule

Découpage

— Cours : 1 séance(s)

— TP : 11 séance(s)

Objectifs : Applications des notions vues en cours et TD sur données réelles.

Contenu :

Applications des notions vues en cours et TD sur données réelles.

Responsable de l'UE : FOREST Julien

Pré requis :

Notions de base en programmation fonctionnelle :

- récursivité
- fonctions de premier ordre
- persistance
- type inductifs

Les apports théoriques du cours de [programmation fonctionnelle](#) de première année sont supposés acquis.

Effectif : 32

Objectifs :

Le cours a pour ambition de donner aux élèves la possibilité de choisir ou concevoir la structure de données adaptée à la résolution de leur problème et ensuite de choisir le langage et le style de programmation les plus confortables pour l'exploiter dans le cadre d'une démarche d'ingénieur. Il est organisé autour de la notion de structure de données *persistante*. Ici on s'attachera à casser quelques idées reçues sur le style fonctionnel et à définir des structures caractéristiques en mettant en avant les notions de persistance et l'ordre supérieur.

En séances de travaux dirigés les élèves sont sensibilisés aux notions de sûreté de fonctionnement et de preuve de programme, plus abordables dans un cadre persistant.

3 absences injustifiées seront sanctionnées de 4 points de pénalité sur la moyenne de l'UE et de l'impossibilité de se présenter en seconde session.

Évaluation (1^{re} session)

- Contrôle continu (CC)
 - Examen sur table (EXAM)
 - Assiduité (ASSI)
- Moyenne : $(2*CC1+3*EX1)/5$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : $(2*CC1+3*EX2)/5$

Découpage

- Cours : 9 séance(s)
- TD : 2 séance(s)
- TP : 12 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Contenu :

Le cours est illustré dans le langage ocaml :

- Noyau fonctionnel et exceptions,
- Types sommes, types inductifs,
- Ensembles comme : Liste, ABR, Arbres AVL,
- Structures d'associations, arbres de suffixes, zippers. Itérateurs sur ces structures,
- Un point sur les modules et foncteurs.

Le projet prend la forme d'un problème dont la résolution impose la mise en place et l'exploitation de structures assez avancées.

Responsable de l'UE : JAEGER Julien

Prérequis :

Programmation C/C++ nécessaire

Effectif : 30

Objectifs :

Les thèmes et compétences abordés dans cette UE sont la programmation parallèle en mémoire distribuée pour le calcul haute performance à l'aide du modèle de programmation MPI. Dans cette UE, nous aborderons tous les aspects de la programmation parallèle par passage de message, que ce soit l'utilisation de l'API, les algorithmes sous-jacents présents dans les implémentations de cette API, et les détails à prendre en compte pour réaliser un code MPI efficace.

Module 1 [Introduction à MPI](#)

Module 2 [Programmation MPI avancée](#)

[IMPI23]**INTRODUCTION À MPI**

Évaluation (1^{re} session) Examen sur table (EXAM)

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EX2

Découpage

- Cours : 4 séance(s)
- TP : 7 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : L'objet de ce module est d'appréhender les bases de la programmation parallèle avec l'APIMPI

Contenu :

- Introduction à l'API MPI
- Echanges de messages par communications en point à point
- Echanges de messages par communication collectives
- Echanges de messages par communications collectives avancées
- Description et utilisation des types dérivés
- TDs de mise en œuvre des concepts vus en cours

Évaluation (1^{re} session) Examen sur table (EXAM)

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EX2

Découpage

- Cours : 4 séance(s)
- TP : 7 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : L'objet de ce module est d'appréhender les fonctionnalités MPI avancées, telles que la lecture et l'écriture mémoire ou les RMAs. Ce module introduit également les réseaux rapides et les topologies réseaux présentes dans les supercalculateurs. Ce module propose aussi certains conseils pour produire un programme MPI efficace.

Contenu :

- Lectures et écritures parallèles de fichiers avec MPI-IO
- Echanges de messages par communications unidirectionnelles (RMA MPI)
- Introduction aux réseaux rapides
- Description des topologies réseaux
- Astuces pour produire un programme MPI efficace
- TD de mise en œuvre des concepts vus en cours

Responsable de l'UE : SAGNA Abass

Prérequis :

l'UE Probabilité du S1

Effectif : 70

Objectifs :

Cet UE introduit et développe la notion de processus stochastiques et plus particulièrement les martingales en temps discret et les chaînes de Markov. Elle donne aux élèves les fondamentaux et les outils d'analyse qui permettent de comprendre les diverses applications des processus stochastiques, notamment dans les domaines des mathématiques financières et de l'économétrie.

Évaluation (1^{re} session)

- TP noté (TPN)
- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : $(TPN1 + 2 \cdot EX1) / 3$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : EX2

Découpage

- Cours : 14 séance(s)
- TD : 6 séance(s)
- TP : 3 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

SEMESTRE 4 - TRONC COMMUN

TABLE DES MATIÈRES

[INFO24] UE Informatique	66
[INAR24] Intelligence artificielle	66
[ECPI24] Etude de cas - Projet Informatique	67
[SECU24] Sécurité des systèmes d'information - Les aspects défensifs et offensifs	67
[ICPA24] Introduction au calcul parallèle	68
[MATH24] UE Mathématiques	70
[LASF24] Langage et systèmes formels	70
[PROC24] Projet Compilation	71
[ROFA24] Recherche opérationnelle	71
[MALE24] Machine Learning	72
[MISS24] UE Acquis professionnels	74
[ENTR24] Acquis professionnels S4	74
[SCIN24] UE Sciences de l'ingénieur	75
[ANGL24] Anglais S4	75
[COMA24] Communication et affaires	76
[DTDS24] Droit du travail	77
[STDE24] Stratégie de développement de l'entreprise	78

Responsable de l'UE : BUREL Guillaume

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Cette UE introduit de nouveaux concepts avancés d'informatique théorique, de développement, de programmation et de gestion de projet.

Module 1 Intelligence artificielle

Module 2 Etude de cas - Projet Informatique

Module 3 Sécurité des systèmes d'information - Les aspects défensifs et offensifs

Module 4 Introduction au calcul parallèle

Évaluation (1^{re} session) TP noté (TPN)

Moyenne : TPN1

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours : 6 séance(s)
- TD : 4 séance(s)
- TP : 5 séance(s)
- TP Noté : 1 séance(s)

Objectifs : L'intelligence artificielle consiste à faire résoudre des problèmes par un ordinateur d'une façon qui serait qualifiée d'intelligente si c'était un être humain qui agissait ainsi. On considère dans ce cours les approches dites symboliques, qui consistent en une modélisation mathématique du problème sur laquelle sont appliquées des méthodes générales de recherche de solutions guidées par des heuristiques spécifiques au problème à résoudre. On aborde également la programmation logique, dans laquelle le problème à résoudre est décrit à l'aide de règles logiques. En pratique, ces techniques symboliques peuvent être combinées aux approches statistiques.

Contenu :

- Algorithmes de recherche : recherche aveugle, recherche informée, algorithme A*
- Algorithme de jeux : procédé minmax, élagage alpha-beta
- Programmation logique, par contraintes

[ECPI24]**ETUDE DE CAS - PROJET INFORMATIQUE**

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ1

Évaluation (2^e session)

Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ2

Découpage

— Cours : 6 séance(s)

— TD : 10 séance(s)

Objectifs : A l'issue de ce cours, les étudiants sauront mettre en pratique les éléments nécessaires au pilotage opérationnel d'un projet informatique en s'appuyant sur les principes du LEAN IT, ainsi que gérer les aléas, problèmes et interventions facteurs de stress et de d'échecs du projet.

Ainsi, le cours abordera différents thèmes afin de savoir :

- Mettre en œuvre les moyens opérationnels de réalisation de projet (Cycle de développement logiciel, LEAN IT)
- Piloter l'avancement de projet en équipe (Daily Meeting)
- Analyser l'écosystème du projet et les intérêts des différents acteurs
- Etre rigoureux pour avancer, tracer, reporter et alerter la gouvernance projet
- Faire preuve de Leadership et être proactif..

Contenu :

- Le cycle de développement logiciel
 - Les différents cycles de développement (avantages / inconvénients)
 - Les outils du LEAN IT
- Le pilotage de projet
 - Les outils de suivi et de contrôle
 - La gestion de l'équipe projet
- Le management des acteurs du projet (Client, Equipe, ...)
 - Préparation d'entretien
 - Réalisation d'entretien
 - Feedback

[SECU24]**SÉCURITÉ DES SYSTÈMES D'INFORMATION - LES ASPECTS DÉFENSIFS ET OFFENSIFS**

Évaluation (1^{re} session) TP noté (TPN)

Moyenne : TPN1

Évaluation (2^e session)

TP noté (TPN)

Moyenne : TPNO2

Découpage

- Cours : 8 séance(s)
- TD : 1 séance(s)
- TP : 6 séance(s)
- TP Noté : 1 séance(s)

Objectifs : Les principaux objectifs d'apprentissage sont les suivants :

- Comprendre les problèmes de sécurité
- Comprendre le paysage des menaces (Quoi ?)
- Comprendre les attaquants (Qui ? Pourquoi ?)
- Comprendre les attaques et les scénarios courants (Comment ?)
- Comprendre la sécurité défensive - Comprendre la sécurité des applications (Web)
- Comprendre la sécurité des réseaux
- Apprenez à gérer les incidents de sécurité
- Avoir une introduction à la criminalistique numérique

Contenu :

- Partie 1 – Introduction à la sécurité informatique
- Partie 2 – Étude de scénarios d'attaques
- Partie 3 – Rôles et implémentations de la sécurité défensive
- Partie 4 – Aspects et enjeux de la sécurité offensive
- Partie 5 – Réponse aux incidents
- Partie 6 – Investigations légales
- Partie 7 – Bilan et perspectives

[ICPA24]

INTRODUCTION AU CALCUL PARALLÈLE

Évaluation (1^{re} session) TP noté (TPN)

Moyenne : TPN

Évaluation (2^e session)

TP noté (TPN)

Moyenne : TPNO2

Découpage

- Cours/TP : 10 séance(s)
- TP Noté : 2 séance(s)

Objectifs : L'objectif du module est de donner une introduction au calcul parallèle à travers une évocation rapide des fondements théoriques du parallélisme jusqu'à la programmation parallèle. Le cours sera donné sous la forme de cours intégrés mixant cours et TP pour que les étudiant.e.s manipulent le plus possible les techniques vues dans ce module.

L'évaluation du module se fera sous la forme d'un TP noté.

Contenu :

1. Généralités autour du calcul parallèle (contexte, architecture, modèles de programmation parallèle)
2. Parallélisme à base de threads
3. Programmation parallèle en mémoire partagée (intra-noeud) : OpenMP
4. Programmation parallèle par échange de messages : MPI (si le temps le permet, sinon une brève introduction)

Responsable de l'UE : MOUILLERON Christophe

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Ce cours introduit de nouveaux concepts avancés d'informatique théorique (en particulier la théorie des langages) et d'optimisation.

Module 1 [Langage et systèmes formels](#)

Module 2 [Projet Compilation](#)

Module 3 [Recherche opérationnelle](#)

Module 4 [Machine Learning](#)

[LASF24]**LANGAGE ET SYSTÈMES FORMELS**

Évaluation (1^{re} session) Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EX1

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 7 séance(s)
- TD : 8 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : L'objectif du cours est de comprendre la problématique de description des langages.

Plusieurs approches seront présentées : reconnaissabilité par automates finis, caractérisation par une expression rationnelle, génération par une grammaire. Les aspects algorithmiques, ainsi que les liens entre ces approches, constitueront le cœur du cours.

Contenu :

- Automates finis non déterministes et déterministes, automate minimal
- Expressions rationnelles
- Grammaires hors contexte, grammaires régulières
- Liens entre ces trois notions
- Reconnaisabilité par automate fini, lemme de pompage

[PROC24]

PROJET COMPILATION

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ1

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours : 2 séance(s)
- TD : 1 séance(s)
- TP : 5 séance(s)

Objectifs : L'objectif de ce cours est d'apprendre à traiter des données, que ce soit pour analyser leur contenu ou pour transformer ces données. L'accent est mis sur la présentation, puis l'utilisation, d'outils classiques.

Contenu :

- Analyse lexicale, utilisation de Lex
- Analyse syntaxique, utilisation de Yacc
- Mise en œuvre dans le cadre d'un projet

[ROFA24]

RECHERCHE OPÉRATIONNELLE

Évaluation (1^{re} session)

- Examen sur table (EXAM)
- Contrôle continu (CC)

Moyenne : $\max(\text{COCO1} * 0.4 + \text{EXAM1} * 0.6; \text{EXAM1})$

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 12 séance(s)
- TD : 8 séance(s)
- TP : 3 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : La Recherche Opérationnelle (RO) est un ensemble de méthodes, de modèles, d'algorithmes et d'outils informatiques ou mathématiques permettant de résoudre des problèmes généralement appliqués dans l'industrie. On trouvera notamment des applications dans les **réseaux** (routage informatique, câblage), le **transport** (de personne ou de produits), la **production de matériel** (organisation des lignes de production, rotation d'équipages), les **marchés**

économiques (optimisation de portefeuilles), ... et de manière générale tous les choix techniques ou économiques qu'une entreprise doit faire. La RO est donc une forme d'**aide à la décision**.

Le principe général consiste premièrement à comprendre le problème posé (discuter avec l'humain, le client qui a un problème), deuxièmement à le reconnaître, si c'est le cas, comme un problème de RO et à le modéliser (faire abstraction des explications « floues » et « informelles » en le rationalisant sous une forme mathématique) et troisièmement à le résoudre à l'aide de méthodes ou d'algorithmes de RO connus ou similaires à des méthodes connues.

La RO est une discipline très vaste qui comporte trois grands domaines : les problèmes combinatoires, l'optimisation continue et les problèmes aléatoires. Le but du cours est d'initier les élèves à ces questions de façon à ce qu'ils soient en mesure de reconnaître un problème de RO et d'avoir quelques idées sur la façon de le traiter. Pour cela le cours abordera les grands problèmes classiques de la RO, de façon précise mais sans les approfondir, en présentant les méthodes ou algorithmes classiques pour les résoudre et les preuves qui permettent de démontrer leur exactitude. Notons que les problèmes de base concernant les chemins optimaux d'un graphe et les ordonnancements sont abordés en première année dans le cours de *théorie des graphes et optimisation dans les graphes*.

Toutes les notions vues en cours de RO pourront être développées dans les UE futures *Optimisation 1 et Optimisation 2*.

Contenu :

Le cours est divisé en trois grandes parties :

Optimisation combinatoire

- Programmation dynamique,
- Ordonnement avec contraintes de moyens et ordonnancement d'ateliers,
- Problèmes de flot : flot maximal, coupe minimale,
- Procédures arborescentes d'évaluation et de séparation,

Optimisation continue

- Programmation linéaire
- Algorithme du simplexe

Processus aléatoires

- Processus Markoviens, Chaîne de Markov,
- Processus de naissance et de mort et files d'attente.

[MALE24]

MACHINE LEARNING

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ1

Évaluation (2^e session)

Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ2

Découpage

- Cours : 20 séance(s)

Objectifs : Les objectifs pédagogiques sont les suivants :

- Comprendre les possibilités et les limites du Machine Learning
- Augmenter l'autonomie sur la structuration et le nettoyage de données
- Transformer des variables de tout type en représentations numériques pertinentes pour le Machine Learning
- Construire des modèles prédictifs à partir de données d'apprentissage
- Interpréter des modèles, analyser leurs comportements, erreurs, performances et impacts pour ensuite les optimiser
- Maîtriser l'application des techniques de Machine Learning sur des problématiques métiers

Contenu :

- Introduction au machine learning
- Rappels de mathématiques
- Calcul matriciel sous python
- Classification supervisée
- Conception naïve d'algorithmes de machine learning
- Gestion de dataframe en python
- Data visualisation au service de l'exploration des données
- Challenge sur un problème de regression (calcul de prix immobiliers)
- Classification non supervisée
- Text Mining
- Challenge de Text Mining

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Les acquis professionnels mesurent la valeur du travail en entreprise. Son objectif est de s'assurer premièrement que l'élève travaille correctement dans son entreprise et secondement que son entreprise lui donne tous les moyens nécessaires pour effectuer son travail.

Évaluation (1^{re} session)

- Rapport d'activité apprenti (RAPPORT)
- Suivi apprenti (SUIVI)
- Moyenne : $(RAPP1+4*SUIV1)/5$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Examen : 1 séance(s)

Contenu :

Le rapport d'activité permet au tuteur pédagogique de comprendre un peu plus en profondeur les détails des activités de l'élève au cours de l'année. Sous forme écrite, elle permet à l'élève de s'entraîner à écrire des rapports et à décrire son travail de manière professionnelle.

Le suivi du maître d'apprentissage consiste en une simple évaluation du travail de l'élève par le maître d'apprentissage relativement au contrat d'objectif donné en début d'année.

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Ce cours introduit des notions de communication, de droit du travail et de stratégie de développement dans les entreprises.

Module 1 [Anglais S4](#)

Module 2 [Communication et affaires](#)

Module 3 [Droit du travail](#)

Module 4 [Stratégie de développement de l'entreprise](#)

[ANGL24]**ANGLAIS S4**

Évaluation (1^{re} session)

- Assiduité (ASSI)
- Contrôle continu (CC)
- Moyenne : $(ASSI1+4*COCO1)/5$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours/TD : 22 séance(s)

Objectifs :

- Améliorer ses compétences à l'écrit et à l'oral par rapport à son niveau initial en anglais
- Tendre au minimum vers le niveau B2 du CECRL
- Être capable de communiquer en anglais dans un contexte professionnel
- Se familiariser avec le format d'un test certifiant

Contenu :

- Etude d'articles anglophones récents (sujets de société, sciences et technologies, différences culturelles)
- Simulation de situations de la vie courante et de la vie professionnelle
- Discussion et travail de groupe
- Exercices formatifs sur la maîtrise de la langue
- Entraînement dans les conditions de l'épreuve de certification
- Passage du test certifiant

Évaluation (1^{re} session)

- Examen sur table (EXAM)
- Projet (PROJ)
- Moyenne : (EXAM1+PROJ1)/2

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 12 séance(s)

Objectifs : — Faire comprendre l'importance des réunions, de la communication au sein et à l'extérieur de l'entreprise.

- Savoir argumenter.
- Savoir négocier

Contenu :

- 1) PREPARER ET CONDUIRE UNE REUNION

Objectifs pédagogiques

- Appliquer les méthodes et outils pour savoir préparer et conduire une réunion d'équipe efficace

Contenus

- Les différents types de réunions
- Facteurs de réussite pour une réunion efficace
- Rôles, attitudes des participants
- Préparation de la réunion
- Principes de fonctionnement
- Animation
- Formalisation : Ordre du jour / Compte-rendu

- 2) ARGUMENTER UN PROJET

Objectifs pédagogiques

- Savoir présenter un projet de manière argumentée
- savoir persuader et convaincre

Contenus

- Analyse des situations d'argumentation
- Apprentissage des mécanismes de maîtrise de l'argumentation
- Les aspects relatifs à la communication dans la présentation d'un projet
- Mettre en œuvre les arguments pertinents
- Identifier la faiblesse de certains arguments
- Identifier la nature des arguments employés pour convaincre

3) NEGOCIER

Objectifs pédagogiques

- Comprendre les mécanismes généraux de la négociation
- Appréhender le contexte de la négociation, déterminer sa position, son objectif acceptable et son point de rupture
- Faire le lien avec les techniques de prise de parole et d'écoute active
- S'entraîner à argumenter, concéder et chercher un accord

Contenus

- Définition de la négociation
- L'argumentation
- La préparation de la négociation
- Les phases de la négociation : argumentation, concession, accord

[DTDS24]

DROIT DU TRAVAIL

Évaluation (1^{re} session)

- Examen sur table (EXAM)
 - Contrôle continu (CC)
- Moyenne : (EXAM1+COCO1)/2

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 8 séance(s)

Objectifs : Ce cours a pour finalités :

- d'analyser un contrat de travail et de justifier les clauses de ce contrat au regard des besoins de l'entreprise et des salariés,
- de caractériser les obligations de l'employeur en matière de protection des salarié,
- d'identifier les dispositifs de formation au sein de l'entreprise,
- d'identifier le rôle du droit négocié et celui des partenaires sociaux dans l'entreprise,
- de distinguer une modification du contrat de travail d'une modification des conditions de travail et en déduire les conséquences juridiques,

- de qualifier une rupture du rapport d'emploi.

Contenu :

- Les sources du droit du travail
 - applications ;
- l'embauche et le contrat de travail
 - l'embauche,
 - les éléments constitutifs d'un contrat de travail,
 - les différents types de contrats de travail,
 - les clauses du contrat de travail les plus courantes,
 - applications ;
- l'exécution du contrat de travail
 - la durée du travail,
 - la mise à disposition et prêt de main d'œuvre,
 - les repos et congés,
 - la formation professionnelle (l'importance de la GEPP),
 - la santé et la sécurité,
 - le salaire,
 - le télétravail,
 - applications ;
- la modification et la suspension du contrat de travail
 - la modification du contrat de travail et la modification des conditions de travail,
 - applications ;
- la rupture du contrat de travail
 - le licenciement,
 - la démission,
 - la rupture conventionnelle ;
- l'activité partielle et le chômage ;
- le contrôle du droit du travail
 - le conseil des Prud'hommes,
 - l'inspection du travail.

[STDE24]

STRATÉGIE DE DÉVELOPPEMENT DE L'ENTREPRISE

Évaluation (1^{re} session)

- Projet (PROJ)
 - Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : $(3 \cdot \text{PROJ} + \text{EXAM}) / 4$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : EXAM2

Découpage

- Cours : 4 séance(s)

- TD : 2 séance(s)
- TP : 1 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Formuler la stratégie d'une organisation de manière synthétique.

- Distinguer les caractéristiques de la stratégie au niveau de la direction générale
- Expliquer les trois composantes du modèle de management stratégique
- Décrire comment le travail de différentes personnes contribue à la stratégie
- Apprécier l'importance des différents contextes organisationnels.

Contenu :

- A quoi sert la stratégie ?
- L'évolution des marchés et des entreprises
- Approche pragmatique de la stratégie
- La démarche stratégique
- Les outils
- L'établissement de la stratégie
- Le développement de la stratégie
- Etude de cas.

SEMESTRE 4 - OPTIONS

Avec l'accord de son entreprise, un apprenant peut choisir une UE parmi celle du tableau suivante. Le tableau indique également les journées prévisionnelles pour ces enseignements. Un calendrier précis est fourni aux apprentis au plus tard à la rentrée de leur deuxième année.

Journée	Cours
Lundi (début de semestre)	GADE24
	MOST24
	PRCV24
Lundi (fin de semestre)	CAST24

TABLE DES MATIÈRES

[CAST24] Calcul stochastique	82
[CAST24] Calcul stochastique	82
[GADE24] Développement de jeux vidéo 2	83
[GADE24] Développement de jeux vidéo 2	83
[MOST24] Modélisation statistique	84
[INAS24] Apprentissage automatique	84
[SETE24] Séries temporelles	85
[PRCV24] Programmation concurrente et vérification	86
[COMC24] Concepts et model checking	86
[MPPT24] Modèle programmation Pthread	87

Responsable de l'UE : BENEZET Cyril

Prérequis :

Probabilités, Processus stochastiques

Effectif : 60

Objectifs :

Cette UE présente une introduction aux processus stochastiques en temps continu, le calcul stochastique et ses applications. Nous aborderons en particulier les notions de mouvement Brownien et l'intégrale stochastique, les équations différentielles stochastiques (EDS), leur lien aux équations aux dérivées partielles (EDP), et leur simulation numérique.

Évaluation (1^{re} session) Contrôle continu (CC)

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EX2

Découpage

— Cours : 24 séance(s)

Contenu :

- Rappel sur les théories de la mesure et des probabilités,
- Mouvement Brownien, intégrale stochastique par rapport au Brownien, calcul d'Ito,
- Martingales et théorème de Girsanov
- Résolution d'équations différentielles stochastiques
- Applications : modèle standard (Black et Scholes).

Responsable de l'UE : FORTAT Florent

Prérequis :

- **DJUVU23** (ou connaissances équivalente d'Unity)

Effectif : 32

Objectifs :

L'objectif de cette UE est d'approfondir les connaissances sur Unity3D afin de permettre à l'étudiant d'avoir le niveau pour réaliser un mini-jeu commercialisable.

Il sera question d'aborder les outils de développement avancé du moteur afin de répondre aux problématiques d'optimisation selon la plateforme et de time-to-market.

Évaluation (1^{re} session)

- TP noté (TPN)
- Projet (PROJ)
- Moyenne : (TP noté + Projet) / 2

Évaluation (2^e session)

- Devoir maison (DM)
- Moyenne : Devoir maison

Découpage

- Cours : 6 séance(s)
- TD : 10 séance(s)
- TP : 6 séance(s)
- TP Noté : 2 séance(s)

Contenu :

- Initiation au game design
- Prefab Imbriqué
- Physique avancée
- Réflexion sur les pratiques d'UI et d'UX
- Marché du jeu vidéo
- Développement multiplate-forme

Responsable de l'UE : SZAFRANSKI Marie

Prérequis :

Notions de statistiques, notions de programmation impérative, notions d'optimisation, notions d'analyse numérique.

Il est recommandé d'avoir suivi les cours d'analyse de données et de modèles de régression régularisés.

Effectif : 60

Objectifs :

Ce cours présente un ensemble de méthodes permettant de découvrir les relations existantes entre la réponse et les observations sur plusieurs variables (qualitatives, quantitatives ou temporelles) d'un phénomène aléatoire. Les différents enjeux de la modélisation seront étudiés dans le cadre de l'apprentissage statistique supervisé d'une part et des séries temporelles d'autre part.

Module 1 [Apprentissage automatique](#)

Module 2 [Séries temporelles](#)

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

— Cours : 6 séance(s)

— TP : 6 séance(s)

Objectifs : L'apprentissage automatique regroupe un ensemble de méthodes qui vise à analyser, interpréter, voire prédire un phénomène. Ce cours a pour objectif de donner aux élèves des éléments théoriques et pratiques de l'apprentissage, en particulier dans le cadre de la classification supervisée.

Contenu :

Le cours est une introduction à la théorie et aux méthodes de l'apprentissage statistique supervisé. Il est organisé de la façon suivante :

- Méthodologie de l'apprentissage statistique : définition des notions de risque et d'erreur, évaluation de l'erreur de généralisation,
- Méthodes : SVM, boosting et arbres de décisions, réseaux bayésiens.

Évaluation (1^{re} session)

— Examen sur table (EXAM)

— Projet (PROJ)

Moyenne : $0,5 * E1 + 0,5 * E2$

*Évaluation (2^e session) Non rattrapable**Découpage*

— Cours : 8 séance(s)

— TP : 4 séance(s)

Objectifs : Le cours de séries temporelles (ou séries chronologiques) traite des méthodes d'analyse et de modélisation classiques des données temporelles, c'est à dire indexées par le temps et possédant une structure de dépendance. On introduit les méthodes de lissage, d'estimation de tendance et de saisonnalité ainsi que les méthodes d'estimation et de prédiction.

Contenu :

— Tendance, saisonnalité, désaisonnalisation et lissage,

— Processus stationnaires, modèle ARMA, approche de Box-Jenkins et prédiction.

Responsable de l'UE : BUREL Guillaume

Prérequis :

Programmation impérative ; Introduction au Système d'Exploitation ; Langages et systèmes formels.

Effectif : 32

Objectifs :

Cette option introduit les concepts de la programmation concurrente et sa mise en œuvre à travers l'utilisation de threads. Par ailleurs, il est notoirement difficile de se faire une intuition sur la correction des programmes concurrents, en particulier concernant l'absence de blocage et l'accès aux ressources. Pour assurer cette correction, il est donc nécessaire d'avoir recours à des techniques de vérification formelles comme le model-checking.

Module 1 Concepts et podel checking

Module 2 Modèle programmation Pthread

Évaluation (1^{re} session) Examen sur table (EXAM)

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : Les épreuves de rattrapage remplacent la totalité des épreuves de première session

Découpage

- Cours : 6 séance(s)
- TD : 3 séance(s)
- TP : 2 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Comprendre les difficultés inhérentes à la programmation concurrente (sections critiques et interblocages), maîtriser les outils standards de synchronisation de processus (séma-phores) et les techniques de vérification (model-checking).

Contenu :

- Organisation des traitements en activités concurrentes (processus ou threads), difficultés liées aux variables partagées, sections critiques, blocages dus aux accès concurrents ; Évaluation
- Apprentissage d'un environnement de vérification exhaustive.

Évaluation (1^{re} session) Contrôle continu (CC)

Évaluation (2^e session)

ORAL (ORA)

Moyenne : Les épreuves de rattrapage remplacent la totalité des épreuves de première session

Découpage

— Cours : 4 séance(s)

— TP : 8 séance(s)

Objectifs : L'objet de ce module est d'appréhender la programmation explicite à base de threads via l'API POSIX ainsi que le fonctionnement interne d'une bibliothèque de threads utilisateurs.

Contenu :

— API Posix

— Conception de bibliothèques de threads utilisateur

— Outils debug/profiling

— Techniques de débogage en contexte multithread

Mini projet « autour d'une bibliothèque de threads utilisateur »

Bibliographie

<https://computing.llnl.gov/tutorials/threads/>

Troisième année

La troisième année est une année de spécialisation. Elle est composée d'un semestre de cours de tronc communs et de spécialisation et d'un semestre de projet de fin d'études.

SEMESTRE 5 - TRONC COMMUN

TABLE DES MATIÈRES

[INFO35] UE Informatique	91
[MICO35] Micro-contrôleurs	91
[INSY35] Ingénierie système	92
[DEVO35] DevOps	92
[MISS35] UE Acquis professionnels	94
[ENTR35] Acquis professionnels S5	94
[SCIN35] UE Sciences de l'ingénieur	95
[CREA35] Création d'entreprise	95
[DDAF35] Droit des affaires et Contrat	97

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Ce cours introduit des notions avancées d'informatique qui n'ont pas été présentées dans les précédents semestres.

Module 1 [Micro-contrôleurs](#)

Module 2 [Ingénierie système](#)

Module 3 [DevOps](#)

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Évaluation (2^e session)

Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ2

Découpage

— Cours : 2 séance(s)

— TD : 10 séance(s)

Objectifs : Acquérir les bases du fonctionnement et de la programmation d'un microcontrôleur pour le développement d'applications embarquées (robot, véhicule autonome, IOT, ...)

Contenu :

Enseignement basé sur une partie théorique (0.5 jour) et donnant une large place à la pratique (2.5 jours) avec différentes plateformes de développement (simulateur, module IOT, véhicule autonome, maison connectée, ...).

L'évaluation est basée sur le mini projet réalisé par les étudiants (par groupe de 3) ainsi qu'une soutenance de 15 min présentant le projet et une démonstration à l'ensemble du groupe (l'objectif est de présenter le plus grand nombre possible de cas d'application aux élèves). La note est calculée sur les critères suivants (avec le même poids sur chaque critère) : originalité du projet, exploitation des capacités des microcontrôleurs, qualité de la réalisation, qualité de la soutenance, classement établi par les étudiants. Exemples de projets réalisés en 2021 : alarme de maison, gestion autonome de l'arrosage d'une plante, course de voitures autonomes, escape game, ...

Évaluation (1^{re} session)

- TP noté (TPN)
- TP noté (TPN)
- Moyenne : (TPNO1+TPNO2)/2

Évaluation (2^e session)

- TP noté (TPN)
- TP noté (TPN)
- Moyenne : (TPNO3+TPNO4)/2

Découpage

- Cours : 14 séance(s)
- TD : 8 séance(s)
- Examen : 2 séance(s)

Objectifs : Ce cours a pour but de permettre aux élèves d'appréhender la notion de système multiphysique et de leur présenter des méthodologies d'ingénierie système couramment utilisées dans l'industrie.

Contenu :

- Qu'est-ce qu'un système ?
- A quoi sert l'ingénierie système ;
- Les différentes vues : opérationnelle, fonctionnelle, organique ;
- Comment capturer les besoins ;
- Qu'est-ce qu'une exigence et comment la formaliser ;
- Comment spécifier un système en boîte noire ;
- Analyse préliminaire des risques ;
- Formalisation des besoins en sûreté de fonctionnement :
- La modélisation : notions de SysML ;
- Décrire un système par des représentation graphiques ;
- Notion de fonction, Architecture fonctionnelle ;
- Composants et allocation organique des fonctions ;
- Cahiers des charges des composants ;
- Vérification et validation système ;
- Sûreté de fonctionnement :
 - FMDS
 - AMDEC
 - Arbres de défaillance

Évaluation (2^e session)

Projet (PROJ)

Moyenne : PROJ2

Découpage

— Cours : 24 séance(s)

Objectifs : Ce cours est destiné à des élèves ingénieurs avec une expérience dans le développement de logiciel et souhaitant monter en compétence sur la gestion de l'infrastructure as code.

Les objectifs pédagogiques sont les suivants :

- Comprendre les possibilités et les limites de la gestion de l'infrastructure as code
- Être capable de mettre en place une chaîne d'intégration continue / déploiement continue
- Comprendre les problématiques liées à la gestion des tâches planifiées dans un environnement en micro service
- Être capable de containeriser une application ou micro service
- Comprendre l'optimisation de l'infrastructure pour des plateformes composés de nombreux micro services

Contenu :

- Docker & Conteneurisation : présentation et TD
- Kubernetes : présentation et TD
- Intégration Continue / Déploiement continue : cours et TD sur Gitlab CI
- Gestion des tâches planifiées dans un environnement distribuées : cours et TD sur Airflow

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Les acquis professionnels mesurent la valeur du travail en entreprise. Son objectif est de s'assurer premièrement que l'élève travaille correctement dans son entreprise et secondement que son entreprise lui donne tous les moyens nécessaires pour effectuer son travail.

Évaluation (1^{re} session)

- Visite en entreprise (VISITE)
- Suivi apprenti (SUIVI)
- Moyenne : $(VISI1+4*SUIV1)/5$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Examen : 1 séance(s)

Contenu :

Une visite en entreprise est effectuée avec le tuteur pédagogique, le maître d'apprentissage et l'élève. Le tuteur se déplace si possible en entreprise pour visiter les locaux et assister à une présentation des activités de l'élève. Elle se conclue par une discussion permettant de s'assurer du bon environnement de travail de l'élève et pour répondre aux questions du maître d'apprentissage ou de l'élève vis-à-vis de la formation.

Un suivi est aussi effectué par le maître d'apprentissage consiste en une simple évaluation du travail de l'élève par le maître d'apprentissage relativement au contrat d'objectif donné en début d'année.

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Cette UE vise à dispenser les derniers cours de science de l'ingénieur, orienté sur l'entrepreneuriat et la gestion d'une entreprise au niveau du droit (droit du contrat et des affaires).

Module 1 [Création d'entreprise](#)

Module 2 [Droit des affaires et Contrat](#)

[CREA35]**CRÉATION D'ENTREPRISE**

Évaluation (1^{re} session)

- Projet (PROJ)
- Contrôle continu (CC)
- Moyenne : $\text{PROJ1} + 0 \cdot \text{COCO1}$

Évaluation (2^e session)

- Projet (PROJ)
- Moyenne : PROJ2

Découpage

- Cours : 12 séance(s)

Objectifs : Sensibiliser les étudiants à considérer la création d'entreprise et l'entrepreneuriat comme une donnée permanente de la carrière d'un ingénieur. Ce cours leur permettra d'identifier et d'évaluer des opportunités de création d'entreprises technologiques et d'aborder les principaux enjeux humains, techniques, commerciaux, environnementaux et financiers. A partir d'une vision et d'une technologie de pointe, s'ouvrir à ceux qui ont souvent bâti des entreprises d'envergure mondiale. La trajectoire de développement d'une entreprise technologique est pleine d'imprévus qui vous demanderont à la fois de l'agilité et une préparation importante pour partir d'une idée forte, sélectionner leur marché, développer leur offre, réunir une équipe à la hauteur des enjeux et trouver des financements. Ce cours se compose de sessions méthodologiques ainsi que d'exemples d'entrepreneurs et d'acteurs emblématiques de la création d'entreprises technologiques. Les étudiants pourront ainsi se familiariser avec les dilemmes essentiels auxquels sont confrontés les créateurs d'une entreprise high tech, à commencer par la décision de créer sa propre structure, qui représente un véritable choix de vie. Vous verrez également que la création d'une entreprise technologique est davantage une aventure collective qu'un parcours individuel. C'est un cours que se veut le plus proche des réalités actuelles et du monde en perpétuel mouvement.

Contenu :

- Idée de création d'entreprise ou Intra Entreprise et analyse personnelle
 - Analyse du point de vue professionnel
 - Analyse du point de vue légal
 - Analyse du point de vue personnel et social
 - Ainsi que, l'analyse du point de vue financier
- Création individuelle, en partenariat
 - Comment l'idée d'entreprise se génère
 - Définition et exemples de création de partenariat
 - Prendre l'initiative individuelle
- La forme juridique d'entreprise (Apprendre sur la nature et forme juridique des sociétés)
 - L'entreprise individuelle
 - La société à responsabilité limitée (SARL)
 - L'entreprise en nom collectif (senc)
 - La société en commandite simple (secs)
 - La société anonyme (sa) Pour choisir le meilleur statut juridique
- Le concept de l'entreprise
 - Les Objectifs qualitatifs et quantitatifs
 - Quelques conseils pour réussir votre entreprise
- La stratégie d'entreprise, Modélisation suivant les stratégies possibles :
 - Ansoff Matrix
 - Boston Matrix
 - Benchmarking
 - Competitive Advantage
 - Competitor Analysis
 - Core Competencies
 - GE Industry Matrix
 - McKinsey Growth Pyramid
 - Mission
 - Objectives
 - PEST Analysis
 - Five Forces Model
 - Strategy and Marketing
 - Strategic Resources
 - Strategic Audit
 - SWOT Analysis
 - Value Chain Analysis
 - Vision
- Etude de Marché
 - De l'idée au marché les différentes étapes, le pivot
- Le financement et le business plan
 - Le besoin en capital
 - Financement d'entreprise
 - La rentabilité du projet
 - Le bilan prévisionnel
- Exemple chiffré d'un projet de création d'entreprise
 - Exemple de calcul de besoins de capital
 - Plan de financement (en eur)

- Analyse de rentabilité et de liquidité
- Bilan prévisionnel
- Élaborer un Plan d'entreprise
 - Gestion et suivi
 - Les objectifs de l'entreprise
 - Le tableau de bord
 - La gestion des objectifs qualitatifs
 - Exemples et modèle du tableau de bord.
- Etude de Cas

— Créer virtuellement son entreprise et produire une vidéo

Bibliographie : Oliver Ezratti <https://www.oezratty.net/wordpress/2019/guide-des-startups-2019/>

[DDAF35]

DROIT DES AFFAIRES ET CONTRAT

Évaluation (1^{re} session)

- Examen sur table (EXAM)
 - Examen sur table (EXAM)
 - Contrôle continu (CC)
- Moyenne : $(EXAM1 + EXAM2 + 2 * COCO1) / 4$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : EXAM3

Découpage

- Cours : 10 séance(s)
- Examen : 2 séance(s)

Objectifs : La première partie est un cours sur le contrat. Ce cours a pour finalités :

- de montrer la nécessité de rédiger un contrat et ses clauses particulières,
- de qualifier une situation précontractuelle et repérer le processus de formation d'un contrat,
- d'analyser et évaluer les conditions de validité d'un contrat,
- d'analyser les effets juridiques d'un contrat,
- d'analyser les règles applicables en cas d'inexécution du contrat.

La seconde partie du cours détaille le droit des affaires. L'entreprise joue un rôle central dans la création de richesses. C'est pourquoi l'Etat incite les acteurs à la création d'entreprises. Il s'efforce de faciliter les démarches et d'offrir une diversité de statuts juridiques d'entreprise pour répondre à l'ensemble des besoins et des motivations des créateurs. Ce cours a pour finalités :

- d'identifier les critères de choix du créateur d'une organisation et d'analyser les règles juridiques correspondantes et de comparer ces critères en fonction des structures juridiques,
- de présenter l'évolution des finalités du droit des entreprises en difficulté et d'analyser les procédures de prévention et de traitement des difficultés des entreprises.

Contenu :

Le Contrat

La classification des contrats

Analyse du processus de formation d'un contrat

- la situation précontractuelle
 - les pourparlers,
 - le pacte de préférence,
 - les promesses de contrat,
 - applications ;
- le contrat
 - les principes applicables au droit des contrats,
 - les principaux types de contrats entre professionnels
 - contrat de franchise,
 - contrat de sous-traitance,
 - contrat de concession,
 - contrat de transport,
 - ...

Analyse des conditions de validité d'un contrat

- Le consentement (le dol, l'erreur et la violence) ;
- la capacité ;
- le contenu licite et certain ;
- applications ;
- les conséquences de l'absence de validité d'un contrat.

Analyse des clauses d'un contrat

- Clause de renégociation ;
- clause d'indexation ;
- clause limitative de responsabilité ;
- la clause pénale, la clause de dédit ;
- applications.

Analyse des effets juridiques du contrat

- Les effets juridiques entre les parties ;
- les effets juridiques à l'égard des tiers ;
- applications.

Les conséquences de l'inexécution totale ou partielle du contrat

- L'exception d'inexécution ;
- l'exécution forcée ;
- la rupture du contrat ;
- la réparation consécutive à une inexécution ;
- les causes d'exonération ;
- applications.

Droit des affaires

Choix d'une structure juridique de l'entreprise

- Le choix d'une structure par des considérations patrimoniales
 - la prise en compte de risques

- avant la loi du 16 février 2022, en vigueur, depuis le 15 mai 2022 : le principe de la responsabilité illimitée en entreprise individuelle
- depuis la loi du 16 février 2022 : une responsabilité limitée en entreprise individuelle,
- la limitation de responsabilité dans les différentes sociétés commerciales,
 - définition de la société,
 - les éléments constitutifs d'une société,
 - étude des principales sociétés commerciales ;
- applications ;
- la prise en compte du régime matrimonial
 - le régime légal : le régime de la communauté réduite aux acquêts,
 - le régime contractuel : le régime de la séparation de biens,
 - applications ;
- le choix d'une structure par des motivations fiscales et sociales de l'entrepreneur
 - le statut social du dirigeant d'entreprise,
 - le statut fiscal du dirigeant d'entreprise
 - les différents modes d'imposition des bénéfices,
 - l'impôt sur le revenu (IR) et l'impôt sur les sociétés (IS) ;
 - applications ;
- le choix d'une structure au regard du fonctionnement et de l'évolution de l'entreprise
 - le fonctionnement de l'entreprise
 - l'entreprise individuelle,
 - l'entreprise sociétaire,
 - l'EURL, La SASU, La SARL, La SA, la SAS,
 - applications : dossier de création d'une société SARL (statuts, formalités constitutives.) ;
 - l'évolution de l'entreprise
 - le changement de structure de l'entreprise,
 - les besoins financiers de l'entreprise,
 - applications.

Les entreprises en difficulté

- La prévention des difficultés ;
- le traitement des difficultés par une procédure facultative : la procédure de sauvegarde
 - applications ;
- le traitement des difficultés par une procédure obligatoire
 - la procédure de redressement judiciaire pour les entreprises jugées viables,
 - la liquidation judiciaire des entreprises non viables,
 - applications.

SEMESTRE 5 - SPÉCIALISATION

Un apprenti doit choisir trois UE parmi les suivantes pour le semestre. Puisque cela impacte fortement le calendrier, ce choix doit être fait en accord avec l'entreprise. Le tableau indique également les journées prévisionnelles pour ces enseignements. Un calendrier précis est fourni aux apprentis au plus tard à la rentrée de leur troisième année.

Journée	Cours
Lundi matin	PDSP35
	OPTU35
Lundi après-midi	ASYR35
	OPTD35
Lundi toute la journée (novembre décembre janvier)	MANA35
Mardi matin	COAV35
	PRRU35
	DMIA35
	MOSA35
Mardi après-midi	PRRD35
	PGPU35
	INCA35
	MALE35
Vendredi matin	GIIG35
Vendredi après-midi	IQRO35
Janvier/Février/Mars	RDEV35
	CAFS35

TABLE DES MATIÈRES

[COAV35] Compilation avancée	103
[COAV35] Compilation avancée	103
[DMIA35] Développement mobile et intelligence artificielle	105
[DEMO35] Développement mobile	105
[AGII35] Agents intelligents interagissant	106
[GIIG35] Green IT	107
[GIIG35] GreenIT	107
[INCA35] Interactions et Capteurs (JIN-DD)	108
[INHS35] Interactions humains-systèmes	108
[REAU35] Vision 3D pour la Réalité Augmentée	109

[IQRO35] Informatique quantique et recherche opérationnelle	110
[IQUA35] Informatique quantique	110
[AQRO35] Algorithmes quantiques pour la recherche opérationnelle	111
[MALE35] Machine learning	112
[PRMO35] Predictive Models	112
[USMO35] Unsupervised Models	112
[MANA35] Management	114
[MANA35] Management	114
[MOSA35] Modélisation statistique avancée	116
[MOSA35] Modélisation statistique avancée	116
[OPTD35] Optimisation 2	118
[COOR35] Conception et optimisation des réseaux	118
[ETCA35] Étude de cas	119
[MEPO35] Méthodes polyédriques	119
[OPTU35] Optimisation 1	121
[COAL35] Complexité des algorithmes	121
[REOP35] Recherche opérationnelle	122
[PDSP35] Performance des systèmes parallèles	123
[PDSP35] Performance des systèmes parallèles	123
[PGPU35] Programmation GPU	125
[PGPU35] Programmation GPU	125
[PRRD35] Programmation raisonnée 2	127
[ANST35] Analyse statique de programmes	127
[PROJ35] Projet	128
[PRRU35] Programmation raisonnée 1	129
[PFRM35] Preuve formelle mécanisée	129
[SELP35] Sémantique des langages de programmation	130
[RDEV36] Projet recherche et développement	131
[RDEV36] Projet recherche et développement	131
[CAFS35] Cybersécurité Appliquée : Fondamentaux et Spécialisation	132
[CAFS35] Cybersécurité Appliquée : Fondamentaux et Spécialisation	132

Responsable de l'UE : CARRIBAULT Patrick

Prérequis :

Programmation informatique (type C/C++)

Effectif : 30

Objectifs :

Les thèmes et compétences abordés dans cette UE sont la compilation et l'optimisation de code pour les applications parallèle haute performance. Le compilateur fait partie intégrante de la pile logicielle d'un supercalculateur et sert, au départ, de traducteur pour convertir un code source (par exemple du C++) vers un langage compréhensible par un processeur (assembleur ou langage binaire). Cette UE se focalise sur des capacités supplémentaires d'un compilateur HPC notamment la transformation et l'optimisation du code en entrée afin d'améliorer les performances sur un processeur cible.

L'objet est de présenter les concepts et la structure interne d'un compilateur travaillant sur des applications dédiées au calcul haute performance. Il s'agit ainsi de comprendre les différentes représentations qu'un tel compilateur met en place afin de pouvoir appliquer des transformations (analyses ou optimisations) respectant la sémantique initiale du code. Ce module permet également de découvrir l'organisation de compilateurs de production open-source comme GCC ou LLVM.

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EX2

Découpage

- Cours : 8 séance(s)
- TD : 14 séance(s)
- Examen : 2 séance(s)

Contenu :

1. Introduction à la structure d'un compilateur optimisant
 - Description des différentes parties (Front-end, Middle-end et Back-end)
 - Gestion de multiples langages (C, C++, FORTRAN)
 - Illustration sur compilateurs open-source de production (LLVM et GCC)
2. Notion de passe d'optimisation et d'analyse

- Représentation intermédiaire
 - Focalisation sur les transformations et optimisations pour le HPC
 - Manipulation des boucles
 - Vectorisation (génération d'instructions de type SIMD comme AVX)
3. TD sur compilateur de production (GCC/LLVM)
- Étude d'une passe d'optimisation
 - Développement d'une nouvelle passe dans le compilateur
 - Validation sur des codes de calcul

Responsable de l'UE : BOUYER Guillaume

Prérequis :

Programmation Orientée Objet

Programmation web

Effectif : 32

Objectifs :

A l'issue du module les étudiants seront capables de :

- Connaître les spécificités du développement sur mobiles et développer une application mobile
- Connaître les concepts et outils permettant d'appréhender les notions d'agents interagissant et de systèmes à base d'agents.

Module 1 [Développement mobile](#)

Module 2 [Agents intelligents interagissant](#)

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours : 2 séance(s)
- TP : 10 séance(s)

Objectifs : A l'issue du module les étudiants seront capables de :

- Connaître les spécificités du développement sur mobiles
- Développer une application mobile

Contenu :

- Découverte de Kotlin et Android Studio, compilation d'une App basique sur device virtuel et réel, outils de debugging et profiling
- Implémentation d'une RecyclerView
- Interroger une API distante
- Envoi de données vers une API, permissions et tâche de fond
- Ajout de fonctionnalités

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours : 8 séance(s)
- TP : 4 séance(s)

Objectifs : L'objectif général du cours est de fournir les concepts et outils permettant d'appréhender les notions d'agents interagissant et de systèmes à base d'agents. La notion d'agent sera abordée de manière très large, avec la présentation de modèles aussi bien « cognitif » que « réactifs ».

Nous nous intéresserons ainsi aux agents conversationnels en présentant les modèles de représentation, de raisonnement, de communication permettant à des agents dits « intelligents » d'interagir directement avec le joueur. Nous nous intéresserons par ailleurs aux agents inspirés de la socio-biologie en présentant les modèles comportementaux permettant de simuler des environnements autonomes peuplés d'entités actives autour du joueur. Quelques notions d'apprentissage associées à ces différentes architectures d'agents seront également présentées.

Contenu :

- Simulation (pour modéliser et simuler toute entité active [humain, robot, animal, environnement...] dans un jeu)
- Architectures d'agents (réactives, cognitives, hybrides)
- Agents conversationnels (langages d'agent, logiques modales, protocoles d'interaction, négociation)
- Comportements de groupes (modèles de flocking, simulation de foules, etc.)
- Projet utilisant une plate-forme de modélisation et de simulation à base d'agents afin d'illustrer de manière concrète les concepts abordés en cours.

Responsable de l'UE : LIGOZAT Anne-laure

Prérequis : Aucun

Effectif : 40

Objectifs :

Ce module vise à présenter les solutions qui peuvent être mises en œuvre dans les entreprises et organisations pour réduire l'impact environnemental du numérique, ainsi qu'à approfondir les impacts environnementaux notamment indirects étudiés en S4.

Évaluation (1^{re} session) Contrôle continu (CC)

Évaluation (2^e session)

Devoir maison (DM)

Moyenne : note session 2

Découpage

— Cours/TD : 24 séance(s)

Objectifs :

Ce module vise à présenter les solutions qui peuvent être mises en œuvre dans les entreprises et organisations pour réduire l'impact environnemental du numérique.

Contenu :

Les enseignements de ce module aborderont les notions de sobriété numérique, de systémique, d'architecture d'entreprise. Ces notions seront mises en pratique dans des cas d'étude.

Responsable de l'UE : BOUYER Guillaume

Prérequis :

Réservée aux étudiant.e.s de la spécialisation JIN

Programmation objet (bonne pratique)

Moteur de jeu « Unity » (bonne pratique)

Infographie et traitement d'images (notions)

Effectif : 32

Objectifs :

Comprendre le fonctionnement des interfaces homme-machine (clavier, souris, manette, capteurs corporels), savoir concevoir et programmer des interactions adaptées au contexte et aux utilisateurs.

Comprendre les différentes méthodes et algorithmes de perception, de reconstruction et d'interaction avec l'environnement réel dans un contexte de réalité augmentée.

Module 1 [Interactions humains-systèmes](#)

Module 2 [Vision 3D pour la Réalité Augmentée](#)

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

— Cours : 2 séance(s)

— TP : 10 séance(s)

Objectifs : A l'issue du module les étudiants seront capables de :

- expliquer les fonctionnalités attendues d'un système de gestion des interfaces homme-machine
- utiliser le moteur de jeu Unity/C# sur un projet interactif
- programmer un composant de contrôle du personnage pour un jeu de plateforme 2D, décrire et implanter des feedbacks et auditer le résultat

Contenu :

- Interfaçage Humains-Jeux et Humains-Moteurs de jeu
- Notions d'expérience utilisateur (UX), de conception et d'évaluations d'interactions humains-machines
- Projet : interactions manette avec un personnage de jeu de plateforme et feedbacks

Évaluation (1^{re} session)

- TP noté (TPN)
- TP noté (TPN)
- Moyenne : Moyenne des TP notés

Évaluation (2^e session) Non rattrapable*Découpage*

- Cours : 4 séance(s)
- TP : 8 séance(s)

Objectifs : A l'issue du module, les étudiants sont capables de :

- décrire les différentes méthodes et algorithmes de perception, de reconstruction et d'interaction avec l'environnement réel dans un contexte de réalité augmentée.

Contenu :

- Problématiques de la Réalité Augmentée (temps réel, recalage, tracking, etc.)
- Modélisation et calibration de capteurs (caméra, Kinect, etc.)
- Calcul de pose
- SLAM

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis :

Analyse, Algèbre, Théorie des graphes, Programmation impérative, Logique, Optimisation mathématique.

Recherche opérationnelle, Modèles de calculs, Complément de recherche opérationnelle, Optimisation 1 conseillés.

Effectif : 30

Objectifs :

Ce cours a pour objectif de former les apprenants à l'informatique quantique. A l'issue du cours, les apprenants maîtriseront les concepts permettant de concevoir des algorithmes quantiques pour des problèmes de décision ou d'optimisation, d'estimer la complexité de ces algorithmes et la classe de complexité des problèmes étudiés, et d'utiliser les outils existants (langages de programmation, simulateurs et accès à de vraies machines quantiques), notamment pour résoudre des problèmes classiques de recherche opérationnelle.

Module 1 [Informatique quantique](#)

Module 2 [Algorithmes quantiques pour la recherche opérationnelle](#)

Évaluation (1^{re} session) Examen sur table (EXAM)

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : Max note des deux examens

Découpage

- Cours : 9 séance(s)
- TD : 3 séance(s)
- TP : 2 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Ce module dispense tous les enseignements nécessaires pour comprendre comment travailler avec l'informatique quantique (d'un point de vue algorithmique). Ce module est essentiellement théorique. A l'issue de celui-ci, l'apprenant doit connaître l'ensemble des différents paradigmes de l'informatique quantique, concevoir ou étudier un algorithme quantique à base de portes quantique, travailler avec quelques classes de complexité quantique et, enfin, comprendre les difficultés de la mise en application de cette théorie avec de vrais ordinateurs quantiques.

Contenu :

Informatique quantique

- Quelques notions de mécanique quantique
- Algèbre pour l'informatique quantique
- Qbits, Portes quantiques, Algorithmes quantiques
- Intérêts et limitations
- Etudes des algorithmes quantiques classiques (en particulier Deutsch-Jozsa, Grover et Shor)
- Modèle alternatif des machines adiabatiques, Recuit simulé quantique
- Algorithme QAOA

Complexité quantique

- Différence entre un algorithme probabiliste et un algorithme quantique
- Machine de Turing quantique
- Classes BQP, QMA

Travaux pratiques

- Simulation des algorithmes avec Quirk

[AQRO35]

ALGORITHMES QUANTIQUES POUR LA RECHERCHE

OPÉRATIONNELLE

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Évaluation (2^e session)

Projet (PROJ)

Moyenne : Maximum des notes des deux projets

Découpage

- TP : 9 séance(s)

Objectifs : Ce module a pour objectif d'appliquer les connaissances de l'informatique quantiques acquises dans l'autre module de l'UE à des problèmes de recherche opérationnelle classiques (en optimisation combinatoire). Ce cours est essentiellement constitué de travaux pratiques.

Contenu :

- Apprentissage de Qiskit pour programmer des machines quantiques complexes (plus rapidement qu'avec un outil graphique)
- Utilisation de Qiskit pour interroger des machines quantiques réelles
- Application de l'algorithme de Grover pour la résolution exacte de problèmes de décision ou d'optimisation combinatoires
- Application de l'algorithme QAOA pour la résolution approchée de problèmes de décision ou d'optimisation combinatoires
- Petit état de l'art de la recherche en informatique quantique dans le domaine de la recherche opérationnelle

Responsable de l'UE : MOUGEOT Mathilde

Prérequis :

UE [MERR23](#). Modèles de regression généralisés. Modèles linéaires pénalisés. Notion d'analyse de données.

Effectif : 60

Objectifs :

L'exploitation des données est aujourd'hui un enjeu majeur dans de nombreux domaines comme l'industrie, la finance, la société ... Ce cours présentera les bases théoriques ainsi que la mise en pratique des modèles de machine learning couramment utilisés en regression et en classification supervisée. Des méthodes de réduction de dimension et de quantification seront également étudiées.

Contenu : paramétriques (bayes, ADL, QDL), modèles non paramétriques (KNN, arbres de décision), méthodes d'ensemble (bagging, forêts aléatoires, boosting). Méthodes de réduction de dimension (ACP fonctionnelle, mélanges gaussien). Métriques de performances, courbes ROC.

Module 1 [Predictive Models](#)

Module 2 [Unsupervised Models](#)

[PRMO35]**PREDICTIVE MODELS**

Évaluation (1^{re} session) TP noté (TPN)

Moyenne : moyenne

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours : 6 séance(s)
- TP Noté : 6 séance(s)

Contenu :

modèles prédictifs en machine learning

[USMO35]**UNSUPERVIZED MODELS**

Évaluation (1^{re} session)

- Projet (PROJ)

— ORAL (ORA)

Moyenne : moyenne

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

— Cours : 6 séance(s)

— TP : 6 séance(s)

Objectifs : modèles d'apprentissage peu ou faiblement supervisés

Contenu :

modèles peu ou faiblement supervisés

Responsable de l'UE : ISAAC Benoit

Prérequis :

Avoir fait le tronc commun "Savoir Manager" en 2ème année

Effectif : 30

Objectifs :

Les objectifs de cet approfondissement vont dans le même sens que ceux de S4, à savoir :
Donner aux étudiants la capacité de :

1. devenir des co-équipiers de valeur pour les chefs de projets ou managers qui les recruteront
2. découvrir, comprendre et pratiquer les outils et techniques des managers : connaître son équipe, ses clients, ses objectifs ; puis organiser, améliorer et enfin développer l'activité et l'équipe.
3. savoir appliquer concrètement les fondamentaux pour manager un projet, une équipe, la relation avec ses collaborateurs et la relation avec sa hiérarchie

Évaluation (1^{re} session)

— Examen sur table (EXAM)

— Projet (PROJ)

Moyenne : (Examen + Projet) / 2

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

— Cours/TD : 21 séance(s)

— TP : 1 séance(s)

— TP Noté : 1 séance(s)

— Examen : 1 séance(s)

Objectifs : — Découvrir, comprendre et pratiquer les méthodes et outils nécessaires pour devenir un bon chef de projet / un bon manager d'équipe.

Note : Le cours se focalisera plus sur le rôle de manager d'équipe (le rôle de chef de projet faisant l'objet d'une autre option) ; même si de nombreuses méthodes sont utilisables également en tant que chef de projet

— Découvrir et comprendre les différents modèles d'organisation d'entreprises, et le rôle du manager dans chacun de ces modèles.

Contenu :

Compléments et approfondissements sur les fondamentaux pour :

- Comprendre & connaître le rôle du manager et du membre d'équipe dans l'organisation, vis-à-vis de son équipe, et de sa hiérarchie :
 - Découvrir la vision de l'entreprise, ses valeurs
 - Comprendre les différents modes d'organisation possibles en entreprise et le rôle du manager
 - Connaître son équipe, ses clients, ses objectifs
 - Avoir la bonne attitude aussi en tant que co-équipier, être de force de proposition
- S'organiser en tant que manager d'équipe :
 - Se préparer aux responsabilités correspondantes
 - Planifier le travail, gérer la charge / capacité, assigner les rôles, gérer les compétences, recruter
- Améliorer la performance de l'équipe
 - Créer un collectif
 - Capturer du feedback, piloter ses indicateurs, animer un plan d'amélioration,
 - Accompagner et former pour obtenir le meilleur de ses équipiers, optimiser les performances collectives de l'équipe
 - Résoudre des conflits avec la communication non-violente
- Développer son équipe et son activité
 - Chercher des opportunités, comprendre la notion de business model
 - Décrire, analyser et Transformer ses processus
 - Gérer le changement dans l'équipe et dans l'organisation
 - Avoir une attitude de "manager-coach"
- Savoir proposer des améliorations dans le cadre de cas pratiques / endosser le rôle de manager :
 - analyser une situation,
 - proposer des recommandations,
 - présenter et justifier ses propositions

Responsable de l'UE : PARK Juhyun

Prérequis :

Statistique ; Familiarité avec R.

Analyse de données, Méthode de régression régularisée ou Modélisation de statistique sera util.

Effectif : 40

Objectifs :

Ce cours présente des techniques avancées de modélisation statistique pour des données complexes et dépendantes qui apparaissent dans un large éventail de domaines d'application.

Les modèles linéaires classiques et les modèles linéaires généralisés traitent principalement des observations indépendantes avec une relation linéaire dans la régression. Nous considérons plusieurs extensions de ces types de modèles. Ceux-ci incluent des modèles à effets mixtes pour l'hétérogénéité, la régression semi-paramétrique ou non paramétrique pour les relations non linéaires et la modélisation des processus latents pour les données discrètes, qui conviennent aux types de données chronologiques, longitudinales ou spatiales.

Dans le langage de l'apprentissage automatique, le cours traite de la problématique de l'apprentissage supervisé et propose d'étudier les principes statistiques permettant de construire des modèles interprétables.

Évaluation (1^{re} session)

— Contrôle continu (CC)

— TP noté (TPN)

— Projet (PROJ)

Moyenne : $0,2 \cdot \text{CC} + 0,3 \cdot (\text{TPs}) + 0,5 \cdot \text{Projet}$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

— Cours : 12 séance(s)

— TP : 8 séance(s)

— TP Noté : 4 séance(s)

Objectifs : Ce cours présente des techniques avancées de modélisation statistique pour des données complexes et dépendantes qui apparaissent dans un large éventail de domaines d'application.

Les modèles linéaires classiques et les modèles linéaires généralisés traitent principalement des observations indépendantes avec une relation linéaire dans la régression. Nous considérons plusieurs extensions de ces types de modèles. Ceux-ci incluent des modèles à effets mixtes pour l'hétérogénéité, la régression semi-paramétrique ou non paramétrique pour les relations non linéaires et la modélisation des processus latents pour les données discrètes, qui conviennent aux types de données chronologiques, longitudinales ou spatiales.

Dans le langage de l'apprentissage automatique, le cours traite de la problématique de l'apprentissage supervisé et propose d'étudier les principes statistiques permettant de construire des modèles interprétables.

Contenu :

Ce cours couvre :

- Modèles à effets mixtes
- Modèles à effets mixtes généralisés
- Régression semi-paramétrique et non paramétrique
- Analyse des données longitudinales et fonctionnelles

Responsable de l'UE : MERABET Massinissa

Prérequis :

Théorie des graphes, Optimisation mathématiques, Recherche opérationnelle, Compléments et outils de recherche opérationnelle, Modèles de calcul et Optimisation 1 recommandées

Effectif : 30

Objectifs :

Les techniques modernes de la recherche opérationnelle s'appliquent à de nombreux domaines. Les modules visent à présenter des applications classiques de ces techniques, à entraîner les élèves à mobiliser leurs connaissances pour résoudre un problème et, enfin, quelques techniques utiles pour résoudre plus rapidement des problèmes de recherche opérationnelles avec la programmation linéaire.

Module 1 Conception et optimisation des réseaux

Module 2 Étude de cas

Module 3 Méthodes polyédriques

Évaluation (1^{re} session)

— Devoir maison (DM)

— Examen sur table (EXAM)

Moyenne : Points bonus via le devoir maison

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : Moyenne

Découpage

— Cours : 6 séance(s)

Objectifs : Ce cours vis à étudier certains problèmes de conception et d'optimisation dans les réseaux, comme les problèmes de localisation d'équipements, de dimensionnement et de routage. Ces problèmes souvent difficiles apparaissent dans de nombreux domaines (informatique, télécommunications, etc.).

Contenu :

Il présente des méthodes de résolution exacte par la programmation mathématique, notion de

bonne formulation, notion de relaxation, etc ; et de résolution approchée par différents types d'heuristiques : les heuristiques constructives, la recherche locale et les méta-heuristiques.

[ETCA35]

ÉTUDE DE CAS

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours : 1 séance(s)
- Cours/TD : 2 séance(s)
- TP : 10 séance(s)

Objectifs :

Ce module est un projet permettant de savoir exécuter les différentes phases d'un projet d'optimisation.

Contenu :

Formulation du problème, étude de la complexité, construction d'un modèle pour représenter le système étudié, résolution du problème (algorithmes exacts, programmation linéaire) et évaluation des algorithmes utilisés, d'implémenter les principales méthodes de la recherche opérationnelle (programmation mathématique, branch and bound spécifique, métaheuristiques, ...), et d'utiliser des logiciels d'optimisation. Des sujets différents sont proposés aux étudiants chaque année.

[MEPO35]

MÉTHODES POLYÉDRIQUES

Évaluation (1^{re} session) Examen sur table (EXAM)

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : Moyenne

Découpage

- Cours : 4 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs :

Obtenir une bonne modélisation d'un problème d'optimisation combinatoire. De nombreux problèmes d'optimisation combinatoire se modélisent par des programmes linéaires en variables entières. Pour pouvoir les résoudre efficacement il est souvent nécessaire d'affiner le modèle de base. Cela passe notamment par la recherche et l'ajout de bonnes inégalités valides.

Contenu :

Inégalités valides, diverses méthodes pour obtenir des inégalités valides : coupes de Chvatal-Gomory, inégalités disjonctives. Inégalités valides en variables mixtes. Faces, facettes d'un polyèdre, inégalités valides induisant des facettes. Algorithme de coupes et problème de séparation. Coupes de Benders.

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis :

Théorie des graphes, Optimisation mathématiques, Recherche opérationnelle, Compléments et outils de recherche opérationnelle et Modèles de calcul recommandées

Effectif : 30

Objectifs :

Donner aux étudiants les bases indispensables (en plus de celles qui ont été acquises les années précédentes) pour aborder un problème d'optimisation théorique ou industriel. Pour avoir une certaine spécialisation dans ce domaine, il est fortement conseillé d'enchaîner cette UE, plutôt théorique, avec l'UE *Optimisation 2* orientée vers les applications.

Module 1 Complexité des algorithmes

Module 2 Recherche opérationnelle

Évaluation (1^{re} session)

— Devoir maison (DM)

— Examen sur table (EXAM)

Moyenne : $\text{Max}(\text{DM} * 5 / 20 + \text{Examen} * 15 / 20 ; \text{Examen})$

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : Examen de rattrapage

Découpage

— Cours/TD : 12 séance(s)

— Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Le cours cherchera à sensibiliser les élèves à la notion d'efficacité d'un algorithme (essentiellement la complexité algorithmique) puis à leur apprendre à distinguer les problèmes *faciles* des problèmes *difficiles* dans le but d'orienter la recherche de méthodes pour leur résolution.

Contenu :

Machines de Turing. Efficacité d'un algorithme, codage des données, taille d'une entrée, analyse de la complexité. Algorithme polynomial, pseudo-polynomial et non polynomial. Classes NP et co-NP, problèmes NP-complets et NP-difficiles. Complexité en espace, Complexité et codage.

Évaluation (1^{re} session) Examen sur table (EXAM)

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : Note de l'examen

Découpage

— Cours : 10 séance(s)

— Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Approfondir les techniques les plus utiles de la recherche opérationnelle et mettre en pratique certaines de ces techniques.

Contenu :

Programmation linéaire continue, Programmation linéaire et non linéaire en nombres entiers, Dualité lagrangienne, Modélisation de problèmes d'optimisation combinatoire (linéaires et non linéaires) rencontrés dans différents domaines (télécommunications, transports, développement durable).

Responsable de l'UE : HONORE Valentin

Prérequis :

- Notions de base en complexité algorithmique
- Programmation Système, C (C++ aussi idéalement mais pas obligatoire) et compilation
- Programmation Python

Effectif : 30

Objectifs :

Le calcul parallèle s'est beaucoup développé ces dernières années du fait des besoins en calcul de plus en plus importants de nombreux domaines scientifiques, allant de la biologie à l'astrophysique en passant par la dynamique moléculaire.

Ces besoins ont poussé à la construction de clusters, et l'apparition de nombreuses plateformes plus ou moins spécialisées suivant les besoins (CPU, GPU, accélérateurs etc).

Les améliorations matérielles constantes permettent d'offrir à ces machines des processeurs multi-cœur très performants, de même que des systèmes de stockage de très grande capacité et des réseaux haute-performance. Ces technologies de réseau avancées ont aussi démocratisé l'agrégation de plateformes de calcul au travers de réseaux déployés à grande échelle appelées "grilles". Enfin, les services de Cloud Computing, utilisant la virtualisation, sont un moyen supplémentaire d'acquérir des ressources de calcul à la demande.

Dans tous ces services, l'exploitation efficace des plateformes est un enjeu fondamental. Leur coût d'exploitation rend nécessaire l'optimisation de l'exploitation des ressources de calcul.

L'objectif de ce cours est de fournir des outils de modélisation et d'analyse de performance de ces systèmes, allant du niveau applicatif jusqu'au niveau de la machine elle-même. Ce cours couvrira des aspects fondamentaux (algorithmique parallèle, modèles de performance) mais aussi des travaux pratiques mettant en œuvre ces notions.

L'évaluation se fera sous la forme de la lecture d'un article scientifique à choisir sur des thématiques abordées pendant le cours. D'autres évaluations seront envisagées en fonction de la répartition des séances de l'UE (projet etc)

Évaluation (1^{re} session)

- Contrôle continu (CC)
- ORAL (ORA)

Moyenne : $CC*0.3+ORAL*0.7$

Évaluation (2^e session)

ORAL (ORA)

Moyenne : ORAL

Découpage

- Cours : 9 séance(s)
- TP : 12 séance(s)
- Examen : 3 séance(s)

Contenu :

- Introduction au calcul et systèmes parallèles
- Notions de performance pour l'algorithmique parallèle (accélération/efficacité, loi d'Amdahl, *pipelining*, granularité, parties séquentielles/parallèles)
- Performance au niveau machine : Introduction à l'ordonnancement : définition, problèmes et algorithmes classiques
- Performance au niveau applicatif : Parallélisme, Contention, "Memory/Compute bound", Outils d'aide à la performance : traçage d'applications
- Ouverture : défis du calcul haute performance (énergie, gestion de données à l'échelle etc)

Responsable de l'UE : ROUSSEL Adrien

Prérequis :

- Programmation Parallèle
- C/C++

Effectif : 30

Objectifs :

La programmation sur les cartes graphiques (GPGPU : General Purpose programming on GPU) a commencé en 2008 avec l'avènement de l'architecture CUDA (Compute Unified Device Architecture) par Nvidia. Aujourd'hui la majorité des supercalculateurs du Top500 et du Green500 sont basées sur des architectures hétérogènes (CPU+accélérateurs GPU). Les cartes graphiques se retrouvent également dans de nombreuses machines, de l'embarqué, en passant par les smartphones, les machines de bureau, stations de travail, etc. L'objectif de cette UE est d'exploiter efficacement ces plateformes hétérogènes exposants des processeurs classiques CPUS et des accélérateurs GPUs.

Évaluation (1^{re} session) TP noté (TPN)

Évaluation (2^e session)

- Contrôle continu (CC)
- Contrôle continu (CC)
- Moyenne : TPN1

Découpage

- Cours : 8 séance(s)
- TD : 12 séance(s)
- TP Noté : 4 séance(s)

Contenu :

Les objectifs de ce module sont de comprendre l'architecture des cartes graphiques, leur programmation, et d'être capable de comprendre les optimisations à appliquer en fonctions des codes considérés. L'architecture CUDA de Nvidia sera utilisée, mais les concepts sont applicables aux autres architectures HIP d'AMD ou SYCL. Différents exemples de codes seront utilisés pour illustrer les optimisations générales ou propres à certains cas.

- Ecosystème CUDA : domaines concernés, comparaison CPU, matériels et logiciels (compilateur, profiling, bibliothèques, etc)

- Architecture des GPU : organisation des unités de calcul, hiérarchie mémoire, interaction avec la machine hôte
- Modèle de programmation : modèle SPMD, notion de kernel, threads, groupes de threads, synchronisation/communication entre les threads
- Modèle d'exécution : placement de blocs de threads sur des blocs de coeurs, contraintes matérielles
- Programmation : API, fonctions de base, mesure du temps des opérations GPU, gestion des erreurs, erreurs courantes
- Portage de codes C/C++ vers GPU
- Optimisation : dimensionnement des grilles et blocs de threads, allocation mémoire, fonctionnement asynchrone, recouvrement des calculs et des communications, accès à la mémoire globale, mémoire shared, ...
- Autres points : Multi-GPU, MPI+GPU, utilisation de Tensor Cores, ...

Responsable de l'UE : BUREL Guillaume

Prérequis :

Logique, programmation.

Il est recommandé de suivre PROG1 au semestre S5 auparavant, ainsi que LSF-VVL au semestre S3.

Effectif : 40

Objectifs :

Le cours concerne l'application des méthodes formelles pour vérifier le bon fonctionnement des logiciels. Ici, on s'intéresse à des techniques statiques, c'est-à-dire qu'il s'agit de montrer la correction du système ou de détecter les erreurs avant même toute exécution. L'exemple le plus simple est l'utilisation du typage, où certains comportements erronés sont interdits au moment de la compilation parce qu'ils ne peuvent pas être typés. L'analyse statique par interprétation abstraite permet d'étendre cette approche pour calculer des propriétés plus précises que le simple typage, par exemple le non-déréférencement de pointeurs nuls ou le respect des bornes d'un tableau. Un projet sera l'occasion d'étudier des articles scientifiques en rapport avec la vérification statique de logiciels, et fera l'objet d'une synthèse bibliographique et d'une réalisation liée aux articles étudiés.

Module 1 [Analyse statique de programmes](#)

Module 2 [Projet](#)

[ANST35]**ANALYSE STATIQUE DE PROGRAMMES**

Évaluation (1^{re} session) TP noté (TPN)

Évaluation (2^e session)

ORAL (ORA)

Moyenne : Exam session 2

Découpage

— Cours/TP : 13 séance(s)

Objectifs : Introduction aux principales techniques pour découvrir les erreurs dans les programmes de manière statique, plus précisément par interprétation abstraite.

Contenu :

— Sémantique non standard

— Interprétation abstraite : notion de points fixes, treillis de valeurs ou de propriétés, correspondance de Galois

- Preuve de correction d'une analyse par rapport à une sémantique
- Utilisation de FramaC pour réaliser une analyse de valeurs sur un programme C

[PROJ35]

PROJET

Évaluation (1^{re} session) Projet (PROJ)

Moyenne : Projet

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Cours : 1 séance(s)
- TP : 8 séance(s)
- Examen : 2 séance(s)

Objectifs : Selon le sujet choisi :

- Approfondissement de certaines techniques,
- Découverte de nouvelles techniques,
- Ouverture vers des applications phares,
- Mise en œuvre des plugins de Frama-C, développement d'analyses, etc.

Contenu :

Etude bibliographique et réalisation.

Ce module ne se rattrape pas en 2^{ème} session.

Responsable de l'UE : BUREL Guillaume

Prérequis :

Logique, programmation

Effectif : 40

Objectifs :

Les méthodes formelles sont de plus en plus utilisées dans l'industrie pour accroître le niveau de confiance dans la correction des logiciels. C'est le cas en particulier des applications critiques, mais aussi pour réduire les coûts de production : en effet, moins de temps et de ressources seront consacrés a posteriori pour la correction des erreurs. Cette option présente certaines techniques utilisées pour vérifier les systèmes informatiques, ainsi que les fondations sur lesquelles reposent ces techniques. Il s'agit de savoir spécifier formellement le comportement d'un programme (sémantique des langages de programmation), et d'être capable de prouver que ce programme vérifie certaines propriétés (preuve formelle mécanisée), à l'aide de méthodes déductives.

Module 1 [Preuve formelle mécanisée](#)

Module 2 [Sémantique des langages de programmation](#)

Évaluation (1^{re} session)

— Projet (PROJ)

— Examen sur table (EXAM)

Moyenne : (PROJ + EXAM) / 2

Évaluation (2^e session)

Examen sur table (EXAM)

Moyenne : EXAM

Découpage

— Cours/TD : 4 séance(s)

— Cours/TP : 5 séance(s)

— TP : 2 séance(s)

— Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Compléments de logique et initiation aux techniques de preuve

Contenu :

- Rappel de logique, logique des propositions, logique des prédicats,
- Logique classique versus logique intuitionniste,
- λ -calcul (pur, simplement typé, introduction aux types dépendants), Isomorphisme de Curry Howard,
- Introduction à l'assistant à la preuve Coq,
- Dédution automatique,
- Expérimentation de solveurs SAT et SMT.

[SELP35]

SÉMANTIQUE DES LANGAGES DE PROGRAMMATION

Évaluation (1^{re} session)

- Contrôle continu (CC)
 - Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : $(CC + 2 \times EXAM) / 3$

Évaluation (2^e session)

- Examen sur table (EXAM)
- Moyenne : EXAM

Découpage

- Cours : 2 séance(s)
- Cours/TD : 6 séance(s)
- TP : 3 séance(s)
- Examen : 1 séance(s)

Objectifs : Savoir spécifier un petit langage du point de vue sémantique, formalisation de la sémantique des principales constructions des langages impératifs et fonctionnels.

Contenu :

Syntaxe abstraite. Les différentes familles de sémantique :

- Sémantique dénotationnelle, opérationnelle à grands et petits pas d'un langage impératif ;
- Sémantiques opérationnelles en appel par nom et par valeur d'un langage fonctionnel ;
- Sémantiques opérationnelle d'un langage à objets ;
- Développement d'interprètes en OCaml ;
- Spécification d'une sémantique dans l'outil K.

Responsable de l'UE : MOUGEOT Mathilde

Prérequis :

Les UE [MERR23](#) ou [MALE23](#) sont un plus.

Effectif : 15

Objectifs :

Initiation à des travaux de recherches et développement pour une répondre à un besoin industriel.

Mise en place d'une preuve de concept.

Évaluation (1^{re} session)

— Projet (PROJ)

— ORAL (ORA)

Moyenne : moyenne

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

— Cours/TP : 24 séance(s)

[CAFS35] CYBERSÉCURITÉ APPLIQUÉE : FONDAMENTAUX ET SPÉCIALISATION

(4 ECTS)

Responsable de l'UE : MADANI Tristian

Prérequis :

Cours PSSI12 et SECU24

Effectif : 20

Objectifs :

Former les étudiants aux fondamentaux de la cybersécurité et leur permettre de se spécialiser dans le domaine offensif (ethical hacking / tests d'intrusion) ou défensif (cyberdéfense). À l'issue de la formation, les étudiants seront capables d'identifier les menaces et vulnérabilités des systèmes d'information, d'appliquer les méthodologies professionnelles d'audit de sécurité ou de défense en profondeur, et de produire des livrables conformes aux standards de l'industrie (rapports de pentest, plans de réponse à incident).

[CAFS35] CYBERSÉCURITÉ APPLIQUÉE : FONDAMENTAUX ET SPÉCIALISATION

Évaluation (1^{re} session)

— Contrôle continu (COCO) Quizz

— TP Noté (TPNO1) CTF

— TP Noté (TPNO2) Examen final

Moyenne : $0.4 * COCO + 0.3 * TPNO1 + 0.3 * TPNO2$

Évaluation (2^e session)

— Contrôle continu (COCO) Quizz

— TP Noté (TPNO1) CTF

Moyenne : $0.4 * COCO + 0.6 * TPNO1$

Découpage

— Cours/TD : 16 séance(s)

— TP : 6 séance(s)

— Projet : 2 séance(s)

Objectifs :Contenu :

Le programme de 42 heures est dispensé via la plateforme LMS de Talence Security et s'articule en deux blocs.

- Un tronc commun de 14 heures couvre les fondamentaux de la cybersécurité : panorama des menaces et des acteurs, les chiffres clés, le framework MITRE ATT&CK, la cyber kill chain, les scénarios d'attaque, etc.
- Les étudiants choisissent ensuite une spécialisation de 28 heures : le parcours offensif ("TPEN") (reconnaissance, scan de vulnérabilités, exploitation web/réseau/système, post-exploitation, rédaction de rapports de pentest) ou le parcours défensif ("TDEF") (comprendre les mécanisme de défense, détection d'intrusion, modélisation des menaces, réponse aux incidents, gouvernance et conformité, etc.).

Chaque cours intègre des quizz et/ou laboratoires CTF (Capture The Flag) pratiques sur la plateforme.

SEMESTRE 6

TABLE DES MATIÈRES

[PRFE36] UE Projet de fin d'études	136
[PRFE36] Projet de fin d'études	136

Responsable de l'UE : WATEL Dimitri

Prérequis : Aucun

Objectifs :

Le projet de fin d'étude a pour objectif de permettre à l'élève de démontrer toutes ses compétences acquises au cours de sa formation.

Évaluation (1^{re} session)

- Rapport d'activité apprenti (RAPPORT)
 - Rapport d'activité apprenti (RAPPORT)
 - ORAL (ORA)
 - Rapport d'activité apprenti (RAPPORT)
 - ORAL (ORA)
- Moyenne : $(RAP1+RAP2+ORA1+9*RAP3+9*ORA2)/21$

Évaluation (2^e session) Non rattrapable

Découpage

- Examen : 2 séance(s)

Contenu :

Le sujet du projet est libre et dépend bien entendu des besoins et ressources de l'entreprise. Il est important que le projet devienne la priorité de l'élève, afin que celui ci ne soit pas partagé entre son PFE et de nombreux autres projets de l'entreprise. L'élève doit avoir une place privilégiée au centre du projet, il peut s'agir par exemple de développement, des choix techniques, de la gestion de projet, ... Il n'est pas simple exécutant et participe activement et non passivement au projet.