

REPUBLIQUE TUNISIENNE

**Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique**

**DIRECTION GÉNÉRALE DES ETUDES
TECHNOLOGIQUES**

Réforme de la formation ingénieur

Institut Supérieur d'Informatique (ISI)

Tunis El Manar

Juin 2018

Tables des matières

1. Introduction	5
2. Coursus de la formation proposée	5
3. Régime des Etudes et des examens	6
3.1. La Durée des études	6
3.2. Spécialités.....	6
3.3. Organisation des études.....	6
3.4. Assiduité.....	6
3.5. Les stages	6
3.6. Projet de fin d'études.....	7
3.7. Modalités d'évaluation	7
3.7.1. Calcul des moyennes	7
3.7.2. Modalités de passage.....	8
3.7.3. Le rattrapage.....	8
3.7.4. Les crédits.....	8
3.7.5. Le Redoublement.....	8
3.7.6. Obtention du diplôme	9
3.7.7. Prolongation de scolarité	9
4. Plan d'études du tronc commun	9
4.1. Unités d'enseignements du premier semestre	9
4.2. Unités d'enseignements du second semestre	10
4.3. Unités d'enseignements du troisième semestre.....	11
5. Plan d'études des spécialités	12
5.1. Spécialité Ingénierie du Développement du Logiciel (IDL)	12
5.1.1. Unités d'enseignements du quatrième semestre	12
5.1.2. Unités d'enseignements du cinquième semestre.....	13
5.1.3. Modules optionnels	13
5.2. Spécialité Ingénierie et Développement des Infrastructures et des Services de Communications (IDISC).....	14
5.2.1. Unités d'enseignements du quatrième semestre.....	14
5.2.2. Unités d'enseignements du cinquième semestre.....	15
5.2.3. Modules optionnels	16
5.3. Spécialité Ingénierie des Systèmes Embarqués et Objets Connectés (ISEOC).....	17
5.3.1. Unités d'enseignements du quatrième semestre.....	17
5.3.2. Unités d'enseignements du cinquième semestre	18

5.3.3. Modules optionnels	19
Descriptif des modules du tronc commun	20
Premier semestre	20
Unité d'enseignements : Mathématiques I	21
Unité d'enseignements : Signaux et Systèmes	23
Unité d'enseignements : Algorithmique et mise en œuvre.....	29
Unité d'enseignements : Théorie de l'informatique	32
Unité d'enseignements : Systèmes d'exploitation et mise en œuvre	36
Unité d'enseignements : Compétences comportementales I.....	38
Second semestre	41
Unité d'enseignements : Mathématiques 2.....	42
Unité d'enseignements : Systèmes et architectures.....	45
Unité d'enseignements : Télécommunications.....	50
Unité d'enseignements : Programmation et compilation	54
Unité d'enseignements : Bases de données et mise en œuvre	57
Unité d'enseignements : Compétences comportementales II.....	60
Troisième semestre.....	65
Unité d'enseignements : Mathématiques pour l'ingénieur.....	66
Unité d'enseignements : Fondements des systèmes IoT	70
Unité d'enseignement : Systèmes Distribués	78
Unité d'enseignements : Génie du logiciel et des systèmes intelligents	82
Unité d'enseignement : Compétences Comportementales III.....	85
Descriptif des modules de la spécialité Ingénierie du Développement du Logiciel (IDL).....	87
Quatrième semestre	87
Unité d'enseignements : Science des données I	88
Unité d'enseignements : Processus logiciel.....	92
Unité d'enseignements : Systèmes d'information.....	94
Unité d'enseignements : Science des données I	97
Unité d'enseignements : Développement des systèmes complexes	99
Unité d'enseignement : Compétences Comportementales IV.....	104
Cinquième semestre	109
Unité d'enseignement : IA Avancée.....	110
Unité d'enseignement : Sciences des données II.....	116
Unité d'enseignements : Architectures logicielles complexes	120
Unité d'enseignement : Compétences Comportementales V.....	125
Descriptif des modules de la spécialité Ingénierie et Développement des Infrastructures et des Services de Communications (IDISC).....	130
Quatrième semestre.....	130

Unité d'enseignements : Réseaux mobiles et sans fil.....	131
Unité d'enseignements : Réseaux et sécurité I.....	134
Unité d'enseignements : Technologies et protocoles des réseaux étendus.....	138
Unité d'enseignements : Outils d'évaluation des réseaux.....	141
Unité d'enseignements : Services Web & développement mobile et réseaux.....	143
Cinquième semestre	149
Unité d'enseignements : Virtualisation des systèmes et des réseaux	150
Unité d'enseignements : Réseaux avancés et Ingénierie.....	154
Unité d'enseignements : Réseaux & Sécurité II.....	162
Unité d'enseignements : VoIP, Services Télécom et multimédia	166
Unité d'enseignements : Réseaux & Multimédia	168
Unité d'enseignements : Sciences de données et veille technologique	172
Descriptif des modules de la spécialité Ingénierie des systèmes embarqués et objets connectés (ISEOC).....	174
Quatrième semestre	174
Unité d'enseignements : Modélisation, identification et commande des systèmes.....	180
Unité d'enseignements : Sûreté des systèmes	190
Cinquième semestre	194
Unité d'enseignements : Conception de systèmes embarqués et temps réel	195
Unité d'enseignements : Vision, Robotique et IA.....	200
Unité d'enseignements : Automatisation et commande avancée des systèmes.....	204

1. Introduction

Depuis sa création en 2001, l'institut supérieur d'informatique a formé plusieurs générations d'ingénieurs informaticiens qui se sont imposés sur le marché de l'emploi aussi bien en Tunisie qu'à l'international. Toutefois, le cursus de la formation n'a pas connu de réforme depuis cette époque bien que le marché de l'emploi a profondément évolué. Afin de s'adapter à la nouvelle conjoncture, il est vital pour l'établissement de mettre à jour sa formation et ses spécialités.

Les caractéristiques structurelles de l'ISI (nombre de spécialités, dénomination du diplôme, nombre d'années de formation) ne sont pas concernées par cette réforme qui vise essentiellement l'amélioration de la qualité de la formation en s'employant à alléger le volume de l'enseignement pour s'aligner avec les standards internationaux, en impliquant les étudiants par le travail personnel, en focalisant sur l'aspect développement et les nouvelles technologies dans toutes les spécialités pour répondre aux attentes du marché de l'emploi, en accordant une part importante aux compétences comportementales.

2. Cursus de la formation proposée

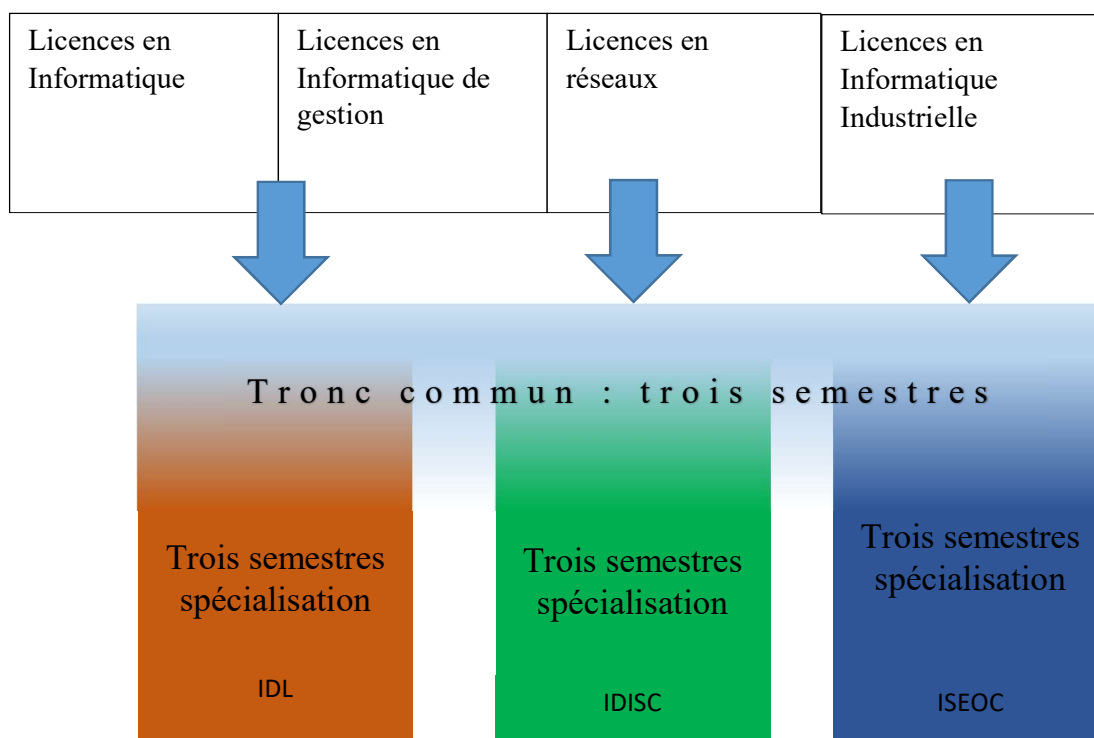


Fig.1 : Cursus de la formation proposée

L'accès à la formation ingénieur a lieu grâce aux concours spécifiques ouverts à tous les licenciés en informatique. L'ISI offre trois spécialités :

- Ingénierie de Développement du Logiciel (IDL)
- Ingénierie et Développement des Infrastructures et des Services de Communications (IDISC)
- Ingénierie des Systèmes Embarqués et Objets Connectés (ISEOC)

Les candidats ayant obtenu un diplôme de licence fondamentale ou appliquée dans les domaines de l'informatique, l'informatique de gestion, les réseaux ou l'informatique industrielle ou un diplôme équivalent peuvent postuler au concours spécifique pour accéder à

l'une des spécialités de la formation ingénieur. Le nombre de places offertes par spécialité est fixé par la direction de l'établissement à chaque ouverture de concours. De même, la direction de l'établissement précisera le nombre de place offertes par spécialité pour chaque type de licence.

Dans le cadre du concours spécifique, les détenteurs d'un Mastère en informatique ou un diplôme équivalent pourront postuler pour l'admission en 2^{ème} année de la formation ingénieur. Le nombre de place offertes par spécialité est aussi fixé par la direction de l'établissement à chaque ouverture de concours, la direction de l'établissement précisera le nombre de place offertes par spécialité pour chaque type de Mastère.

3. Régime des Etudes et des examens

3.1. La Durée des études

Les enseignements conduisant à l'obtention du diplôme National d'Ingénieur en Informatique de l'Institut Supérieur d'Informatique comprennent un volume horaire total de 2400 heures environ, réparties sur trois années d'études.

La première et la deuxième année d'études comportent, chacune, trente-six (36) semaines d'enseignement, dont quatre (4) semaines de stages professionnels. La troisième année d'études comporte trente-deux (32) semaines dont seize (16) semaines réservées à la réalisation du projet de fin d'études

3.2. Spécialités

Les candidats à l'admission à l'institut supérieur d'informatique postulent pour l'une des trois spécialités offertes. Le nombre de places disponibles à l'admission pour chaque spécialité est prononcé par le directeur de l'établissement sur proposition des différents départements.

3.3. Organisation des études

Les études sont organisées en modules qui sont regroupés en unités d'enseignements comme unités d'évaluation des connaissances. Les listes de modules optionnels sont mises à jour chaque année par le directeur des études sur proposition du conseil scientifique. Les modules optionnels peuvent ne pas être assurés si le nombre d'élèves ingénieurs ayant opté pour ces enseignements est jugé insuffisant, les élèves ingénieurs les ayant choisis sont alors invités à reporter leur choix sur les autres modules aux choix.

Les enseignements sont dispensés sous forme de cours (C) de travaux dirigés (TD), de travaux pratiques (TP) et de travaux personnels encadrés.

3.4. Assiduité

L'assiduité à tous les enseignements et à toutes les activités prévues par le plan d'études est obligatoire. Lorsque les absences dans un module dépassent les 20% du volume horaire qui lui est allouée par le plan d'études, l'élève ingénieur concerné n'est pas autorisé à se présenter, à la session principale, aux épreuves s'y rapportant. Toutefois, le cumul des absences ne peut dépasser 10% du volume horaire global d'une année d'études, auquel cas l'élève ingénieur concerné n'est pas autorisé à se présenter à l'ensemble des épreuves de la session principale. Ce volume global inclut aussi l'ensemble des activités pédagogiques (stages de courtes durées, visites techniques, séminaires ...)

3.5. Les stages

La formation est complétée par un stage obligatoire, en première et deuxième année. Chacun des stages fait l'objet d'un rapport établi par l'élève ingénieur qui l'a suivi. Le rapport de

stage est évalué par un jury dont la composition, comprenant un enseignant des langues et un enseignant de la spécialité, est fixée par le directeur des stages, sur proposition du directeur du département concerné.

Tout stage déclaré non concluant par le jury, nécessite un stage de remplacement effectué et évalué dans les mêmes conditions.

Les rapports de stage non remis dans les délais et les stages refaits sont évalués en session de rattrapage de soutenances de stages. La note des stages compte dans le classement final de la promotion.

3.6. Projet de fin d'études

En troisième année, la formation inclut un projet de fin d'études, à caractère professionnel et en rapport avec la spécialité suivie, sous forme d'un travail d'ingénierie encadré par au moins un enseignant.

Le projet de fin d'études est soutenu devant un jury désigné par le directeur de l'Institut, après avis du directeur du département concerné. Le jury est composé de trois (3) enseignants dont l'enseignant responsable du projet de fin d'études. Le directeur de l'Institut peut inviter toute personne dont la compétence est reconnue dans le domaine objet du projet de fin d'études pour faire partie du jury. Ne sont autorisés à soutenir le projet de fin d'études que les élèves Ingénieurs ayant réussi les examens de la troisième année et ayant validé les modules objet de crédit et ayant déposés leur mémoire dans les délais.

3.7. Modalités d'évaluation

L'acquisition des connaissances par les élèves ingénieurs est évaluée par un système de contrôle continu et par un examen final organisé en deux sessions successives :

- Une session principale dont la date pour chaque module, est fixée au début de l'année universitaire par le directeur de l'Institut, après avis du conseil scientifique.
- Une session de rattrapage, qui doit se dérouler au moins une semaine après la proclamation des résultats de la session principale, pour chaque matière.

Les examens de la session principale et de la session de rattrapage sont organisés sous forme d'épreuves écrites dont la durée est fixée, au début de chaque année, par le directeur de l'Institut après avis du conseil scientifique et sur proposition du département.

Le contrôle continu comprend, selon la forme des enseignements propres à chaque module des tests écrits, oraux, pratiques et, le cas échéant, des travaux personnalisés en classe ou à la maison.

Toute absence à l'une des épreuves de l'examen final d'un module est sanctionnée par la note zéro (0)

3.7.1. Calcul des moyennes

Pour chaque module, il est calculé une moyenne résultant des notes obtenues dans les différentes épreuves de contrôle des connaissances.

Les coefficients de pondération attribués à ces épreuves sont fixés selon la forme des enseignements propres à chaque module comme suit :

- Modules organisés sous forme de cours et de travaux dirigés :
 - **1/3 contrôle continu**
 - **2/3 examen final**

- Modules organisés sous forme de cours, de travaux dirigés et de travaux pratiques :
 - **2/3 note théorique** } **1/3 contrôle continu**
 - **1/3 note travaux pratiques** } **2/3 examen final**
- Modules organisés exclusivement sous forme de travaux pratiques ou de travaux dirigés :
 - **100% contrôle continu.**

Les modules organisés exclusivement sous forme de travaux pratiques ou de travaux dirigés ne peuvent faire l'objet de crédit ou de rattrapage.

3.7.2.Modalités de passage

Est déclaré admis en année supérieure par le directeur de l'Institut sur proposition du jury de délibération, l'élève ingénieur ayant satisfait aux conditions suivantes :

1. Obtention d'une moyenne générale égale ou supérieure à 10/20, après les épreuves principales ou de rattrapage.

La moyenne générale est obtenue à partir des moyennes des unités d'enseignements affectés de leurs coefficients respectifs

2. Obtention d'une moyenne égale ou supérieure à 08/20 dans chacune des unités d'enseignements, après les épreuves principales ou de rattrapage.

Le calcul de la moyenne de chaque unités d'enseignements tient compte des coefficients de pondération fixés par le plan d'études

3.7.3.Le rattrapage

L'élève ingénieur qui n'a pas obtenu la moyenne annuelle générale, bénéficie d'une session de rattrapage pour les unités d'enseignements où il n'a pas obtenu la moyenne. Ce rattrapage ne peut concerner que les modules où l'élève ingénieur n'a pas eu la moyenne. La note de rattrapage n'est considérée que si elle améliore la note de l'examen, et dans ce cas, elle remplace la note de l'examen final dans le calcul de la moyenne du module concerné.

3.7.4.Les crédits

L'élève ingénieur qui, après la session de rattrapage, a obtenu une moyenne générale égale ou supérieure à 10/20 et une moyenne supérieure à 08/20 dans les trois quarts au moins des unités d'enseignements peut être admis en année supérieure avec crédit.

Dans ces unités d'enseignements, le crédit est accordé pour le ou les modules dont la moyenne est inférieure à 08/20 et ce dans la limite de quatre (4) modules avec prise en compte de modules antérieurs non validés.

Un module objet de crédit est validé lorsque la nouvelle moyenne de l'unité d'enseignement auquel il appartient est égale ou supérieure à 08/20.

Les modules à crédit sont arrêtés, pour chaque élève ingénieur crédité, par le directeur de l'Institut sur proposition du jury de délibération.

3.7.5.Le Redoublement

Le redoublement est autorisé une seule fois au cours de la scolarité. En cas de redoublement l'élève ingénieur peut garder le bénéfice des modules dont la moyenne est supérieure ou égale

à 10/20. La liste des modules doit être arrêtée par l'élève ingénieur concernée en début de l'année du redoublement.

3.7.6.Obtention du diplôme

Le diplôme national d'ingénieur de l'Institut Supérieur d'Informatique est délivré aux élèves ingénieurs de troisième année ayant satisfaits aux conditions suivantes :

1. Avoir validé les modules objets de crédit,
2. Avoir subi avec succès les examens de la troisième année,
3. Avoir validé tous les stages requis,
4. Avoir obtenu une note égale, au moins, à 10/20 au projet de fin d'études.

3.7.7.Prolongation de scolarité

Les élèves ingénieurs, n'ayant pas validé leurs stages ou soutenu avec succès le projet de fin d'études, peuvent bénéficier à cet effet, d'une prolongation de scolarité pouvant aller jusqu'à six mois. La prolongation est déclarée par le directeur de l'Institut sur proposition du jury de délibération.

4. Plan d'études du tronc commun

4.1. Unités d'enseignements du premier semestre

Unité d'enseignements	Modules	Forme des enseignements et volumes horaires				Coefficients	
		Durée	C	TD	TP	Coef. Mod.	Coef. GM
Mathématiques I	Algèbre linéaire	37,5	30	7,5		1	4
	Compléments de mathématiques	37,5	30	7,5		1	
Signaux et systèmes	Traitement du signal	30	22,5	7,5		1	3
	Electronique pour l'ingénieur	52,5	22,5	15	15	2	
	Théorie de l'information et codage	30	22,5	7,5		1	
Algorithmique et mise en œuvre	Algorithmique fondamentale	45	22,5	22,5		2	4
	Mini projet algorithmique	22,5		22,5		1	
Théorie de l'informatique	Théorie des langages et automates	45	22,5	22,5		1	4
	Logique informatique	45	22,5	22,5		1	
Systèmes d'exploitation et mise en œuvre	Systèmes d'exploitation avancés	45	22,5	22,5		2	3
	Mini projet Systèmes d'exploitations	15		15		1	
Compétences comportementales I	Langue et méthodologie	22,5		22,5		1	2
	Business Communication	22,5		22,5		1	
	Total	450	217,5	217,5	15		20

4.2. Unités d'enseignements du second semestre

Unité d'enseignements	Modules	Forme des enseignements et volumes horaires				Coefficients	
		Durée	C	TD	TP	Coef. Mod.	Coef. GM
Mathématiques 2	Analyse appliquée	30	22,5	7,5		1	3
	Analyse numérique	45	22,5	15	7,5	2	
Systèmes et architectures	Théorie des systèmes dynamiques	45	22,5	15	7,5	2	3
	Architecture avancées des processeurs	30	22,5	7,5		2	
	Mini projet systèmes à microprocesseurs	15		15		1	
Télécommunications	Ondes et applications	30	22,5	7,5		1	4
	Télécommunications analogiques et numériques	45	22,5	7,5	15	2	
programmation et compilation	Programmation Objet	45	30		15	1	4
	Techniques de compilation	45	22,5	15	7,5	1	
Bases de données et mise en œuvre	Bases de données et interfaçages	37,5	22,5		15	2	4
	Mini projet programmation objet et bases de données	15		15		1	
Compétences comportementales II	Langue et Méthodologie	22,5		22,5		1	2
	Management digital et système d'informations	22,5	22,5			1	
	Business Communication	22,5		22,5		1	
Total		450	232,5	150	67,5		20

4.3. Unités d'enseignements du troisième semestre

Unité d'enseignements	Modules	Forme des enseignements et volumes horaires				Coefficients		Certifications
		Durée	C	TD	TP	Coef. Mod.	Coef. GM	
Mathématiques pour l'ingénieur	Méthodes statistiques	37,5	30	7,5		1	4	
	Optimisation	45	22,5	15	7,5	1		
Fondements des systèmes IoT	microcontrôleurs et objets connectés	30	22,5	7,5		2	4	
	Systèmes à événements discrets	22,5	15	7,5		2		
	Réseaux d'entreprises	37,5	22,5		15	2		CCNA 1-2
	Mini-projet microcontrôleurs et objets connectés	22,5		22,5		1		
Systèmes distribués	Fondements des systèmes distribués	22,5	15	7,5		1	5	
	Architecture client/serveur et programmation middleware	37,5	22,5		15	2		
	Programmation système sous Unix	30	22,5		7,5	2		LPIC 1
	Projet Systèmes distribués	22,5		22,5		1		
Génie du logiciel et des systèmes intelligents	Modélisation orientée objets	45	22,5	15	7,5	3	4	
	Génie Logiciel	15	15			1		
	IA et Systèmes experts	37,5	22,5	7,5	7,5	3		
Compétences comportementales III	Personnal Development and Socializing	22,5		22,5		1	3	
	Droit des TIC	22,5	22,5			1		
Total		450	255	135	60		20	

5. Plan d'études des spécialités

5.1. Spécialité Ingénierie du Développement du Logiciel (IDL)

5.1.1. Unités d'enseignements du quatrième semestre

Unité d'enseignements	Modules	Forme des enseignements et volumes horaires				Coefficients		Certifications
		Durée	C	TD	TP	Coef. Mod.	Coef. GM	
Science des données I	Modélisation stochastique	37,5	30	7,5		1	5	
	Analyse de données	30	15	7,5	7,5	1		
	Computer vision	37,5	22,5		15	1		
	Parallélisme et calcul haute performance	37,5	22,5	15		1		
Processus logiciel	Qualité et test du logiciel	37,5	15	7,5	15	2	3	
	Génie logiciel avancé	22,5	15		7,5	1		
Systèmes d'information	Conception et programmation des interfaces utilisateurs	30	15	7,5	7,5	2	5	
	Ingénierie des processus métier	30	15		15	1		
	Mini-projet développement des systèmes d'information	22,5		22,5		1		
Méthodes et outils pour les systèmes complexes	Développement d'applications mobiles	37,5	15	15	7,5	2	4	
	Développement Web Avancé	37,5	15	7,5	15	2		
	Mini-projet systèmes complexes	22,5		22,5		1		
Compétences comportementales IV	Internet Marketing	22,5	22,5			1	3	
	Personal development and Socializing	22,5		22,5		1		
	Projet personnel et professionnel	22,5		22,5		1		
Total		450	202,5	157,5	90		20	

5.1.2. Unités d'enseignements du cinquième semestre

Unité d'enseignements	Modules	Forme des enseignements et volumes horaires				Coefficients		Certifications
		Durée	C	TD	TP	Coef. Mod.	Coef. GM	
IA Avancée	Techniques de calcul intelligent	30	22,5		7,5	2	5	
	Apprentissage artificiel	37,5	22,5	7,5	7,5	2		
	IA distribuée	22,5	15		7,5	1		
	Mini-projet IA avancée	22,5		22,5		1		
Sciences des données II	Indexation et recherche d'information par le contenu	30	22,5		7,5	2	4	
	Big data	30	22,5		7,5	2		IBM-Big data
	Mini-projet Science des données II	22,5		22,5		1		
Architectures logicielles complexes	Analyse et modélisation de l'architecture logicielle	37,5	30	7,5		2	6	
	Architectures cloud	30	22,5	7,5		1		
	Développement orienté service	30	15		15	1		
	Vérification formelle des systèmes communicants	30	22,5	7,5		1		
Modules optionnels	Module optionnel 1	30	22,5	7,5		1	2	
	Module optionnel 2	30	22,5	7,5		1		
Compétences comportementales V	Anglais	22,5		22,5		1	3	
	Littéracie universitaire et TICE	22,5		22,5		1		
	Innovation et entrepreneuriat	22,5	22,5			1		
	Total	450	262,5	135	52,5		20	

5.1.3. Modules optionnels

Nom	Certification
Business Intelligence	IBM-BI
Reconnaissance des formes	
Développement d'applications temps réel	

5.2. Spécialité Ingénierie et Développement des Infrastructures et des Services de Communications (IDISC)

5.2.1. Unités d'enseignements du quatrième semestre

Unité d'enseignements	Modules	Forme des enseignements et volumes horaires				Coefficients		Certifications
		Durée	C	TD	TP	Coef. Mod.	Coef. GM	
Réseaux mobiles et sans fil	Réseaux radio mobiles	37,5	30	7,5		2	4	
	Technologies réseaux sans fil et Internet des objets	37,5	22,5	7,5	7,5	2		
	Projet Expérimentation de l'IOT	22,5		22,5		1		
Réseaux & Sécurité I	Administration et supervision des réseaux	37,5	22,5		15	4	3	
	Cryptographie avancée	30	22,5		7,5	3		
Technologies et protocoles des réseaux étendus	Communications optiques	30	22,5	7,5		3	4	
	Réseaux étendus et réseaux d'opérateurs	45	30		15	4		
Outils d'évaluation des réseaux	Simulation des réseaux	30	22,5		7,5	3	3	
	Modélisation stochastique	37,5	30	7,5		4		
Services Web & développement mobile et réseaux	Développement des applications et services web	30	22,5		7,5	3	3	
	Développement des applications mobiles	22,5	15		7,5	2		
	Mini-Projet Développement mobile et réseaux	22,5		22,5		2		
Compétences comportementales IV	Internet Marketing	22,5	22,5			1	3	
	Personal development and socializing	22,5		22,5		1		
	Projet personnel et professionnel	22,5		22,5		1		
Total		450	262,5	120	67,5		20	

5.2.2. Unités d'enseignements du cinquième semestre

Unité d'enseignements	Modules	Forme des enseignements et volumes horaires				Coefficients		Certifications
		Durée	C	TD	TP	Coef. Mod.	Coef. GM	
Virtualisation des systèmes et réseaux	Virtualisation des Systèmes et Cloud computing	30	22,5	7,5		3	3	
	Virtualisation et Softwarisation des réseaux	22,5	11,25		11,25	2		
Réseaux avancés et Ingénierie	Evolution et Migration vers la 5G	30	22,5	7,5		3	3	
	Ingénierie des réseaux radio mobiles	22,5	15	7,5		2		
	Mini-projet évaluation des performances des réseaux	22,5		23		2		
Réseaux & Sécurité II	Sécurité des infrastructures	30	22,5		7,5	3	3	
	Audit Sécurité et Pentesting	30	22,5		7,5	3		
VoIP, services télécoms & Multimédia	Convergence tout IP et plateformes de services télécoms	30	22,5	7,5		3	3	
	Codage et Sécurisation des données multimédia	30	22,5	7,5		3		
	Mini-projet VoIP et services télécoms	22,5		22,5		2		
Sciences de données et veille technologique	Big Data	30	15		15	3	3	IBM-Big Data
	Machine Learning	22,5	15		7,5	2		
Modules optionnels	Module optionnel 1	30	22,5	7,5		2	3	
	Module optionnel 2	30	22,5	7,5		2		
Compétences comportementales V	Anglais	22,5		22,5		1	2	
	Littératie universitaire et TICE	22,5		22,5		1		
	Innovation et entrepreneuriat	22,5	22,5			1		
Total		450	258,75	142,5	48,75		20	

5.2.3. Modules optionnels

Nom	Certification
Systèmes de transport intelligents (ITS)	
Machine to Machine (M2M)	
Cybersécurité	
Réseaux orientés contenus (ICN)	
Filtrage adaptatif	
Vision par ordinateur	
Bioinformatique	
Synthèse d'images	
Réalité Virtuelle	
Télévision numérique	

5.3. Spécialité Ingénierie des Systèmes Embarqués et Objets Connectés (ISEOC)

5.3.1. Unités d'enseignements du quatrième semestre

Unités d'enseignements	Modules	Forme des enseignements et volumes horaires				Coefficients		Certifications
		Durée	C	TD	TP	Coef. Mod.	Coef. GM	
Conception et implémentation des circuits numériques sur FPGA	Conception des circuits numériques	30	22,5	7,5		2	5	
	Mini-projet Conception des circuits numériques et implémentation sur FPGA	22,5		22,5		1		
	Architectures multiprocesseurs	30	22,5	7,5		1		
Modélisation, identification et commande des systèmes	Modélisation et identification des systèmes	37,5	22,5	15		2	5	
	Commande numérique des systèmes	37,5	22,5	15		2		
	Mini-projet Identification et commande numérique des systèmes	22,5		22,5		1		
	Electronique de puissance	30	15	7,5	7,5	1		
Objets connectés	Protocoles de communication des objets connectés	30	22,5	7,5		2	5	
	Capteurs intelligents et réseaux de capteurs	30	22,5	7,5		2		
	Domotique et bâtiments connectés	30	15	7,5	7,5	1		
Sûreté des systèmes	Sûreté de fonctionnement	30	22,5	7,5		1	3	
	Sécurité des systèmes embarqués	22,5	15	7,5		1		
	Modélisation stochastique	30	22,5	7,5		1		
Compétences comportementales IV	Internet Marketing	22,5	22,5			1	2	
	Personal development and socializing	22,5		22,5		1		
	Projet personnel et professionnel	22,5		22,5		1		
	Total	450	247,5	187,5	15		20	

5.3.2. Unités d'enseignements du cinquième semestre

Unités d'enseignements	Modules	Forme des enseignements et volumes horaires				Coefficients		Certifications
		Durée	C	TD	TP	Coef. Mod.	Coef. GM	
Conception des systèmes embarqués et temps réel	Conception des systèmes embarqués	37,5	22,5	15		2	5	
	Développement d'applications temps réel embarquées	30	22,5	7,5		2		
	Mini-projet avancées en systèmes embarqués connectés	15		15		1		
Vision, Robotique et IA	Vision embarquée	30	22,5	7,5		2	5	
	Robotique mobile	30	22,5	7,5		2		
	Mini projet Vision et robotique	22,5		22,5		1		
	IA et énergies renouvelables	30	22,5	7,5		2		
Automatisation et commande avancée des systèmes	Ingénierie des systèmes automatisés	37,5	22,5	7,5	7,5	2	5	
	Commande avancée des systèmes	45	22,5	15	7,5	2		
	Progiciels de gestion intégrée	45	22,5	7,5	15	2		
Modules optionnels	Module optionnel 1	30	22,5	7,5		1	2	
	Module optionnel 2	30	22,5	7,5		1		
Compétences comportementales V	Anglais	22,5		22,5		1	3	
	Littérature universitaire et TICE	22,5		22,5		1		
	Innovation et entrepreneuriat	22,5	22,5			1		
Total		450	247,5	172,5	30		20	

5.3.3. Modules optionnels

Nom	Certification
Deep learning	
Traitement d'images avancée	
Big Data	IBM-Big data
Labview	Certification Labview
Conception des systèmes industriels de sécurité	
Architectures spécifiques DSP et GPU	

Descriptif des modules du tronc commun
Premier semestre

Unité d'enseignements : Mathématiques I

Module : Algèbre linéaire pour ingénieur

Prérequis : Algèbre linéaire et algèbre bilinéaire

Objectifs : L'objectif principal de ce cours est de présenter les notions de base de l'algèbre linéaire, mais dans un contexte de sciences appliquées et d'ingénierie.

Contenu du module

- I. Compléments d'algèbre linéaire
 - 1. Espaces vectoriels
 - 2. Applications linéaires
 - 3. Matrices
 - 4. Déterminants et systèmes linéaires

- II. Réduction des endomorphismes et des matrices carrées
 - 1. Eléments propres
 - 2. Polynôme caractéristique
 - 3. Diagonalisabilité
 - 4. Triangulation
 - 5. Applications de la diagonalisation

- III. Algèbre bilinéaire
 - 1. Formes bilinéaires symétriques, formes quadratiques
 - 2. Espaces vectoriels euclidiens
 - 3. Endomorphismes remarquables d'un espace vectoriel euclidien
 - 4. Adjoint
 - 5. Réduction des matrices symétriques réelles

Bibliographie

- 1. Jean-Marie Monier « *Algèbre et Géométrie* » 5ème édition, Dunod, Paris, 2007.

Unité d'enseignements : Mathématiques 1

Module : Compléments de Mathématiques

Objectif : Ce module a pour objectif d'offrir aux étudiants les connaissances de base des outils mathématiques qui seront utilisés dans le traitement du signal et dans l'étude des équations aux dérivées partielles

Contenu du module

I.- Espaces Vectoriels Normés

II- .Calcul Différentiel

III.- Formes quadratiques

IV.-Complément d'intégration.

Unité d'enseignements : Signaux et Systèmes

Module : Traitement du signal

Prérequis : Notions fondamentales d'analyse mathématique

Objectifs : Ce cours présente les principes fondamentaux du traitement du signal. Son but est de faire acquérir une familiarité avec les signaux continus et discrets et ce dans les domaines temporels et fréquentiels. Il permet également à l'étudiant de maîtriser et de savoir évaluer et analyser la réponse d'un système. Il est agrémenté de travaux dirigés et de travaux pratiques.

Contenu du module

- I. Introduction au traitement du signal
 - 1. Notion de signal et notion de bruit
 - 2. Energie et puissance
 - 3. Valeur moyenne d'un signal
 - 4. Classification des signaux
 - 5. Signaux élémentaires
- II. Traitement des signaux analogiques
 - 1. Dualité temps-fréquence
 - 2. Décomposition en Série de Fourier
 - 3. Transformée de Fourier
 - 4. Transformée de Laplace
- III. Traitement des signaux numériques
 - 1. Processus de numérisation
 - 2. Echantillonnage
 - 3. Quantification
 - 4. Transformée de Fourier à Temps Discret (TFTD)
 - 5. Transformée de Fourier Discrète (TFD)
- IV. Filtrage numérique
 - 1. Transformée en Z
 - 2. Conception de filtre numérique
 - 3. Filtre RIF
 - 4. Filtre RII

Travaux Dirigés

TD1 : Synthèse de signaux élémentaires : Analyse temporelle et spectrale

TD2 : Echantillonnage : Problème de repliement spectral

TD3 : Fenêtrage : Influence sur la résolution spectrale

TD4 : Synthèse des filtres

Bibliographie

1. Introduction au traitement du signal, Patrick DUVAUT, François MICHAUT, Michel CHUC, Hermes, 1994.
2. Le traitement du signal sous Matlab, André QUINQUIS, Hermes, 2000.

Unité d'enseignements : Signaux et systèmes

Module : Electronique pour l'ingénieur

Prérequis : Electricité

Objectifs : Au terme du cours, l'étudiant (e) maîtrisera : les composants de l'électronique (diodes, transistors et amplificateurs), les alimentations stabilisées, les amplificateurs à transistors, les filtres actifs

Contenu du module

- I. Rappel sur les théorèmes utiles
- II. Les diodes et applications
 - 5. Rappel sur les semi-conducteurs
 - 6. Diode à jonction PN
 - 7. Caractéristiques de la diode
 - 8. Point de fonctionnement
 - 9. Diodes spéciales : Zener, etc..
 - 10. Redressement simple et double alternance
- III. Le transistor bipolaire
 - 6. Structure et fonctionnement d'un transistor bipolaire
 - 7. Réseau de caractéristiques
 - 8. Circuits de polarisation d'un transistor
 - 9. Etude en régime dynamique
- IV. Le transistor à effet de champ ou FET
 - 6. Différents types de FET
 - 7. Modes de fonctionnement et schémas équivalents
 - 8. Quelques circuits de polarisation
- V. L'amplificateur opérationnel
 - 1. Introduction aux amplificateurs opérationnels
 - 2. Amplificateur différentiel
 - 3. Rétroaction négative
 - 4. Sommateur et additionneur
 - 5. Intégrateur et dérivateur
 - 6. Filtres actifs

Travaux pratiques

TP1 : Initiation au matériel

TP2 : Diode (réelle et redressement)

TP3 : Transistor à émetteur commun

TP4 : AOP idéal, Filtre actif

TP5 : Examen

Bibliographie

1. Thomas Floyd « *Fondements d'électronique* » 5ème édition, Les Éditions Reynald Goulet, 2000
2. Paul Horowitz, Winfield Hill « *Traité de l'électronique analogique et numérique (Vol.1)* » Elektor, 1996
3. Alberto P. Malvino « *Principes d'électronique* » McGraw-Hill, 1991
4. Jacob Millman, Arvin Grabel « *Microélectronique* » Ediscience International, 1994

Unité d'enseignements : Signaux et systèmes

Module : Théorie de l'information et codage

Prérequis : calcul des probabilités, théorie des signaux, conception des systèmes, les différentes composantes d'une chaîne de transmission

Objectifs : Comme son intitulé l'indique ce cours est à vocation théorique et traite deux sujets complémentaires : la notion d'information et les méthodes de codage de l'information. Ce cours a trois objectifs principaux. Premièrement, donner aux étudiants les bases nécessaires à la mise en œuvre d'approches probabilistes. La théorie de l'information est en effet fondée sur des modèles probabilistes et permet de donner une définition précise et quantitative aux notions d'incertitude, d'information et de dépendance statistique. Le second objectif concerne l'étude des grands théorèmes de la théorie de l'information. Ces théorèmes, énoncés et démontrés par Shannon, définissent essentiellement les limites du possible en matière de stockage et de transmission de l'information, et sont dès lors fondamentaux dans le contexte de la mise au point des systèmes informatiques et des techniques de télécommunication. Le troisième objectif du cours est de donner un aperçu représentatif des diverses techniques de codage de données (compression de données, codes correcteurs d'erreurs) qui sont aujourd'hui mises en œuvre dans la plupart des applications industrielles et commerciales.

Contenu du module

I Introduction aux systèmes de communication

II Modélisation probabiliste de l'information

- Calcul des probabilités
- Mesure quantitative de l'information

III Sources discrètes

- Sources de Markov
- Codage source
- Premier théorème de Shannon
- Codage instantané optimal

IV Canaux discrets

- Communications à travers un canal
- Codage canal
 - Système de communication
 - Capacité et information du canal sans mémoire
 - Séquences conjointement typiques
 - Second théorème de Shannon
- Codes correcteurs-détecteurs d'erreurs
 - Codes systématiques
 - Codes linéaires en blocs

- Codes de Hamming (7,4)
- Codes cycliques
- Codes convolutifs

Bibliographie

1. T. M. Cover and J. A. Thomas, Elements of information theory, Wiley, 1991.
2. G. Battail, Théorie de l'information: application aux techniques de communication, Masson, 1997
3. [C. E. Shannon](#), A Mathematical Theory of Communication, [Bell System Technical Journal](#), Vol. 27, p. 379–423, 623–656, July, October, 1948.

Unité d'enseignements : Algorithmique et mise en œuvre

Module : Algorithmique fondamentale

Prérequis : Algorithmique et structure de données, programmation

Objectifs : Analyse et conception d'algorithmes performants, calcul de la complexité d'un algorithme, algorithmes de tri et de recherches, algorithmes sur les Graphes et Arbres, programmation dynamique

Contenu du module

- I. Introduction
- II. Calcul de complexité
 1. Complexité au pire des cas, au meilleur des cas et complexité moyenne
 2. Bornes asymptotiques
 3. Classes de complexités
 4. Complexité des algorithmes itératifs
- III. Récursivité
 1. Types de récursivité
 2. Terminaison
 3. Diviser pour régner
 4. Complexité des algorithmes récursifs
 5. Suppression de la récursivité
- IV. Problèmes de recherche et de tri, et autres
 1. Recherche dichotomique
 2. Algorithmes de tri et complexité
- V. Graphes
 1. Définitions et propriétés
 2. Représentation des graphes
 3. Parcours de graphes
- VI. Arbres
 1. Arbres binaires
 2. Représentation d'Arbres binaires
 3. Parcours d'Arbres binaires
 4. Arbres binaires de recherche (ABR)
 5. Arbres équilibrés
 6. Arbres AVL
- VII. Programmation Dynamique
 1. Introduction
 2. Problèmes d'optimisation séquentielle
 3. Principes de la programmation dynamique
 4. Multiplications chaînées de matrices
 5. Plus court chemin dans un graphe
 6. Principe d'optimalité
 7. Sous-structure optimale
 8. Fonctions à Mémoire

Bibliographie

1. S. ANDREW, A. TANENBAUM, architecture de l'ordinateur, Dunod, 2001.
2. C. FROIDEVAUX, M.C. GAUDEL, M. SORIA, Types de données et Algorithmes, Mc Graw Hill, 1990.
3. A.V. AHO, J.E. HOPCROFT, J.D ULLMAN, Data structures and algorithms, Addison Wesley, 1983.
4. N. WIRTH, Algorithms + data structures = Programs, Prentice Hall, 1978.

Unité d'enseignements : Algorithmique et mise en œuvre

Module : Mini-projet algorithmique

Prérequis : Algorithmique et structure de données, programmation

Objectifs : Mettre en œuvre les concepts de l'algorithmique fondamentale en s'attaquant à un problème réaliste. L'apprenant tout en étant encadré par l'enseignant doit faire preuve d'initiative et de travail personnel

Contenu du module

Dans le cadre du cours algorithmique fondamentale, un énoncé de problème est présenté aux étudiants. A chaque séance, l'enseignant dirige les étudiants pour identifier des sous problèmes et établir une stratégie de résolution. Il fait le point avec les étudiants quant à leur niveau de progression et fixe des objectifs pour la séance suivante. A la fin du cours, les étudiants doivent avoir résolu le problème et ils doivent faire une présentation orale de leur solution.

Unité d'enseignements : Théorie de l'informatique

Module : Théorie des langages et automates

Pré requis : Algorithmique et structures de données

Objectif : Comprendre les concepts de base de la théorie des langages formels. Comprendre son rôle et son intérêt en informatique. Savoir manipuler et utiliser langages, automates, grammaires

Contenu du module

Introduction

- I. Alphabets et langages
 1. Alphabet
 2. Mot
 3. Opérations sur les mots
 4. Monoïde
 5. Langage
- II. Expressions régulières
 1. Introduction aux expressions régulières
 2. Définitions
 3. Propriétés des expressions régulières
 4. Le théorème d'Arden
 5. Les définitions régulières
 6. Les langages réguliers
- III. Automates finis
 1. Qu'est ce qu'un Automate fini
 2. Formalisation
 3. Représentation d'un automate
 4. Automates complets
 5. Automates équivalents
 6. Langage généré par un automate
 7. Opérations sur les automates
- IV. Systèmes de réécriture et grammaires
 1. Principes
 2. Définitions
 3. Les grammaires
 4. Classification de Chomsky
 5. Grammaires et dérivation
 6. Transformation d'une grammaire
- V. Automates à piles
 1. Introduction
 2. Définition
 3. Configuration
 4. Les critères d'acceptation
 5. Automates à piles déterministes
 6. Automates à piles et langages algébriques
 7. Grammaires algébriques vers Automates à piles
 8. Automates à piles vers Grammaires algébriques
 9. Clôture des langages algébriques
- VI. Machines de Turing

1. Introduction
2. Définition
3. Exécution
4. Formalisation
5. Configuration
6. Dérivation d'une configuration
7. Langage accepté

Bibliographie

1. J.E. Hopcroft, J.D. Ullman. Introduction to automata theory, languages and computation. Addison-Wesley, 1979.
2. M. Sipser. Introduction to the theory of computation. PWS Publishing Company, 1996.
3. Lingas, R. Karlsson, S. Carlsson. Automata, Languages and Programming. Lecture Notes in Computer Science – 20th International Colloquium ICALP93. Springer- Verlag Ed.
4. Introduction à la calculabilité, P. Wolper, Dunod 2006 (3ème édition).
5. Théorie des automates (méthodes et exercices corrigés), P. Séébold, Vuibert 1999.
6. Méthodes mathématiques pour l'informatique (4ème édition), J. Vélou, Dunod 2005.
7. Théorie des langages et des automates, J.-M. Autebert, Masson 1994.
8. Éléments de théorie des automates, J. Sakarovitch, Vuibert 2003.

Unité d'enseignements : Théorie de l'informatique

Module : Logique Informatique

Pré-requis

Aucun pré-requis n'est nécessaire pour ce cours.

Objectifs

L'objectif de ce cours est de présenter les notions de base de la logique formelle et de se familiariser avec un formalisme logique. Les étudiants verront la notion de démonstration, de validité, le lien entre syntaxe et sémantique. Ils devront assimiler la théorie de la logique des propositions, et seront initiés à la logique des prédicats.

Contenu du module

Introduction à la logique

Systemes Formels

Définitions : Système Formel, preuve, théorème

Règles de déduction, Règles de substitution

Système Formel décidable

Syntaxe et sémantique

La logique des propositions

Le langage des propositions

Les notions sémantiques

Les formes normales

La déduction en logique des propositions

Méthodes sémantiques

Méthodes syntaxiques

La logique des prédicats

Le langage des prédicats

Les notions sémantiques

Les formes normales : prénexe, de Skolem, clausale

Démonstration automatique (méthode de résolution)

PROLOG

Références bibliographiques

1. R. Cori, D. Lascar. *Logique mathématique, 1. Calcul propositionnel, algèbre de Boole, calcul des prédicats*, Dunod, Paris, France 2003
2. P. Gochet, P. Gribomont. *Logique : méthodes pour l'informatique fondamentale - Volume 1*, Hermès, Paris, France, 1997.
3. T. Lucas, I. Berlinger, I. De Greef. *Initiation à la logique formelle*, DeBoeck, Bruxelles, 2003.
4. S. Devismes, P. Lafourcade et M. Lévy. *Informatique théorique : Logique et démonstration automatique, Introduction à la logique propositionnelle et à la logique du premier ordre*. Ellipses, 2012.

Unité d'enseignements : Systèmes d'exploitation et mise en œuvre

Module : Systèmes d'exploitation avancés

Prérequis : Architecture des ordinateurs

Objectifs : Ce cours introduit les fondements théoriques de la gestion des ressources d'un ordinateur par un système d'exploitation ainsi que les outils avancés de la programmation système.

Contenu du module

- I. Gestion des processus : Création des processus, Hiérarchie des Processus, Filiation des Processus.
- II. Communications et Synchronisations des processus : Exclusion mutuelles, Sémaphores, Verrous, Signaux, Interruptions, Tubes.
- III. Gestion de la mémoire centrale et de la mémoire secondaire : Multiprogrammation, mémoire partagée, Pagination, Segmentation, Mémoire SWAP.
- IV. Flux d'entrées/sorties.
- V. Le système de gestion de fichiers UNIX : Types de fichiers, Montages et partitions, Inodes et répertoires, liens durs, liens symboliques, Etude détaillée d'un SF (ext2),S
- VI. SGF journalisés (notions de base).

Unité d'enseignements : Systèmes d'exploitation et mise en œuvre

Module : Mini-projet systèmes d'exploitations

Prérequis : Architecture des ordinateurs, systèmes d'exploitation

Objectifs : Mettre en œuvre les concepts des systèmes d'exploitation en s'attaquant à un problème réaliste. L'apprenant tout en étant encadré par l'enseignant doit faire preuve d'initiative et de travail personnel

Contenu du module

Dans le cadre du cours systèmes d'exploitation avancés, un énoncé de problème est présenté aux étudiants. A chaque séance, l'enseignant dirige les étudiants pour identifier des sous problèmes et établir une stratégie de résolution. Il fait le point avec les étudiants quant à leur niveau de progression et fixe des objectifs pour la séance suivante. A la fin du cours, les étudiants doivent avoir résolu le problème et ils doivent faire une présentation orale de leur solution.

Unité d'enseignements : Compétences comportementales I

Module : Langue et méthodologie

Contenu du cours

Module 1 : parler de soi, de ses projets et de ses expériences

Les étudiants sont amenés à faire le test : « Myers Briggs type indicator » ou (MBTI) le test de personnalité et de reformuler oralement le contenu puis en discuter avec la classe.

Objectifs

- Prendre la parole en public.
- Parler de soi, de ses projets, reformuler un énoncé.
- Argumenter à l'oral.
- Savoir se décrire et décrire l'autre en termes de compétences et qualités.

Module 2 : Commenter des documents chiffrés et consolider les techniques de l'oral : communication verbale/ non verbale/ para verbale.

À partir de diagrammes, histogrammes, cartes... les étudiants sont appelés à extraire le plus d'informations possibles sans élucubrer sur les raisons des résultats proposés, à analyser, à commenter, à comparer et à présenter devant un auditoire.

Objectifs

- Reconstruire les connaissances individuelles,
- Améliorer les compétences de communication,
- Développer les compétences d'autonomie, de travail d'équipe et d'esprit critique.

Evaluation : production orale et interaction

Module 3 : Réaliser une prise de notes libre et normée à partir de documents multimodaux (conférences/ cours/ séminaires/ articles...)

Les étudiants doivent lire, écouter ou visionner divers documents et prendre des notes librement ou selon des plans préétablis.

Objectifs

- Comprendre divers documents et sélectionner les informations les plus importantes,
- Appliquer la technique de la prise de notes
- Réorganiser les informations de façon linéaire ou schématisée.

Evaluation : compréhension et production écrites

Module 4 : Projet

Présenter un module du domaine de spécialité et exposer un développement personnel à partir de documents variés, en recourant à un Mind map.

À partir de documents multimodaux (vidéos/ audio/textes/images...) portant sur les modules de spécialité (IA/migration vers le libre/ BIG DATA/...), les étudiants doivent sélectionner les informations, prendre des notes, synthétiser, planifier et créer une carte mentale.

Objectifs

- Comprendre divers documents et sélectionner les informations les plus importantes,
- Synthétiser et réorganiser les informations,
- Citer les sources et utiliser un générateur bibliographique,
- Recourir à un logiciel mindmap;
- Présenter un travail collaboratif
- Transférer à d'autres contextes.
 - Travailler sur la charte d'éthique de l'ingénieur afin de consolider leurs connaissances.

Evaluation :

- Travail collaboratif

- Suivi de projets
- Production : écrite et orale
- Interaction
- Evaluation par les pairs
-

Module 5 : Rédiger/ Présenter oralement un compte-rendu à partir de documents écrits ou audio-visuels

Les étudiants ont pour tâche de contracter un document 1 en un document 2 en rendant compte des idées de l'auteur tout en restant objectif.

Objectifs

- Réorganiser et planifier,
- Rédiger/ présenter à l'oral : une introduction/ un plan cohérent et personnel/ une conclusion.
- Reformuler,
- Adapter son discours à la situation de communication.
- Veiller à respecter les exigences de longueur.

Evaluation :

- Compréhension : écrite et orale
- Interaction
- Evaluation par les pairs

Unité d'enseignements : Compétences comportementales I

Module : Business Communication

Objectif du cours

L'étudiant développe des connaissances en Anglais de l'entreprise et de l'évolution dans une société anglophone.

Contenu du cours

*Le cours est basé sur les 7 premiers chapitres du Manuel « MARKET LEADER » Longman Pearson .

*Chaque chapitre comprend les - 4 skills - (Reading / Listening / Writing / Speaking)

Descriptif des modules du tronc commun
Second semestre

Unité d'enseignements : Mathématiques 2

Module : Analyse Appliquée

Prérequis : Espaces vectoriels normés, intégrale généralisée,

Objectifs : Ce module a pour objectif de permettre aux étudiants de savoir utiliser la convolution, les transformées de Fourier et de Laplace (au sens des distributions) pour analyser les signaux et des images et de maîtriser l'échantillonnage et ces effets.

Contenu du module

I. Les Distributions

II. Transformation de Laplace

III. Transformation de Fourier

Unité d'enseignements : Mathématiques 2

Module : Analyse Numérique

Prérequis : Module algèbre semestre 1 (notion de base d'algèbre linéaire)

Notion de base d'analyse

Objectifs : Ce cours a pour but la mise en pratique des méthodes permettant de résoudre, par des calculs purement numériques (algorithmes), des problèmes d'analyse mathématique.

Les algorithmes étudiés dans ce cours sont utilisés en arrière-plan par les logiciels de modélisation (simulation numérique) tels que : Matlab, Abaqus, Comsol, Life V, etc

Contenu du module

Chapitre 1 : Résolution de système d'équations linéaires

L'étudiant doit être capable de :

1. Doit savoir convertir un système d'équations linéaires en un système matriciel.
2. Connaître la méthode de Cramer ainsi que son ordre de complexité.
3. Connaître au moins deux méthodes de résolution directes (Gauss, LU) et leurs complexités.
4. Connaître les conditions nécessaires et suffisantes de chaque méthode.
5. Connaître au moins deux méthodes de résolution itératives (Jacobi, Gauss-Seidel).
6. Connaître les conditions nécessaires et suffisantes ainsi que les conditions suffisantes de chaque méthode.
7. Faire la différence entre les méthodes directes et les méthodes itératives.

Chapitre 2 : Interpolation et approximation

L'étudiant doit être capable de :

1. Faire la différence entre l'interpolation, approximation et extrapolation.
2. Doit maîtriser au moins deux méthodes d'interpolation (Lagrange et Newton).
3. Connaître les avantages et les inconvénients de chaque méthode.
4. Estimer l'erreur d'approximation.
5. Savoir comment faire pour améliorer l'interpolation (choisir des points équidistants, ajouter des points d'interpolation, utiliser la méthode des Splines cubiques, utiliser les points de Tchebeycheff).

Chapitre 3 : Racine d'équations non linéaires

L'étudiant doit être capable de :

1. Connaître les conditions d'existence et d'unicité d'une racine.
2. Doit maîtriser au moins deux méthodes directes (Dichotomie et Newton).
3. Calculer et interpréter le nombre maximum d'itérations par la méthode de Dichotomie.
4. Vérifier les conditions du théorème de convergence globale de la méthode de Newton.
5. Connaître les avantages et les inconvénients de chaque méthode.
6. Connaître l'équivalence entre la recherche d'une racine d'une fonction et le point fixe d'une autre fonction.
7. Vérifier les conditions du théorème du point fixe et d'Ostrowski.
8. Estimer l'ordre de convergence d'une méthode du point fixe.

Chapitre 4 : Intégration numérique

L'étudiant doit être capable de :

1. Décrire et appliquer les méthodes de rectangles, Trapèze et Simpson simple et composite. Ainsi que les erreurs d'approximations respectives.
2. Appliquer une formule de quadrature pour l'approximation d'une intégrale sur un fermé.
3. Déterminer le degré d'exactitude d'une formule de quadrature.

Chapitre 5 : Dérivation numérique

L'étudiant doit être capable de :

1. Connaître l'importance de l'erreur de l'arrondi.
2. Connaître l'approximation de la dérivée première décentrée à gauche, à droite et centrée.
3. Connaître l'approximation de la dérivée seconde.
4. Appliquer les deux dernières approximations dans un problème de chaleur (1D et 2D).

Travaux pratiques

TP 1 : Initiation au Matlab (1h30)

TP 2 : Résolution de système d'équations linéaires (3h)

L'étudiant doit être capable de :

1. Programmer les 5 méthodes de résolution sur un même exemple 10*10 (Cramer, Gauss, LU, Jacobi et Gauss-Seidel)
2. Faire un comparatif en temps et complexité.

TP 3 : Interpolation et approximation (3h)

L'étudiant doit être capable de :

1. Programmer sur un même exemple 10 points d'interpolation les méthodes de Lagrange et Newton et calculer numériquement l'erreur d'approximation.
2. Utiliser les moyens vus en cours pour améliorer l'approximation (choisir des points équidistants, ajouter des points d'interpolation, utiliser la méthode des Splines cubiques, utiliser les points de Tchebeycheff) en calculant à chaque fois la nouvelle erreur.

TP 4 : Évaluation (1h30)

Bibliographie

3. J.Rappaz et M. Picasso : Introduction à l'analyse numérique, Presses polytechniques et universitaires romandes 2000,256pp.
4. Patrick Lascaux, Raymond Théodor : Analyse numérique matricielle appliquée à l'art de l'ingénieur. Tome 1, Méthodes directes, Dunod 2000, 326 pp.
5. Patrick Lascaux, Raymond Théodor : Analyse numérique matricielle appliquée à l'art de l'ingénieur - Tome 2, Méthodes itératives, Dunod 2004, 636 pp.
6. [Philippe G. Ciarlet](#), [Jacques-Louis Lions](#) : Analyse numérique et optimisation Collection : [Sciences Sup](#), [Dunod](#)2007 - 5ème édition - 296 pages –
7. Stephen Boyd and LievenVandenberghe: Convex Optimization, Cambridge University Press

Unité d'enseignements : Systèmes et architectures

Module : Théorie des systèmes dynamiques

Prérequis : Transformée de Laplace, Résolution d'équations différentielles ordinaires

Objectifs : Introduire les principaux concepts des systèmes dynamiques et de l'automatique, Donner les principes de modélisation et d'analyse d'un système dynamique.

Contenu du module

- I. Notion de systèmes. Notion de modèles. classification.
- II. Fonction de transfert
 1. Equation préliminaires (linéarité, modèle entrée/sortie : équation différentielle)
 2. Transformée de Laplace
 3. Fonction de transfert
 4. Diagrammes fonctionnels
- III. Représentation d'état
 1. Principe général. Notion de variables d'état.
 2. Comment obtenir la représentation d'état.
 3. Passage de la fonction de transfert à la représentation d'état et inversement.
 4. Passage d'une représentation d'état à une autre (changement de base, forme campagne, forme de Jordan...)
- IV. Réponse d'un système
 1. Solution de l'équation d'état autonome (matrice de transition d'état)
 2. Solution de l'équation d'état complète
 3. Régime transitoire et influence des modes
 4. Réponse impulsionnelle, indicielle et harmonique.
- V. Stabilité
 1. Stabilité d'un état d'équilibre
 2. Stabilité BIBO
 3. Critères de stabilité (racines, Routh-Hurwitz)
 4. Méthode de Lyapunov

Travaux pratiques

TP1 : Etude d'un système du premier ordre

TP2 : Etude d'un système de second ordre

TP3 : Simulation de la réponse harmonique d'un système

Bibliographie

1. J-M. Flaus « *La régulation industrielle* » Hermès, 1994
2. P. de Larminat « *Automatique. Commande des systèmes linéaires* » Hermès, 1999
3. H. Bourlès « *Systèmes linéaires. De la modélisation à la commande* » Lavoisier, 2006
4. G. Boujat, P. Anaya « *Automatique industrielle* » Dunod, 2007
5. O. Le Gallo « *Automatique des systèmes mécaniques* » Dunod, 2009
6. P. Prouvost « *Automatique : contrôle et régulation* » Dunod, 2010
7. Y. Granjon « *Automatique* » Dunod, 2010

Unité d'enseignement: Systèmes et architectures

Module : Architectures avancées des processeurs

Prérequis : Structure des ordinateurs, Circuits logiques

Objectifs : D'une part, le cours aborde le principe général du fonctionnement des processeurs. D'autre part il traite les architectures permettant d'améliorer les performances d'un système à base de microprocesseur

Contenu du module

- I. Introduction : Généralités sur l'architecture des processeurs
- II. Etude du fonctionnement d'un processeur :
 - 1. Jeu d'instruction (Cas du MIPS)
 - 2. Chemin de données
 - 3. Unité de contrôle
- III. Mémoires cache
 - 1. Principe
 - 2. Mémoires à correspondance directe
 - 3. Mémoires associatives par ensemble
 - 4. Mémoires totalement associatives
- IV. Pipeline
 - a. Principe
 - b. Evaluation de la performance
 - c. Dépendances de données
 - d. Dépendances de contrôle

Bibliographie

- 1. D. Etiemble « *Architecture des processeurs RISC* » Edition Armand Colin 1997.
- 2. G. Kane and J. Heinrich « *MIPS RISC Architecture* » Prentice Hall; 2 edition, September 1991
- 3. J. Hennessy, D. Patterson « *Computer Architecture A Quantitative Approach* » 6th Edition Morgan Kaufmann, November 2017

Unité d'enseignements : Systèmes et architectures

Module : Mini projet Systèmes à microprocesseurs

Prérequis : Algorithmique fondamentale

Objectifs : Ce mini-projet permet à l'étudiant de se familiariser avec l'architecture des cartes électroniques à base de microprocesseurs ainsi que l'interfaçage entrée/sortie avec l'environnement extérieur.

Contenu du module

Réaliser un projet complet à base d'un microcontrôleur et qui intègre différents modules (capteurs, actionneurs, éléments d'affichage,...). Le projet suit les étapes suivantes:

- Se familiariser avec le système à microprocesseur tel que Raspberry Pi, Arduino, BeagleBone Balck...
- Etudier les principaux composants de la carte choisie: processeur, mémoire, bus de communication, GPIO, contrôleur d'interruption, interfaces d'entrées/sortie.
- Se familiariser avec les techniques d'interface (UART, SPI, I2C, USB), étudier le principe de fonctionnement de chaque interface, la trame de données et le type de communication (synchrone ou asynchrone).
- Connecter au microcontrôleur différents modules : capteurs (capteur ultrason, capteur de température..), actionneurs (moteur à courant, afficheurs (afficheur LCD, afficheur 7 segments,..), caméra...
- Réaliser les étapes de programmation du microcontrôleur (développement en C, python, Linux embarqué...), assurer le débogage et le chargement de l'application sur la mémoire et enfin tester et valider le système.

Bibliographie

Christian Tavernier « *Arduino -Maîtrisez sa programmation et ses cartes d'interface* » Editions Dunod, **2014**

Tero Karvinen, Kimmo Karvine et Ville Valtokari « [*Les capteurs pour Arduino et Raspberry Pi*](#) » Éditions Dunod, 2014

Charles Bell « *Beginning sensor networks with arduino and raspberry pi* » **Springer Libri**, 2014

François MOCQ « *Raspberry Pi 3 ou Pi Zero - Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur* » Editions ENI, 2016

Derek Molloy « *Exploring BeagleBone: Tools and Techniques for Building with Embedded Linux* » Editions John Wiley & Sons, 2015

Unité d'enseignements : Télécommunications

Module : Ondes et applications

Prérequis : Mathématique utilisé dans l'analyse vectorielle

Objectifs : Au terme du cours, l'étudiant (e) maîtrisera : les notions fondamentales de l'électromagnétisme, les ondes électromagnétiques et leurs applications, les antennes, la propagation libre, et la propagation guidée

Contenu du module

- I. Éléments d'analyse vectorielle
 1. Systèmes de coordonnées
 2. Produit scalaire / Produit vectoriel
 3. Notion de champ / flux / circulation
 4. Opérateurs d'analyse vectorielle
 5. Transformation d'intégrale
- II. Lois générales de l'électromagnétisme
 1. Notions fondamentales en électrostatique
 2. Notions fondamentales en magnétostatique
 3. Notions fondamentales en électromagnétisme
- III. Généralités sur les ondes
 1. Notion d'ondes
 2. Nature des ondes
 3. Type des ondes
 4. Propagation des ondes
 5. Ondes électromagnétiques
- IV. Propagation libre des ondes électromagnétiques
 1. Détection des ondes électromagnétiques
 2. Antennes
 3. Propagation libre
- V. Propagation guidée des ondes électromagnétiques
 1. Généralités
 2. Théorie des lignes
 3. Principe de mesure sur les lignes sans pertes

Bibliographie

1. Douglas C. Giancoli, « *Physique générale2 : Électricité et magnétisme* » 1^{ère} édition, Les Editions de la Chenelière inc. (Montréal), 1993
2. Pierre Savard, Fadhel M. Ghannouchi « *L'électromagnétisme en application* » Éditions de l'École Polytechnique de Montréal, 1995
3. André Vander Vorst « *Transmission, propagation et rayonnement* » De Boeck Université, 1995

Unité d'enseignements : Télécommunications

Module : Télécommunications analogiques et numériques

Prérequis : Des connaissances de traitement du signal et d'électronique sont nécessaires pour suivre cette matière

Objectifs :

L'étudiant sera capable de :

- Évaluer et comparer les principales modulations numériques et analogiques.
- Planifier et dimensionner dans ses grandes lignes un système de transmission analogique ou numérique.
- Prendre conscience des critères économiques et des problèmes de planification et d'exploitation (maintenance, fiabilité) liés aux systèmes de transmission.

Contenu du module

I. Généralités sur les Télécommunications

1. Historique et évolution des télécommunications, Services offerts par les télécommunications,
2. Normes et standards de télécommunications, Support de transmission (Lignes de Transmission et Antennes),
3. Rappels mathématiques : Classes de signaux, Exemples de signaux élémentaires.

II. Techniques de transmission analogiques

1. Principe de modulation analogique (AM, FM, PM),
2. Modulation analogique des signaux numériques (OOK, ASK, PSK, FSK, QAM),
3. Modulation par impulsion (PAM, PDM, PPM).

III. Techniques de multiplexage

1. Multiplexage temporel TDM,
2. Multiplexage fréquentiel FDM et OFDM,
3. Multiplexage par code CDMA, MIMO.

IV. Modèle de propagation libre (LOS)

1. Bilan de liaison (formule de Friis),
2. Principe de Huygens,
3. Diffraction multiple,
4. Zones de Fresnel,
5. le Bruit.

V. Réseaux sans Fil

1. Pico-réseaux, Application,
2. Technologie Bluetooth,
3. Technologie Zigbee,
4. Technologie CPL (courant porteurs de ligne),
5. Tableau Comparatif des différentes Technologies.

Bibliographie

1. D. Battu, Initiation aux Télécoms : Technologies et Applications, Dunod, Paris, 2002.
- 2- P. Clerc, P. Xavier, Principes fondamentaux des Télécommunications, Ellipses, Paris, 1998.
- 3- G. Barué, Télécommunications et Infrastructure, Ellipses, 2002.
- 4- E. Altman, A. Ferreira et J. Galtier, Les Réseaux Satellitaires de Télécommunications : Technologie et Services, Dunod, Paris, 1999.
- 5- P.G Fontolliet, Systèmes de Télécommunications, Traité d'Electricité, Vol. XVIII, PPUR, Lausanne, 1999 (Chapitres 12 & 13).
- 6- C. Servin, Réseaux & Télécoms, 2e éd., Dunod, Paris, 2006.
- 7- G. Baudoin, Radiocommunications Numériques T1: Principes, Modélisation et Simulation, Dunod, Paris, 2007

Unité d'enseignements : Programmation et compilation

Module : Programmation objet

Prérequis : Algorithmique est structures de données, Programmation

Objectifs : Ce cours présente les concepts avancés de l'approche objet et leurs implantations dans les principaux langages de programmation

Contenu du module

- I. Fondements de l'approche objet
 1. Objets et classes
 2. Cycle de vie d'un objet
- II. Généricité
 1. Introduction au typage dynamique
 2. Fonction et procédures génériques
 3. Classes génériques
- III. Héritage
 1. Principes de l'héritage
 2. Classes et Interfaces
 3. Modificateur d'accès aux sous classes (private, protected, public)
 4. Self et super
 5. Héritage vs. Agrégation
 6. Généralisation vs. Spécialisation
 7. Héritage simple vs. Héritage multiple
- IV. Liaison dynamique et polymorphisme
 1. Concept de liaison dynamique
 2. Polymorphisme de méthodes
 3. Polymorphisme de méthodes et transtypage
 4. Polymorphisme d'objets
- V. Spécificités des principaux langages Objet
 1. Le langage C++
 2. Le langage Java
 3. Le langage C#
 4. Autres langages

Bibliographie

1. La programmation orientée objet, Hugues BERSINI, Edition Eyrolles 2013, ISBN : 978-2212-13578-7
2. La programmation objet en Java, Michel Divay, Edition Dunod, ISBN : 978-2-100- 52635-2
3. Le langage C++, Bjarne Stroustrup, Édition : Campus Press, ISBN : 978-2-744-07003-7
4. Conception et Programmation orientées objet, Bertrand Meyer, Edition Eyrolles, ISBN: 978-2-212-09111-3
5. Apprendre la Programmation Orientée Objet avec le langage C#, Luc Gervais. EAN13: 9782746082977

Unité d'enseignements : programmation et compilation

Module : Techniques de compilation

Prérequis : Algorithmique et structure de données, Théorie des langages et automates, programmation

Objectifs : Comprendre les concepts de base de la théorie des langages formels, comprendre son rôle et son intérêt en informatique, savoir manipuler et utiliser langages, automates, grammaires.

Contenu du module

- I. Introduction
- II. Analyse Lexicale
 1. Rôle de l'analyseur lexical
 2. Spécification des unités lexicales
 3. Traitement du code source
 4. Analyse lexicale vs. Automates finis
 5. Implémentation d'un analyseur lexical
 6. Gestion des erreurs
 7. Utilisation de lex / flex
- III. Analyse Syntaxique
 1. Introduction
 2. Rôle de l'analyseur syntaxique
 3. Ecriture d'une grammaire
 4. Grammaire ambiguë
 5. Analyse descendante
 6. Analyse ascendante
 7. Analyse par précédence d'opérateurs
 8. Analyseurs LR
 9. Utilisation de grammaires ambiguës
 10. Constructeurs d'analyseurs syntaxiques yacc / bison
- IV. Traduction dirigée par la syntaxe
 1. Les définitions dirigées par la syntaxe
 2. Construction des arbres abstraits
 3. Evaluation ascendante des définitions S-Attribuées
 4. Définitions L-Attribuées
 5. Traduction descendante
 6. Evaluation ascendante des attributs hérités
 7. Evalueurs récursifs
 8. Analyse des définitions dirigées par la syntaxe
- V. 5. Contrôle de types
 1. Système de typage
 2. Contrôleurs de types
 3. Equivalence des expressions de types

4. Conversions de types
 5. Surcharge des fonctions et des opérateurs
 6. Polymorphisme de fonction
- VI. Génération de code
1. Production de code intermédiaire
 2. Production de code
 3. Optimisation de code

Bibliographie

1. J.E. Hopcroft, J.D. Ullman. Introduction to automata theory, languages and computation. Addison-Wesley, 1979.
2. M. Sipser. Introduction to the theory of computation. PWS Publishing Company, 1996.
3. Lingas, R. Karlsson, S. Carlsson. Automata, Languages and Programming. Lecture Notes in Computer Science – 20th International Colloquium ICALP93. Springer- Verlag Ed.
4. Introduction à la calculabilité, P. Wolper, Dunod 2006 (3ème édition).
5. Théorie des automates (méthodes et exercices corrigés), P. Séébold, Vuibert 1999.
6. Méthodes mathématiques pour l'informatique (4ème édition), J. Vélou, Dunod 2005.
7. Théorie des langages et des automates, J.-M. Autebert, Masson 1994.
8. Éléments de théorie des automates, J. Sakarovitch, Vuibert 2003.

Unité d'enseignements : Bases de données et mise en œuvre

Module : Bases de données et interfaçages

Module : Bases de données avancées et interfaçage BD.

Prérequis : Programmation et Algèbre relationnelle

Objectifs : Aujourd'hui, les bases de données s'éloignent des applications typiques de gestion et abordent des nouveaux domaines d'application. Pour ce faire, les bases de données doivent prendre en compte (1) les évolutions de la technologie informatique, comme le paradigme des objets et la distribution, et (2) la gestion des nouveaux types de données. Ce cours introduit les concepts et techniques de quelques applications innovantes des bases de données.

Contenu du module

- I. Lacunes du modèle relationnel
- II. Passage du modèle de classes vers le modèle navigationnel
 1. Présentation du modèle navigationnel
 2. Les règles de passage du modèle de classes vers le modèle navigationnel
- III. Bases de données objet-relationnelles
 1. Implémentation des TAD
 2. Implémentation des associations et manipulation des objets avec SQL3
 3. Implémentation de l'agrégation et de l'association réflexive
 4. Méthodes STATIS, MEMBER et les constructeurs d'objets
 5. Appel des méthodes
 6. Redéfinition et surcharge des constructeurs de méthodes
 7. Héritage et substitution de types
 8. Recherche sélective des objets substitués dans une même hiérarchie
 9. Méthodes MAP et RDER pour le tri et la comparaison des objets complexes
- IV. Bases de données objet : la norme ODMG.
 1. L'ODMG
 2. Les standards ODMG
 3. L'architecture
 4. ODL, OQL, OML C++, Smaltalk et Java
- V. Bases de données NOSQL
 1. De nouveaux besoin en gestion de données
 2. Nouveaux besoins en gestion de données
 3. Limite des SGBD Relationnels-transactionnels
 4. Introduction aux systèmes NoSQL
 5. Les grands principes des systèmes NoSQL
 6. Fondements des systèmes NoSQL : Sharding, Consistent hashing, MapReduce, MVCC, Vector-clock »
 7. – Typologie des BD NoSQL
 8. – Modèle NoSQL « Clé-Valeur »; « Colonne »; « Document »; « Graphe ».
- VI. ORM (Object Relationnal Mapping)
 1. Introduction - Problématique générale
 2. Non correspondance des modèles
 3. Modèle de persistance DAO (Data Access Object)
 4. Hibernate - Java Persistance API (JPA)

Bibliographie

1. C. Zaniolo et al., Advanced Database Systems, Morgan Kaufmann, 1997
2. R.G.G. Cattell et al., The Object Database Standard: ODMG 3.0, Morgan Kaufmann, 2000
3. Priscilla Walmsley, XQuery, O'Reilly, 2007
4. Jim Melton and Alan R. Simon, SQL: 1999 - Understanding Relational Language Components, Morgan Kaufmann, 2001
5. Jim Melton, Advanced SQL: 1999 - Understanding Object-Relational and Other Advanced Features, Morgan Kaufmann, 2002
6. R.M. Colomb, Deductive Databases and their Applications, Taylor & Francis, 1998
7. Christian Bauer and Gavin King, Java Persistence with Hibernate, Revised Edition Manning Publications, 2007 – nouvelle édition en décembre 2013.

Unité d'enseignements : Bases de données et mise en œuvre

Module : Mini projet programmation objet et bases de données

Prérequis : Programmation, Base de données

Objectifs : Mettre en œuvre les concepts de la programmation objet et des bases de données en s'attaquant à un problème réaliste. L'apprenant tout en étant encadré par l'enseignant doit faire preuve d'initiative et de travail personnel

Contenu du module

Dans le cadre des cours « Programmation objet » et « Bases de données et interfaçage », un énoncé de problème réaliste est présenté aux étudiants. A chaque séance, l'enseignant dirige les étudiants pour identifier des sous problèmes et établir une stratégie de résolution. Il fait le point avec les étudiants quant à leur niveau de progression et fixe des objectifs pour la séance suivante. A la fin du cours, les étudiants doivent avoir résolu le problème et ils doivent faire une présentation orale de leur solution.

Unité d'enseignements : Compétences comportementales II

Module : Langue et méthodologie

Contenu du cours

Module 1 : parler de soi, de ses projets et de ses expériences

Les étudiants sont amenés à faire le test : « Myers Briggs type indicator » ou (MBTI) le test de personnalité et de reformuler oralement le contenu puis en discuter avec la classe.

Objectifs

- Prendre la parole en public.
- Parler de soi, de ses projets, reformuler un énoncé.
- Argumenter à l'oral.
- Savoir se décrire et décrire l'autre en termes de compétences et qualités.

Module 2 : Commenter des documents chiffrés et consolider les techniques de l'oral : communication verbale/ non verbale/ para verbale.

À partir de diagrammes, histogrammes, cartes... les étudiants sont appelés à extraire le plus d'informations possibles sans élucubrer sur les raisons des résultats proposés, à analyser, à commenter, à comparer et à présenter devant un auditoire.

Objectifs

- Reconstruire les connaissances individuelles,
- Améliorer les compétences de communication,
- Développer les compétences d'autonomie, de travail d'équipe et d'esprit critique.

Evaluation : production orale et interaction

Module 3 : Réaliser une prise de notes libre et normée à partir de documents multimodaux (conférences/ cours/ séminaires/ articles...)

Les étudiants doivent lire, écouter ou visionner divers documents et prendre des notes librement ou selon des plans préétablis.

Objectifs

- Comprendre divers documents et sélectionner les informations les plus importantes,
- Appliquer la technique de la prise de notes
- Réorganiser les informations de façon linéaire ou schématisée.

Evaluation : compréhension et production écrites

Module 4 : Projet

Présenter un module du domaine de spécialité et exposer un développement personnel à partir de documents variés, en recourant à un Mind map.

À partir de documents multimodaux (vidéos/ audio/textes/images...) portant sur les modules de spécialité (IA/migration vers le libre/ BIG DATA/...), les étudiants doivent sélectionner les informations, prendre des notes, synthétiser, planifier et créer une carte mentale.

Objectifs

- Comprendre divers documents et sélectionner les informations les plus importantes,
- Synthétiser et réorganiser les informations,
- Citer les sources et utiliser un générateur bibliographique,
- Recourir à un logiciel mindmap;
- Présenter un travail collaboratif
- Transférer à d'autres contextes.
 - Travailler sur la charte d'éthique de l'ingénieur afin de consolider leurs connaissances.

Evaluation :

- Travail collaboratif
- Suivi de projets
- Production : écrite et orale
- Interaction
- Evaluation par les pairs
-

Module 5 : Rédiger/ Présenter oralement un compte-rendu à partir de documents écrits ou audio-visuels

Les étudiants ont pour tâche de contracter un document 1 en un document 2 en rendant compte des idées de l'auteur tout en restant objectif.

Objectifs

- Réorganiser et planifier,
- Rédiger/ présenter à l'oral : une introduction/ un plan cohérent et personnel/ une conclusion.
- Reformuler,
- Adapter son discours à la situation de communication.
- Veiller à respecter les exigences de longueur.

Evaluation :

- Compréhension : écrite et orale
- Interaction
- Evaluation par les pairs

Unité d'enseignement : Compétences Comportementales 2

Module : Management digital et systèmes d'information

Prérequis : notions de base en management

Objectifs :

- Identifier les changements opérés dans le domaine du management à l'ère des nouvelles technologies.
- Comprendre le fonctionnement et la gestion des systèmes d'information en entreprise d'un point de vue managérial

Contenu du module

Chapitre Introductif : Quels changements des pratiques managériales à l'ère du digital

Chapitre 1 : Les métiers de demain et la digitalisation de l'entreprise

Chapitre 2 : Digitalisation de l'entreprise : De la stratégie à l'organisation

Chapitre 3 : Social Media : La stratégie, les nouveautés et les usages en social media

Chapitre 4 : Les systèmes d'information : Définition, dimensions et gouvernance des SI

Etudes de cas

Le déroulement du cours est basé sur une approche pragmatique qui permet à l'étudiant de contribuer activement à la définition des concepts à partir d'études de cas d'entreprises, étudiés au début de chaque chapitre.

L'intérêt est d'impliquer l'étudiant au travail de réflexion et de brainstorming et de développer ainsi ses capacités d'interprétation dans une approche de préparation à la résolution de problèmes et de la proposition de solutions dans une perspective de dynamique de groupe, qui figure parmi les principales missions d'un ingénieur en entreprise.

Evaluation

Contrôle Continu : Projets Collectifs

Organiser des groupes de travail sur des projets d'analyse d'expériences d'entreprises en relation avec les concepts étudiés.

Ces projets sont encadrés par l'enseignant et font l'objet d'une évaluation dans le cadre de la note de contrôle continu de la matière.

La note de contrôle continu tient également compte de la participation active dans la préparation et discussion des études de cas en classe ou en tant que travail à rendre.

Examen

La matière fait l'objet d'un examen théorique de deux heures à la fin du semestre.

Bibliographie

1. Internet Marketing (2014-2015), ebg Electronic Business Group, sous la direction de Soraya Cabezon.
2. Réussir sa mutation numérique, G. Westerman, (2016), Nouveaux Horizons.

Unité d'enseignements : Compétences comportementales II
Module : Business Communication

Objectif du cours

L'étudiant développe des connaissances en Anglais de l'entreprise et de l'évolution dans une société anglophone.

Contenu du cours

*Le cours est basé sur les 7 premiers chapitres du Manuel « MARKET LEADER » Longman Pearson .

*Chaque chapitre comprend les - 4 skills - (Reading / Listening / Writing / Speaking)

Descriptif des modules du tronc commun
Troisième semestre

Unité d'enseignements : Mathématiques pour l'ingénieur

Module : Méthodes statistiques

Prérequis : Probabilités

Objectifs : Etude des trois méthodes de base utilisées en statistique à savoir l'estimation ponctuelle, l'estimation par intervalle et les tests d'hypothèses.

Contenu du module

- I. Théorèmes limites de la théorie des probabilités
 1. Les lois dérivées de la loi normale
 2. Convergences des suites de variables aléatoires
 3. La loi des grands nombres
 4. Théorème central limite
- II. Echantillonnage
 1. Concepts de base
 2. Caractéristiques d'un échantillon aléatoire (distributions de la moyenne et de la variance échantillonnales).
- III. Les estimateurs
 1. Les propriétés d'un bon estimateur ponctuel
 2. Les méthodes d'estimation ponctuelle
 3. Estimation par intervalle de confiance
- IV. Les tests d'hypothèses
 1. Les tests paramétriques (Les tests sur la moyenne et sur la variance d'une population normale. Les tests sur une proportion, les tests d'hypothèses sur l'égalité de deux espérances mathématiques, les tests de comparaison de deux variances).
 2. Les tests non paramétriques : Les tests d'ajustement
- V. Le modèle de régression linéaire simple
 1. Le modèle et les hypothèses
 2. Le principe de l'ajustement des moindres carrés.

Bibliographie

1. Samir Ghazouani, Mohamed « Econométrie, éléments de cours et exercices corrigés », C.L.E, 1997.
2. Gilbert Saporta « Probabilités analyse des données et statistique », Editions Technip, 1990.
3. James H. Stock, Mark W. Watson « Introduction to econometrics » Pearson, 2010.

Unité d'enseignements : Mathématiques pour l'Ingénieur

Module : Optimisation

Prérequis : Module algèbre semestre 1 (notion de base d'algèbre linéaire)

Notion de base d'analyse

Module Algèbre II

Module Analyse Numérique

Objectifs : Ce cours présente les techniques d'optimisation à partir d'exemples issus du monde de l'ingénieur illustrant des résultats mathématiques fondamentaux. Quel que soit le problème concret à traiter (ordonnancement de production, estimation optimale, problèmes variationnels, optimisation de trajectoires) l'objectif de ce cours est d'amener les étudiants à maîtriser l'écriture des conditions d'optimalité et leur mise en pratique sous forme d'algorithmes efficaces permettant de calculer les solutions.

Contenu du module

Chapitre 1 : Problèmes d'optimisation linéaire en dimension 2

L'étudiant doit être capable de :

1. Doit savoir modéliser un problème d'optimisation linéaire en dimension 2.
2. Résoudre graphiquement un programme linéaire.
3. Résoudre un programme linéaire par la méthode du Simplexe (phase 1 et phase 2).
4. Modéliser le programme linéaire dual.
5. Effectuer une analyse de sensibilité de la solution du PL.

Chapitre 2 : Algèbre linéaire dans \mathbb{R}^n

L'étudiant doit être capable de :

1. Calculer le vecteur gradient et la matrice Hessienne d'une fonction de \mathbb{R}^n vers \mathbb{R} .
2. Calculer la dérivée directionnelle.
3. Connaître les propriétés d'un produit scalaire.
4. Étudier la convexité et l'ellipticité d'une fonction de \mathbb{R}^n vers \mathbb{R} .

Chapitre 3 : Problèmes d'optimisation sans contraintes en dimension n

L'étudiant doit être capable de :

1. Modéliser un Problème d'optimisation sans contraintes en dimension n.
2. Étudier la CNS d'une solution unique.
3. Résoudre analytiquement le problème d'optimisation.
4. Différencier un minima d'un maxima global.

Chapitre 4 : Problèmes d'optimisation avec contraintes en dimension n

L'étudiant doit être capable de :

1. Savoir exprimer le Lagrangien d'un problème de minimisation.
2. Qualifier les contraintes égalités et inégalités.
3. Appliquer le théorème de Karush-Kuhn-Tucker (KKT)

Chapitre 5 : Algorithmes d'optimisation

L'étudiant doit être capable de :

1. Connaître l'algorithme du gradient à pas fixe, variable et optimale.
2. Connaître l'algorithme du gradient projeté.
3. Connaître l'algorithme de Newton.
4. Connaître les conditions de convergence de chaque algorithme.

Travaux pratiques

TP 1 : Rappel sur la résolution de système d'équations linéaires (1h30)

TP 2 : Étude d'une fonction de \mathbb{R}^n vers \mathbb{R} (3h)

L'étudiant doit être capable de :

1. Tracer en 2D et 3D une fonction de plusieurs variables.
2. Comprendre et tracer les lignes de niveaux.
3. Trouver les extremums de la fonction.
4. Distinguer un minimum d'un maximum.

TP 3 : Méthodes des gradients (3h)

L'étudiant doit être capable de :

1. Étudier sur une fonction simple test la méthode du gradient avec pas fixe, optimal.
2. Étudier sur une fonction simple test la méthode du gradient projeté.
3. Étudier les méthodes des gradients sur la fonction de Rosenbrock ou Rastrigin.
4. Faire la liaison entre la résolution de $AX=b$ et la méthode du gradient.

TP 4 : Évaluation (1h30)

Bibliographie

1. G. Allaire, Analyse numérique et optimisation, Cours de l'Ecole Polytechnique
2. J.-C. Culioli, Introduction à l'optimisation, Ellipses, 1994
3. S. E. Dreyfus, A. M. Law, The Art and Theory of Dynamic Programming. Academic Press. 1977
4. J.-B. Hiriart-Urruty, Optimisation et Analyse Convexe, 1998
5. F. L. Lewis, V. L. Syrmos, Optimal Control, second edition. John Wiley and sons, Inc. 1995
6. D. G. Luenberger, Optimization by vector space methods. John Wiley and sons, Inc. 1969

Unité d'enseignements : Fondements des systèmes IoT

Module : Microcontrôleurs et objets connectés

Prérequis : Architecture avancée des processeurs

Objectifs : Au terme du cours, l'étudiant doit maîtriser la chaîne complète de la conception d'un objet connecté ainsi que la compréhension de chaque élément de cette chaîne : les capteurs, les actionneurs, les microcontrôleurs, les solutions et protocoles de connexion à internet.

Contenu du module

- I. Introduction et chaîne IoT
 1. Contexte et évolution des objets connectés
 2. Exemple d'objets connectés de différents domaines
 3. Les éléments essentiels de la chaîne d'un objet connecté et leur rôle

- II. Les capteurs et actionneurs d'une chaîne IoT
 1. Les capteurs
 - Rôle et Exemples
 - Les différents types de capteurs
 - Caractéristiques et fonctionnement
 2. Les actionneurs :
 - Rôle et Exemple
 - Les différents Types
 - Caractéristiques et fonctionnement

- III. Les microcontrôleurs pour l'IoT
 1. architecture d'un microcontrôleur
 2. Choix du microcontrôleur pour l'IoT
 3. les périphériques d'un microcontrôleur
 - a. périphériques généralistes
 - les périphériques d'entrées/sorties
 - le contrôleur d'interruption
 - la DMA
 - les Timers
 - les convertisseurs ADC et DAC
 - communication série : UART, SPI, I2C, CAN
 - b. périphériques pour l'IoT
 - Bluetooth et Bluetooth low Energy (BLE)
 - Zigbee
 - Ethernet
 - wifi, ...
 1. Les langages de programmation : C embarqué, python,...

2. Etude de cas : Arduino, RaspberryPi, STM32,...

IV. Les protocoles de l'IoT

1. Les protocoles de communication pour l'IoT

- a. protocoles IoT Web
 - COAP
 - MQTT
- b. protocoles IoT embarqués
 - Bluetooth
 - Zigbee
 - ZigFox
 - LoraWan et Lora
 - Etude comparative

2. Les gateway et serveurs : rôle et fonctionnement

3. Sécurité des réseaux IoT

Bibliographie

1. T. Cox « *Raspberry Pi Cookbook for Python Programmers* » Editions Packt Publishing. 2014.
2. S. Chin and J. Weaver « *Raspberry Pi with Java: Programming the Internet of Things* » Editions Oracle Press. 2016
3. T. Karvinen et al. « *Les capteurs pour Arduino et Raspberry Pi* » Editions Dunod. 2014
4. C Tavernier « *Arduino. Maîtrisez sa programmation et ses cartes d'interface* » Editions Dunod. 2014
5. G. Swinnen « *Apprendre à programmer avec Python 3* » Editions Eyrolles. 2017

Unité d'enseignements : Fondements des systèmes IoT

Module : Systèmes à événement discrets

Prérequis : Bases de logique combinatoire, bases d'algèbre linéaire

Objectifs :

Cette unité présente deux modèles à événements discrets (automates et réseaux de Petri) dans l'optique de leur utilisation en synthèse de la commande de systèmes automatisés. L'objectif est de fournir à l'étudiant des bases théoriques concernant ces modèles et les techniques de synthèse des systèmes de commande à événements discrets. Il sera ainsi montré que lorsqu'on dispose de méthodes de mise en œuvre systématiques (qui seront étudiées au semestre 4 de ce cursus), la mise au point d'une application de commande se ramène à la mise au point du modèle en s'appuyant sur des concepts et outils informatiques rigoureux.

Contenu du module

- I. La modélisation des systèmes à événements discrets
 1. Définitions
 2. Fonctionnement
 3. Opérations sur les automates : projections, produits
 4. Principales propriétés et techniques d'analyse et de synthèse
 5. Modélisation du procédé et modélisation de la commande

- II. Les réseaux de Petri
 1. Définitions
 2. Fonctionnement
 3. Propriétés et techniques d'analyse
 4. Utilisation en commande
 5. Synthèse : modélisation du procédé et modélisation de la commande

Bibliographie

1. Christos G. Cassandras, Stéphane Lafortune « *Introduction to discrete event systems* » Editions Springer, 2008
2. James Lyle Peterson « *Petri Net Theory and the Modeling of Systems* » Editions Prentice-Hall, 1981

Unité d'enseignements : Fondements des réseaux et des systèmes IoT

Module : Réseaux d'entreprises

Prérequis : Connaissances de base en informatique et en réseaux.

Objectifs :

Ce cours présente l'architecture, la structure, les fonctions, les composants et les modèles d'Internet et d'autres réseaux informatiques. Les principes et la structure de l'adressage IP et les notions de base des concepts, des médias et du fonctionnement d'Ethernet sont présentés afin de définir une base pour le cursus. À la fin de ce cours, les étudiants sauront créer des réseaux locaux simples, effectuer les configurations de base des routeurs et des commutateurs, et implémenter des schémas d'adressage IP.

Ce cours a pour objectif d'aider les étudiants à développer les compétences nécessaires pour :

- Comprendre et décrire les équipements et les services utilisés pour assurer les communications dans les réseaux de données et Internet
- Comprendre et expliquer le rôle des couches de protocole dans les réseaux de données
- Comprendre et expliquer l'importance des schémas d'adressage et d'attribution des noms pour les différentes couches des réseaux de données dans les environnements IPv4 et IPv6
- Élaborer, calculer et appliquer les masques de sous-réseau et les adresses en fonction des exigences des réseaux IPv4 et IPv6
- Expliquer les concepts Ethernet de base (supports, services et fonctionnement)
- Concevoir un réseau Ethernet simple à l'aide de routeurs et de commutateurs
- Utiliser les commandes de l'interface en ligne de commande Cisco pour réaliser les configurations de base des routeurs et des commutateurs
- Utiliser des utilitaires de réseau courants pour vérifier le fonctionnement des petits réseaux et analyser le trafic de données
- Comprendre les mécanismes de routage et de commutation
- Configurer et dépanner les routeurs et les commutateurs
- Décrire les technologies avancées de commutation telles que les réseaux locaux virtuels VLAN
- Configurer et résoudre les problèmes courants des protocoles RIP et OSPF, des LAN virtuels et du routage inter-VLAN dans les réseaux IPv4 et IPv6
- Configurer et contrôler les listes de contrôles d'accès dans les réseaux IPv4 et IPv6, DHCP et NAT

Méthode pédagogique :

- Alternance de cours collectifs et de travaux pratiques.

- L'appui sur le cours en ligne CISCO permet de suivre la formation à distance.
- L'utilisation de PACKET TRACER (un puissant logiciel de simulation de réseau) permet aux étudiants d'expérimenter le comportement des réseaux en envisageant différents scénarios

Contenu du module :

I- CCNA Routing and Switching : Présentation des réseaux

- Chapitre 1 : Exploration du réseau
- Chapitre 2 : Configuration d'un système d'exploitation réseau
- Chapitre 3 : Protocoles et communications réseau
- Chapitre 4 : Accès réseau
- Chapitre 5 : Technologie Ethernet
- Chapitre 6 : Couche réseau
- Chapitre 7 : Adressage IP
- Chapitre 8 : Segmentation des réseaux IP en sous-réseaux
- Chapitre 9 : Couche transport
- Chapitre 10 : Couche application
- Chapitre 11 : Configuration d'un système d'exploitation réseau

Travaux pratiques :

- Lab 1** - Configuring Initial Switch Settings Instructions
- Lab 2** - Implementing Basic Connectivity Instructions
- Lab 3** - Connect a Router to a LAN Instructions
- Lab 4** - Configuring IPv6 Addressing Instructions
- Lab 5** - Verifying IPv4 and IPv6 Addressing Instructions
- Lab 6** - Subnetting Scenario 1 Instructions
- Lab 7** - Subnetting Scenario 2 Instructions
- Lab 8** - Designing and Implementing a VLSM Addressing Scheme Instruct
- Lab 9** - Implementing a Subnetted IPv6 Addressing Scheme Instructions
- Lab 10** - Using Show Commands Instructions
- Lab 11** - Backing Up Configuration Files Instructions
- Lab 12** - Skills Integration Challenge Instructions

II- Routage et commutation CCNA : notions de base sur le routage et la commutation

Chapitre 1 : concepts du routage

Chapitre 2 : routage statique

Chapitre 3 : routage dynamique

Chapitre 4 : Réseaux commutés

Chapitre 5 : Configuration de commutateur

Chapitre 6 : VLAN

Chapitre 7 : Listes de contrôle d'accès (ACL)

Chapitre 8 : DHCP

Chapitre 9 : NAT pour IPv4

Chapitre 10 : Découverte, gestion et maintenance des périphériques

Travaux pratiques :

Lab 1 - Configuring Basic Switch Settings

Lab 2- Configuring Switch Security Features

Lab 3- Configuring VLANs and Trunking

Lab 4- Configuring Basic Router Settings with IOS CLI

Lab 5- Configuring Per-Interface Inter-VLAN Routing

Lab 6- Configuring 802.1Q Trunk-Based Inter-VLAN Routing

Lab 7- Configuring IPv4 Static and Default Routes

Lab 8- Configuring IPv6 Static and Default Routes

Lab 9- Configuring Basic RIPv2 and RIPv6

Lab 10- Configuring Basic Single-Area OSPFv2

Lab 11- Configuring Basic Single-Area OSPFv3

Lab 12- Configuring and Verifying Standard ACLs

Lab 13- Configuring and Verifying Extended ACLs

Lab 14- Configuring and Verifying IPv6 ACLs

Lab 15- Configuring Basic DHCPv4 on a Router

Lab 16- Configuring Basic DHCPv4 on a Switch

Lab 17- Configuring Stateless and Stateful DHCPv6

Lab 18- Configuring Dynamic and Static NAT

Lab 19- Configuring NAT Pool Overload and PAT

Bibliographie :

- Cours en ligne, "CCNA Routing and Switching : Présentation des réseaux," accessible sur le site de Cisco avec le compte de l'académie Cisco sous <http://www.netacad.com>.
- Cours en ligne, " Routage et commutation CCNA : notions de base sur le routage et la commutation," accessible sur le site de Cisco avec le compte de l'académie Cisco sous <http://www.netacad.com>

Unité d'enseignements : Fondements des systèmes IoT

Module : Miniprojet Microcontrôleur et objets connectés

Prérequis : Architecture avancées des processeurs

Objectifs : L'étudiant doit être capable de concevoir et réaliser un objet connecté en abordant toute la chaîne IoT.

Organisation du travail

- I. Partie 1 : Conception de l'application embarquée connectée et choix technologique
 - Choix du microcontrôleur et carte de développement : Arduino, Raspberry Pi, STM32, BeagleBone,
 - Choix du capteur : luxmètre, caméra, capteur ultrason, capteur de mouvement, capteur de pression,
 - Choix de l'actionneur : Relai, moteur, écran LCD, ...

- II. Partie 2 : interfaçage des différents capteurs et actionneurs avec le microcontrôleur et réalisation du montage électrique

- III. Partie 3 : Connexion à internet de l'objet
 - Configuration du périphérique de connexion : Ethernet, wifi, CAN, Bluetooth,...
 - Choix du protocole de communication : MQTT, CAOP, Lora, Sigfox, Zeebbee
 - Création de serveur et Gateway

- IV. Partie 4 : développement de l'application embarquée en C, C++ ou Python, ...:
 - Compilation/CrossCompilation,
 - Debugage et test
 - Chargement/exécution sur microcontrôleur.

- V. Partie 5 : Développement de l'application de contrôle : application web ou application mobile
 - Choix des langages de programmation
 - Installation de l'environnement de développement

Unité d'enseignement : Systèmes Distribués

Module : Fondements des systèmes distribués

Objectifs

Présenter les grandes classes de systèmes répartis, leurs caractéristiques fondamentales, les mécanismes de base de leur fonctionnement interne, et les problèmes à résoudre pour leur utilisation efficace.

Contenu du module

- I. Les systèmes répartis : Définitions et classification des systèmes informatiques répartis, motivations. Caractéristiques fondamentales, historique, complexité des systèmes répartis. Systèmes répartis et architectures parallèles, différences, comparaison. Mécanismes de communication dans les systèmes répartis
- II. Modèles de communication : Communication par messages et modèle client-serveur appel de procédure distante, mémoire partagée répartie, modèles d'exécution dynamique, invocation d'objets, diffusion fiable.
- III. Algorithmique répartie : Concepts, horloges logiques, algorithmes répartis synchrones et asynchrones. Algorithmes répartis d'exclusion mutuelle. Algorithmes répartis d'élection de leader. Tolérance aux pannes.
- IV. Gestion répartie des transactions : Contrôle des accès concurrents. Cohérence et transactions. Validation et reprise sur panne.
- V. Gestion répartie des fichiers : Désignation et transparence. Méthodes d'accès distant. Exemples (NFS, Andrew).
- VI. Gestion répartie d'objets : Granularité, partage, persistance, mobilité. Invocation distante.

Unité d'enseignement : Systèmes Distribués

Module : Architecture client/serveur et programmation middleware

Prérequis : Programmation Orienté Objet, Système d'exploitation, Programmation système

Objectifs

De nos jours, la notion d'intégration entre applications existantes est de plus en plus utilisée dans les systèmes d'information. La maîtrise de l'intégration de ces systèmes logiciels en utilisant technologies middleware peut être une compétence clé pour les futurs architectes logiciels ainsi que les développeurs.

Le cours fournit des détails sur les techniques et technologies utilisées pour aboutir à des systèmes intégrés

Contenu du module :

- I. Rappel des technologies de base utilisées :
 1. RPC : Remote procedure Call,
 2. RMI : Remote method Invocation.
 3. CORBA : Common Object Request Broker Architecture
- II. Définition et typologies des middlewares
- III. Les services d'un middleware
- IV. Les serveurs d'application
- V. Technologies de middleware : J2EE / .NET / WEB services

Bibliographie

1. Distributed Systems - Concepts and Design - George Coulouris, Jean Dollimore and Tim Kindberg Publisher: Addison-Wesley Longman 5th Edition
2. Mastering Middleware: An Interoperable Approach to Java-Based Application Servers Khare, Tanuj Springer -2014

Unité d'enseignement : Systèmes Distribués

Module : Programmation Système sous Unix

Objectifs :

Introduire les bases des systèmes distribués et maîtriser la conception et la mise en œuvre des systèmes communicants. Ces concepts sont abordés dans le cadre d'un environnement Unix

Contenu du module

- I. Introduction
- II. Les processus
 1. Définition et propriétés
 2. Création d'un processus : fork(), system(), exec ()
 3. Les appels système wait() et waitpid()
- III. Les Signaux
 1. Définition et exemples
 2. L'appel système signal()
 3. L'appel système sigaction()
- IV. Les Tubes
 1. Les tubes sans noms
 2. Les tubes nommés
- V. Les IPCs
 1. Files de message
 2. Mémoires partagées
 3. Les sémaphores
- VI. Architecture distribuée :
 1. Les sockets : Adresses IP et MAC, Protocoles TCP/UDP, Sockets TCP : Création d'une socket, Implémentation d'un serveur TCP/TP, Traitement d'une connexion.
 2. Modèle de programmation Asynchrone : Communication par Messages. Mode de communication : modèles Point à Point / Multi-points, Modèle Publish/subscribe
 3. Modèle de programmation Synchronne : Client- Serveur (RPC ...)

Travaux pratiques

TP1 : Gestion des Processus et des signaux

TP2 : Les tubes et les IPCs

TP3 : Examen

Bibliographie

1. Christophe Blaess, « Programmation système en C sous Linux », Editions Eyrolles, 2000
2. Yves PAGNOTTE, « Systèmes d'exploitation et programmation système », avril 2005
3. Marc Zeitoun, « Programmation Système », Université Bordeaux 1, 2008
4. Rémy Malgouyres « Programmation Système (en C sous linux) », Université Clermont 1, Aubière, janvier 2017

Unité d'enseignements : Systèmes distribués

Module : Mini-projet Systèmes distribués

Prérequis : Programmation

Objectifs : Mettre en œuvre les concepts des systèmes distribués en s'attaquant à un problème réaliste. L'apprenant tout en étant encadré par l'enseignant doit faire preuve d'initiative et de travail personnel

Contenu du module

Dans le cadre des cours « Fondements des systèmes distribués », « Architecture client/serveur et programmation middleware », « Programmation système sous Unix » un énoncé de problème réaliste est présenté aux étudiants. A chaque séance, l'enseignant dirige les étudiants pour identifier des sous problèmes et établir une stratégie de résolution. Il fait le point avec les étudiants quant à leur niveau de progression et fixe des objectifs pour la séance suivante. A la fin du cours, les étudiants doivent avoir résolu le problème et ils doivent faire une présentation orale de leur solution.

Unité d'enseignements : Génie du logiciel et des systèmes intelligents

Module : Modélisation Orientée Objets

Prérequis : Programmation Orienté Objet, Algorithmique avancées

Objectifs

Fournir aux étudiants le savoir faire permettant de mener à bien les aspects techniques des phases de spécification et de conception du logiciel, avec une focalisation sur les systèmes d'information. Le cours s'appuie sur plusieurs études de cas pour fournir aux étudiants une première expérience de modélisation d'envergure professionnelle.

Contenu du module :

- I. Introduction à UML. La construction du diagramme des cas d'utilisations.
- II. Compléter les cas d'utilisations par des diagrammes de séquences.
- III. La modélisation du domaine : le diagramme des classes initial. Du modèle du domaine à l'architecture de l'application.
- IV. Analyser les diagrammes des classes : les diagrammes d'interactions.
- V. Modéliser la dynamique du système : les diagrammes Etats/Transitions.
- VI. Architecture logique de l'application : le diagramme des composants.
- VII. Génération du code source/schéma de la base de données à partir du modèle

Unité d'enseignements : Génie du logiciel et des systèmes intelligents

Module : Génie Logiciel

Prérequis : Algorithmique fondamentale, Programmation

Objectifs : Avoir un aperçu général sur le génie logiciel, le cycle de vie du logiciel, les étapes de développement, aborder la qualité du logiciel

Contenu du module

- 1- Introduction
- 2- Le cycle de vie d'un logiciel
 - CVL : définition
 - Les méthodes classiques
 - Les méthodes itératives et incrémentales
- 3- Les méthodes Agiles
 - Le manifeste Agile
 - Les principes et les valeurs
 - Les différentes méthodes Agiles
 - La méthode Agile Scrum
- 4- La gestion de configuration logicielle
 - Définition
 - Principe
 - Outils de GCL et comparaison

Bibliographie

- 1- I.Sommerville, **Le génie logiciel**, Addison-Wesley 1996
- 2- Pressman R.S., **Software Engineering : A practionner's Approach**, McGraw Hill, 2000
- 3- **Autres :**
- 4- I.Sommerville, **Le génie logiciel et ses applications**, InterEditions 1991
- 5- A. Strohmeier, **Génie logiciel : principes, méthodes et techniques**, Presse Polytechniques 1996
- 6- V.Berzins, **Software Engineering with Abstraction**, Addison-Wesley 1994
- 7- G. Booch, **Ingénierie du logiciel avec ADA**, InterEditions 1988
- 8- Boehm B. W., **Software Engineering Economics**, Prentice Hall, 1982

Unité d'enseignements : Génie du logiciel et des systèmes intelligents

Module : IA et Systèmes experts

Prérequis : Algorithmique fondamentale, Logique informatique

Objectifs

Ce cours a pour objet de permettre aux étudiants une réflexion sur certains des principaux concepts et outils de l'Intelligence Artificielle (IA). Il leur permettra de connaître les problèmes qui relèvent de l'IA et les méthodes permettant de les traiter.

Ce cours comprend deux parties. Le premier volet permettra aux étudiants d'assimiler les différentes phases pour la conception et la définition d'un Système Expert. Le deuxième volet, consacré à la résolution de problèmes en IA, permettra aux étudiants d'une part de représenter et formaliser des problèmes et d'autre part d'assimiler des algorithmes de recherche et de jeux.

Les applications pratiques tournent autour du développement d'un générateur de Systèmes Experts et l'étude de générateurs existants, ainsi que de l'implémentation d'algorithmes de recherche pour la résolution de problèmes.

Contenu du module

- I. Introduction
- II. Représentation des connaissances
 - 1. Logique des propositions
 - 2. Logique des prédicats
 - 3. Les réseaux sémantiques
 - 4. Les frames
- III. Systèmes Experts (SE)
 - 1. Historique
 - 2. Objectifs communs aux SE
 - 3. Raisons favorisant le développement d'un SE
 - 4. Composition d'un SE et rôles
 - 5. Fonctionnement d'un moteur d'inférence
 - 6. Modes de raisonnements d'un moteur d'inférence
 - 7. Avantages et limites des SE
- IV. IA et Résolutions de problèmes
 - 1. Introduction
 - 2. Représentation et résolution de problèmes
 - 3. Stratégies de résolutions
 - 4. Algorithmes de jeux de stratégie

Bibliographies

- 1. J-M. Alliot, T. Schiex, P. Brisset, F. Garcia. Intelligence Artificielle et Informatique théorique, Cépadues-Editions, 2002.
- 2. J-L. Laurière. Intelligence Artificielle, Résolution de problèmes par l'homme et la machine, Editions Eyrolles, 1986.
- 3. J-L Laurière. Intelligence Artificielle, Représentation des connaissances, Editions Eyrolles, 1988.
- 4. E. Rich. Intelligence artificielle, Masson 1987.
- 5. S. Russel, P. Norvig. Intelligence Artificielle, Pearson Education, France 2010.

Unité d'enseignement : Compétences Comportementales III

Module : Personnel development and Socializing

Objectif : l'étudiant développe des connaissances en anglais de l'entreprise et de l'évolution dans une société anglophone.

Contenu du cours

Le cours est basé sur l'exploitation des chapitres de communication du manuel MARKET LEADER

Unité d'enseignement : Compétences Comportementales III

Module : Droit des TIC

Objectifs du cours

- - Préparer les étudiants en classe terminale à mettre en place un projet personnel et professionnel en connaissance des lois et réglementations en vigueur en Tunisie.

Les objectifs de ce module sont :

- comprendre les structures de gestion des TIC et tout le cadre légal et institutionnel en Tunisie.
- connaître la législation en vigueur concernant les statuts des différents types de sociétés en droit tunisien pour préparer leurs projets de création d'entreprise en connaissance de la législation en vigueur concernant la cyber sécurité, la cybercriminalité, les fraudes en matière de contrat électronique, la signature électronique
- comprendre le cadre légal relatif aux procédures de recrutement et d'insertion professionnelle en étudiant les différents types de contrats d'embauche et les droits et obligations des deux protagonistes, employeur et employé.

Plan du cours

Chapitre I : Le cadre institutionnel des TIC en Tunisie :

- Cyber sécurité
- Protection des données personnelles

Chapitre II : Le commerce électronique :

- Etude du volet juridique des contrats électroniques de création d'entreprises : cas des formes traditionnelles et des start up
- La sécurité électronique
- La cybercriminalité

Chapitre III : Préparation à l'intégration professionnelle en entreprise : Cadre juridique de l'embauche et contrat de travail

**Descriptif des modules de la spécialité Ingénierie du
Développement du Logiciel (IDL)
Quatrième semestre**

Unité d'enseignements : Science des données I

Module : Analyse de données

Prérequis : Statistiques, entrepôt de données

Objectifs : Le but de ce cours est d'acquérir une expérience d'utilisation des techniques modernes de l'analyse de grands ensembles de données et en particulier les méthodes de l'analyse de données multidimensionnelles qui sont fondamentales en Datamining.

Contenu du module

Prétraitement des données

Analyse multidimensionnelle

Analyse en composantes principales (Variables et Individus)

Classification, prédiction, régression linéaire

Analyse factorielle

Analyse factorielle discriminante

Unité d'enseignements : Science des données I

Module : Computer Vision

Prérequis : Programmation C++ et Matlab

Objectifs : A la fin de ce module, les étudiants seront capables d'implémenter les différentes techniques de traitements d'images et Vision par ordinateur ou mobile afin de comprendre les difficultés liées à ce domaine.

Contenu du module

- I. Chapitre-1 : Introduction à la vision par ordinateur**
 1. De la scène à l'image
 2. De la couleur au niveau de gris
 3. Résolution spatiale et colorimétrie
 4. Eléments de colorimétrie
 5. Formats d'image
 6. Transformations sur les images
- II. Chapitre-2 : Transformations ponctuelles sur des images**
 1. Décalage d'histogramme
 2. Recadrage de la dynamique
 3. Egalisation d'histogramme
- III. Chapitre-3 : Filtrage d'images**
 1. Filtrage spatial : Produit de convolution, moyen, Gaussien, Médian, Minimum, Maximum
 2. PSNR, bruit Gaussien
 3. Détection de Contours
 4. Opérateur de détection de contour : Sobel, Kirsh, Prewit, ...
- IV. Chapitre-4 : Morphologie mathématique**
 1. Transformations de base :
 2. Ligne de Partage des Eaux (LPE),
- V. Chapitre-5 : Segmentation**
 1. Approche Classification : Seuillage,
 2. Approche Région
 3. Contour paramétrique
- VI. Chapitre-6 : Transformations fréquentielles sur les images**
 1. Transformation de fourrier, ondelettes, curvele

Unité d'enseignements : Science des données I

Module : Parallélisme et calcul haute performance

Prérequis : Architectures des Ordinateurs, Algorithmique et Programmation

Objectifs

- Comprendre les concepts de base de l'architecture et de la programmation parallèles.
- Etudier les techniques de parallélisation.

Contenu du module

- I. 16. Introduction
- II. 17. Architectures Parallèles
 1. Introduction
 2. Classification de Flynn
 3. Architectures SIMD
 4. Architectures MIMD
- III. 18. Autres Architectures Parallèles
 1. Architectures multi-cœurs
 2. Architecture des GPUs
 3. Systèmes Distribués : clusters, grilles, systèmes volontaires, systèmes Peer-to-Peer
- IV. 19. Topologies des Réseaux
 1. Réseaux Statiques : Anneau, complet, grille torique
 2. Réseaux Dynamiques : Crossbar, Omega-Network, Bus
- V. 5. Métriques d'Evaluation des Performances
 1. Mesure des temps d'exécution
 2. Expression des performances
 3. Loi de Amdahl
 4. Loi de Gustafson
- VI. 6. Les Sources du Parallélisme
 1. Parallélisme de Donnée
 2. Parallélisme de contrôle (de tâches)
 3. Parallélisme de flux
- VII. 7. Parallélisme de tâches
 1. Introduction
 2. Segmentation en tâches

3. Analyse des dépendances
 4. Graphe de Précédence
 5. Tri Topologique
 6. Calcul du Temps Optimal
 7. Calcul des degrés de parallélisme
 8. Le problème de l'ordonnancement
- VIII. 8. Parallélisation des Programmes Polyédriques
1. Introduction
 2. Etude et analyse des dépendances : rappel sur les dépendances, dépendances de contrôle
 3. Graphe de dépendance de l'espace d'itération
 4. Analyse et tests des dépendances
 5. Tests de dépendances : Test du PGCD, tests des bornes, ...
 6. VDD et nature des boucles
 7. Détermination de la MDD
 8. Transformations et Restructuration des nids de boucles : transformations unimodulaires, transformations générales,

Bibliographie

1. D. E. CULLER & J. P. SINGH, Parallel Computer Architecture, A hardware / Software Approach, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, California, 1999.
2. H. S. MORSE, Practical Parallel Computing, academic Press, Cambridge, 1994

Unité d'enseignements : Processus logiciel

Module : Qualité et test du logiciel

Prérequis Processus de développement du logiciel

Objectifs

L'importance de l'aspect qualité dans le développement du logiciel n'est plus à démontrer. Les deux dernières décennies ont vu l'émergence de différentes techniques et méthodes pour évaluer et améliorer la qualité du logiciel.

Ces différentes techniques sont relatives aussi bien aux processus qu'aux produits du développement. L'objectif de ce cours est de sensibiliser les étudiants à l'importance de la démarche qualité, de leur fournir la technicité de base qui leur permettra de maîtriser la mise en place d'un plan qualité et enfin de les rendre en mesure de concevoir un processus qualité pour l'entreprise et de veiller à son application

Contenu du module

- I. Mesures du logiciel : introduction à la théorie de la mesure, le modèle Facteurs-critères-métriques. Métriques applicables aux phases de spécification et de conception. Métriques applicables au code source : complexité cyclomatique, métriques de Halstead. Métriques de l'approche objet : cas de UML, programmation objet et métriques. Outils de collecte de métriques
- II. Test du logiciel : test fonctionnel, test structurel statique, test structurel dynamique et techniques de couverture du graphe de contrôle, tests mutationnels, tests évolutionnistes. Outils de test.
- III. Le test automatisé du logiciel : place dans le cycle de vie, évaluation et sélection d'outils de test automatisés, gestion de l'équipe de test, analyse et conception des outils de test, infrastructure d'automatisation des tests, exécution et revues de test.
- IV. Standards de la qualité logicielle : Composants d'une spécification, gestion des
- V. livrables, ISO 9000 et ISO 9003. Le modèle de maturité du SEI (CMM)
- VI. L'assurance qualité : Plan de vérification et validation, l'assurance produit, revues, coûts du test logiciel et de la collecte des métriques, plan de test.

Unité d'enseignements : Processus logiciel

Module : Génie Logiciel Avancé

Prérequis : Modélisation Objet, Programmation Objet

Objectifs

Le module a pour objectif d'initier les étudiants à l'approche MDA. Il vise deux objectifs : faire appréhender aux étudiants l'architecture en 4 couches et concrétiser ces notions via le framework EMF

Contenu du module

- I. Chapitre 1 : La réflexivité
- II. Chapitre 2 : MDA : Model-Driven Architecture
 1. Introduction
 2. Ingénierie Dirigée par les Modèles : IDM
 3. Model Driven Architecture : MDA
- III. Chapitre 3 : Le langage de contraintes OCL
- IV. Chapitre 4 : Méta-modélisation MOF & les Profils UML
- V. Chapitre 5 : Transformations de modèles
 1. MDA et la transformation de modèles (QVT)
 2. ATL : Atlas Transformation Language

Unité d'enseignements : Systèmes d'information

Module : Conception et programmation des IHM

Prérequis : Conception/Programmation Orientée Objet

Objectifs

Ce module montre l'importance de l'interaction entre l'homme et la machine durant une tâche donnée dans la réalisation d'un système informatisé. Le cours a deux objectifs majeurs. Le cours commencera par l'étude du modèle du processeur humain (capacités cognitives), puis donnera place à la conception, l'architecture et l'évaluation d'une interface homme machine.

Ensuite, il fournira la technicité nécessaire permettant aux étudiants d'appréhender la diversité des plateformes de programmation des interfaces utilisateurs.

Contenu du module

- I. Introduction.
- II. Conception des IHM
 1. Le Modèle Humain
 2. Ergonomie : Utilisabilité
 3. Ergonomie : L'utilisateur
 4. Ergonomie : L'écran de Visualisation
 5. Evaluation Ergonomique
- III. Programmation des IHM
 1. Langages de balisages pour la description des interfaces utilisateurs
 2. Plateformes Windows et .Net
 3. Plateforme JAVA
 4. Plateforme Unix

Bibliographie

1. Jean François Naugier, « Ergonomie des Logiciels et Design Web, Le Manuel des Interfaces Utilisateurs » 4ème édition, Les Éditions Dunod, 2008.
2. Frédéric Vella, « Conception d'interface homme machine avec les modèles psychophysiques » Les Editions Univ. Européenne, 2010.

Unité d'enseignements : Science des données I

Module : Ingénierie des processus métiers

Prérequis : développement en langages évolués, Modélisation UML,..

Objectifs : Le but de ce cours est de se familiariser avec les concepts du Processus d'Affaires et leur modélisation, la gestion des Workflows et finalement la gestion intégrée par des progiciels tels que les ERP, CRM, ERM,...

Contenu du module

Chapitre1: Gestion des workflows: Activiti,...

Chapitre2: Modélisation de processus d'affaires Activiti,....

Chapitre3: Programmation basée sur les integrateurs: Node Red, jenkis, ...

Chapitre4: Gestion intégrée par les progiciels: ERP; CRM; ERM; ...

Unité d'enseignements : Systèmes d'information

Module : Mini-projet développement des systèmes d'information

Prérequis : Algorithmique et structure de données, programmation

Objectifs : Mettre en œuvre les concepts des systèmes d'information en s'attaquant à un problème réaliste. L'apprenant tout en étant encadré par l'enseignant doit faire preuve d'initiative et de travail personnel

Contenu du module

Dans le cadre des cours « Conception et programmation des IHM » et « Ingénierie des processus métier », un énoncé de problème est présenté aux étudiants. A chaque séance, l'enseignant dirige les étudiants pour identifier des sous problèmes et établir une stratégie de résolution. Il fait le point avec les étudiants quant à leur niveau de progression et fixe des objectifs pour la séance suivante. A la fin du cours, les étudiants doivent avoir résolu le problème et ils doivent faire une présentation orale de leur solution.

Unité d'enseignements : Science des données I

Module : Ingénierie des processus métiers

Prérequis : développement en langages évolués, Modélisation UML,..

Objectifs : Le but de ce cours est de se familiariser avec les concepts du Processus d'Affaires et leur modélisation, la gestion des Workflows et finalement la gestion intégrée par des progiciels tels que les ERP, CRM, ERM,...

Contenu du module

Chapitre1: Gestion des workflows: Activiti,...

Chapitre2: Modélisation de processus d'affaires Activiti,....

Chapitre3: Programmation basée sur les integrateurs: Node Red, jenkis, ...

Chapitre4: Gestion intégrée par les progiciels: ERP; CRM; ERM; ...

Unité d'enseignements : Systèmes d'information

Module : Mini-projet développement des systèmes d'information

Prérequis : Algorithmique et structure de données, programmation

Objectifs : Mettre en œuvre les concepts des systèmes d'information en s'attaquant à un problème réaliste. L'apprenant tout en étant encadré par l'enseignant doit faire preuve d'initiative et de travail personnel

Contenu du module

Dans le cadre des cours « Conception et programmation des IHM » et « Ingénierie des processus métier », un énoncé de problème est présenté aux étudiants. A chaque séance, l'enseignant dirige les étudiants pour identifier des sous problèmes et établir une stratégie de résolution. Il fait le point avec les étudiants quant à leur niveau de progression et fixe des objectifs pour la séance suivante. A la fin du cours, les étudiants doivent avoir résolu le problème et ils doivent faire une présentation orale de leur solution.

Unité d'enseignements : Développement des systèmes complexes

Module : Développement d'applications mobiles

Prérequis : Programmation Objet, Programmation IHM, Systèmes d'exploitation avancés

Objectifs

À l'issue de ce cours, l'étudiant sera en mesure de développer des applications mobiles dans des environnements modernes.

Contenu du module

- I. Architecture et fonctionnalités de base des plateformes mobiles ;
- II. Environnement de développement des plateformes mobiles ;
- III. Structure et composants fondamentaux des applications mobiles ;
- IV. Construction de l'interface utilisateur ; utilisation des ressources : XML, images, fichiers, etc. ;
- V. Persistance des données ;
- VI. Intégration ; signature d'une application ;
- VII. Déploiement et contraintes particulières des applications mobiles.
- VIII. API pour le développement des applications mobiles dépendantes de leur contexte.
- IX. Interactions avec les outils de captage de données à travers les appareils et les réseaux mobile.
- X. Développement d'applications de commerce électronique mobile.
- XI. Tendances et perspectives futures.

Unité d'enseignements : Développement des systèmes complexes

Module : Développement Web

Prérequis

Objectifs

Contenu du module

- Chap1 : Architectures des applications Web
- Chap2 : Patrons de conception des applications web
- Chap3 : Tour d'horizon des Framework de développement Web
- Chap4 : Industrialisation du dev. Web
 - Conduite de projet de développement Web
 - Pratiques classiques vs Approches agiles et Devops
 - Usine logicielle
 - Gestion des versions
 - Gestion des dépendances
 - Test et Qualité
 - Intégration continue
 - Livraison continue
- Chap5 : Applications Web et Cloud
 - Application web et APIs
 - Différents modèles de déploiements sur le cloud
 - SAAS, PAAS, IAAS
 - Applications Multi tenantes
 - Mise à l'échelle (Scalling)
- Chap6 : Sécurité des applications Web
 - OWASP top 10

- Chap7 : Panorama des technologies web
 - Technologies et frameworks web cote Serveur
 - PHP (Symfony, Laravel), Python (Flesk), Java (Spring), .Net
 - Bases de données
 - Technologies et frameworks web cote Client
 - Javascript, Native Script, Angular, React, Vue
 - Technologies web Full stack
 - Mean Stack

- Chap8 : Etude de cas
 - Présentation du cas d'étude
 - // Mise en ouvre du cas d'étude.
 - // Les choix technologiques peuvent evolueé en fct des avancements technologiques
 - Mise en ouvre d'une approche full stack pour le cas d'étude

- Chap9 : Réalisation en adoptant une demarche full stack
 - Langage Javascript
 - Concepts clefs
 - Types, Variabes, expressions
 - Objets et tableaux
 - Fonctions
 - Javascript cote client
 - Javascript Design Patterns
 - Presntation du framework AngularJS
 - Angular JS Design patterns
 - Javascript cote Serveur
 - Node JS
 - Node JS Design Patterns
 - Mean Stack
 - Javascript cote Mobile
 - Frmawork Ionic
 - Native script

- Déploiement sur le cloud

Unité d'enseignements : Développement des systèmes complexes

Module : Mini-projet systèmes complexes

Prérequis : Systèmes d'informations, programmation objet

Objectifs : Mettre en œuvre les concepts du développement et mobile en s'attaquant à un problème réaliste. L'apprenant tout en étant encadré par l'enseignant doit faire preuve d'initiative et de travail personnel

Contenu du module

Dans le cadre des cours « Développement d'applications mobiles » et « Développement Web Avancé », un énoncé de problème est présenté aux étudiants. A chaque séance, l'enseignant dirige les étudiants pour identifier des sous problèmes et établir une stratégie de résolution. Il fait le point avec les étudiants quant à leur niveau de progression et fixe des objectifs pour la séance suivante. A la fin du cours, les étudiants doivent avoir résolu le problème et ils doivent faire une présentation orale de leur solution.

Unité d'enseignement : Compétences Comportementales IV

Module : Internet Marketing

Prérequis : Notions générales en Management digital

Objectifs :

- Familiariser l'étudiant avec les notions de marketing, étant donnée la relation de collaboration étroite qui existe entre les ingénieurs et les professionnels du marketing en entreprise.
- Comprendre l'évolution de la stratégie et des pratiques marketing à l'ère du digital
- Connaître les concepts, techniques et pratiques des processus digitaux.

Contenu du module

Chapitre Introductif : Quels changements des pratiques Marketing à l'ère du digital : Marketing, E-Marketing et M-Marketing

Chapitre 1 : La stratégie de marketing digital

Chapitre 2 : Internet et le mix-marketing

Chapitre 3 : E-commerce : la relation client et la digitalisation du point de vente

Chapitre 4 : Le M-Marketing : Le marketing mobile

Etudes de cas

Le déroulement du cours est basé sur une approche pragmatique qui permet à l'étudiant de contribuer activement à la définition des concepts à partir d'études de cas d'entreprises, étudiés au début de chaque chapitre.

L'intérêt est d'impliquer l'étudiant au travail de réflexion et de brainstorming et de développer ainsi ses capacités d'interprétation dans une approche de préparation à la résolution de problèmes et de la proposition de solutions dans une perspective de dynamique de groupe, qui figure parmi les principales missions d'un ingénieur en entreprise.

Evaluation

Contrôle continu : Projets Collectifs

Organiser des groupes de travail sur des projets d'analyse d'expériences d'entreprises en relation avec les concepts étudiés.

Ces projets sont encadrés par l'enseignant et font l'objet d'une évaluation dans le cadre de la note de contrôle continu de la matière.

La note de contrôle continu tient également compte de la participation active dans la préparation et discussion des études de cas en classe ou en tant que travail à rendre.

Examen La matière fait l'objet d'un examen théorique de deux heures à la fin du semestre.

Bibliographie

1. Internet Marketing (2014-2015), ebg Electronic Business Group, sous la direction de Soraya Cabezon.
2. Réussir sa mutation numérique, G. Westerman, (2016), Nouveaux Horizons.
3. Marketing 4.0 Le passage au digital, P.Kotler, ED. De Boeck

Unité d'enseignement : Compétences Comportementales IV

Module : Personal development and Socializing

Objectif : l'étudiant bénéficie d'une initiation à la première partie du TOEIC

Contenu du cours

La première partie du TOEIC : LISTENING

-Photographs

-Question and response

-short conversation

-short talks

Unité d'enseignement : Compétences Comportementales IV

Module : Projet Personnel et Professionnel

Plan du cours

Module 1 : Préparer un dossier de candidature pour un stage

Les étudiants sont appelés à actualiser leurs CV et à les présenter selon le modèle Europass.

Ils doivent aussi rédiger leurs lettres de motivation et leurs mails d'accompagnement, en réponse à des offres de stages.

Ils ont pour tâche d'inviter leurs enseignants à des simulations d'entretiens et d'assurer le face à face. Ils sont amenés aussi à partager leurs expériences.

Objectifs

- Se préparer à une première expérience dans le monde professionnel,
- Améliorer les compétences de communication,
- Développer les compétences d'autonomie

Module 2 : Rédaction et déontologie

Volet 1 : Résumer

Les étudiants sont appelés à travailler selon la méthode inversée. Ils ont pour tâche de travailler en groupes et d'assurer le cours portant sur le résumé.

Ils doivent résumer un Rapport de PFA/PFE et traduire en anglais et en arabe en prenant le recul nécessaire par rapport aux outils gratuits en ligne.

Ils sont amenés aussi à présenter en binôme, un résumé oral à partir d'une vidéo de 35 mn minimum.

Objectifs

- Mettre les apprenants en situation de construction des savoirs et de développement de compétences.
- Cibler le caractère social de l'apprentissage : apprentissage et évaluation par les pairs.
- Utiliser le potentiel des TICE.
- Prendre la parole en public

Volet 2 : Normes de rédaction

Les étudiants ont pour tâche de réaliser une synthèse récapitulative portant sur les normes de rédaction de l'écrit disciplinaire, en recourant à un Mind map.

Objectifs

- Identifier les normes de la rédaction du Rapport,
- Collaborer,
- Réaliser une carte mentale,
- Utiliser un outil d'écriture collaborative synchrone (Coggle).
- Identifier le plagiat et les moyens pour l'éviter

Evaluation

Contrôle continu

- Dossier de candidature
- Retour d'expériences oral et écrit

- Simulations d'entretiens
- Résumé oral à partir d'une vidéo
Résumé d'un Rapport de PFA/PFE et critique des outils de traduction en ligne
Examen
Identifier le plagiat et réécrire
Présenter une carte mentale : synthèse récapitulative des normes de rédaction de l'écrit disciplinaire
Résumer / corriger un résumé

**Descriptif des modules de la spécialité Ingénierie du
Développement du Logiciel (IDL)
Cinquième semestre**

Unité d'enseignement : IA Avancée

Module : Techniques de calcul intelligent

Prérequis : Intelligence Artificielle, Algorithmique avancée

Objectifs

L'objectif de ce module est de présenter des techniques de calcul intelligent : les réseaux de neurones, les algorithmes évolutionnaires et la logique floue en tant que nouveaux outils de modélisation, d'exploration, d'optimisation et d'aide à la décision en présence de données en grand nombre (réseaux de neurones) ou d'un espace d'états de grande dimension (algorithmes génétiques) ou d'expertise (logique floue).

Contenu du module

- I. Introduction et classification des techniques de calcul intelligent
- II. Les réseaux de neurones artificiels
 1. Introduction, définitions et appellations
 2. Historique
 3. Fondements biologiques
 4. Le neurone artificiel ?
 5. Algorithmes d'apprentissage
 6. Le Perceptron Multicouches
 7. Apprentissage : rétro propagation de l'erreur
- III. Les méthodes de calcul évolutif pour la recherche et l'optimisation
 1. Introduction aux méthodes de calcul évolutif
 2. Les algorithmes génétiques
 3. La programmation génétique
 4. Les stratégies d'évolutions
 5. Conclusion sur les méthodes de calcul évolutif
- IV. La logique floue
 1. Introduction
 2. Historique
 3. Système Flou

4. Système floue et système expert
5. Conclusion sur la logique floue
- V. Les approches hybrides
- VI. Conclusion sur les techniques de calcul intelligent

Bibliographie

1. Mc Clelland J. L., Rumelhart D. E., Explorations in Parallel Distributed Processing, a Handbook of Models, programs, and Examples, MIT Press, Cambridge, 1988.
2. Anderson J., Rosenfeld E., Neurocomputing: Foundations of research, MIT Press, Cambridge, 1988.
3. Holland J (U. of Michigan, 1975) Adaptation in Natural and Artificial Systems.
4. David E. Goldberg (élève de Holland) Genetic Algorithms 1991
5. Saporta G., Probabilité, analyse des données et statistique, éditions Technip.
6. Chen Fuzzy Logic & Neural Network Handbook. McGraw-Hill C.H.,
7. Meunier B. B., La logique floue et ses applications, Addison-Wesley.

Unité d'enseignements : IA avancé

Module : Apprentissage Artificiel

Pré-requis

- Probabilités, Statistiques
- Intelligence Artificielle

Objectifs

Partout dans le monde, se constituent des gisements de données considérables, mais les connaissances sont souvent difficiles à extraire et à analyser. La fouille de données (ou Data Mining) et l'apprentissage artificiel sont devenus des outils essentiels afin de mettre à jour des régularités dans les données et de construire des modèles explicatifs ou prédictifs.

L'objectif de ce cours est de permettre aux étudiants d'acquérir des connaissances en extraction de connaissances à partir de données et de les approfondir. La première partie du cours leur permettra d'assimiler des notions théoriques de base et des aspects méthodologiques (apprentissage supervisé vs. non supervisé, évaluation et validation des résultats de l'apprentissage, compromis biais-variance, sur-apprentissage, ...). La deuxième partie permettra aux étudiants d'étudier et de maîtriser des algorithmes de fouille de données aussi bien numériques que symboliques.

Contenu du module

Introduction

Exemple introductif et Définitions

La problématique du KDD (Knowledge Discovery in DataBases)

Le Data Mining maillon du processus KDD (objectifs du Data Mining)

Les domaines d'application

Notions de base

Tendances de l'apprentissage automatique

L'apprentissage non supervisé, supervisé, semi-supervisé et par renforcement

Notions de précision, biais, variance

Méthodes d'analyse de résultats

Apprentissage non supervisé

Méthodes de Clustering, méthode des k-means

Les règles d'association

Les réseaux de neurones pour l'apprentissage non supervisé

Apprentissage supervisé

4.1. Les réseaux de neurones pour l'apprentissage supervisé

4.2. De l'approche probabiliste

La théorie bayésienne de la décision

La méthode des k plus proches voisins

Les classifieurs bayésiens simples

4.3. Méthodes d'induction d'arbres de décisions

Références bibliographiques

L. Breiman, J.H. Friedman, R.A. Olshen, C. J. Stone. *Classification and regression trees*. Chapman and Hall, 1984.

A. Cornuéjols et L. Miclet. *Apprentissage artificiel, concepts et algorithmes*. Editions Eyrolles, Paris, France, 2010.

J. Dréo, A.Pétrowski P.Siarry E.Taillard. *Métaheuristiques pour l'optimisation difficile*, Eyrolles, 2003

G. Dreyfus, J. Martinez, M. Samuelides, M. Gordon, F. Badran, S. Thiria, *Apprentissage statistique : Réseaux de neurones - Cartes topologiques - Machines à vecteurs supports*, Eyrolles, 2008.

D. Hand, H. Mannila, P. Smith. *Principles of Data Mining*, MIT Press, 2001.

J. Han and M. Kamber. *Data Mining : Concepts and Techniques*, 2nd edition, Morgan Kaufmann, 2006.

J. R. Quinlan. *C4.5 : Programs for Machine Learning*. Morgan Kaufman, 1993.

G. Saporta. *Probabilités, Analyse des données et Statistique*. Editions Technip Paris, 1990.

G. Saporta. *Data mining et statistique décisionnelle*. Editions Technip, 2005.

I. Witten and E. Frank. *Data Mining, Practical Machine Learning Tools and Techniques*, 3rd edition, Morgan Kaufman.

D. A. Zighed, R. Rakotomalala. *Graphes d'induction : apprentissage et data mining*. Hermes, Paris, France, 2000.

Unité d'enseignement : IA Avancée

Module : IA distribuée

Prérequis

Objectifs

Contenu du cours

Chapitre 1 : Introduction à l'IAD et aux SMA

Chapitre 2 : Architectures et Intelligences des agents

1. Agent et Environnement
2. Types d'agents :
3. Agents réactifs
4. Agents cognitifs (Délibératif)
5. Agents hybrides
6. Agent et apprentissage
7. Typologie des agents

Chapitre 3 : Les Interactions entre Agents

Chapitre 4 : Modélisation des agents et des SMAs

1. AUML
2. AGR
3. MAsE

Chapitre 5 : Plateformes Multi-Agents

1. La plate-forme MADKIT
2. La plate-forme JADE
3. La plate-forme DIMA

Unité d'enseignements : IA Avancée

Module : Mini-projet IA Avancée

Prérequis : IA et Systèmes Experts

Objectifs : Mettre en œuvre les concepts de l'IA en s'attaquant à un problème réaliste. L'apprenant tout en étant encadré par l'enseignant doit faire preuve d'initiative et de travail personnel

Contenu du module

Dans le cadre des cours « Techniques de calcul intelligent », « Apprentissage artificiel » et « IA distribuée » un énoncé de problème est présenté aux étudiants. A chaque séance, l'enseignant dirige les étudiants pour identifier des sous problèmes et établir une stratégie de résolution. Il fait le point avec les étudiants quant à leur niveau de progression et fixe des objectifs pour la séance suivante. A la fin du cours, les étudiants doivent avoir résolu le problème et ils doivent faire une présentation orale de leur solution.

Unité d'enseignement : Sciences des données II

Module : Indexation et recherche d'information par le contenu

Prérequis : Algorithmique fondamentale, Programmation Objet, Computer Vision

Objectif

A la fin de ce module, les étudiants seront capables d'implémenter les différents aspects théoriques et techniques d'indexation et de recherche d'informations MultiMedia par le contenu afin de comprendre les difficultés liés à ce domaine.

Contenu du module

- I. Introduction à l'indexation et la recherche d'informations MultiMedia
- II. Modèles de recherche d'une base de données MultiMedia
- III. Indexation des images par des descripteurs globaux
- IV. Indexation des images par des descripteurs locaux par segmentation et par points d'intérêts
- V. Indexation sémantique (visual keywords)
- VI. Indexation de documents audio (Norme Mpeg)
- VII. Indexation de documents vidéo (Norme Mpeg 7)
- VIII. Evaluation des systèmes de recherche par le contenu visuel

Unité d'enseignement : Sciences des données II

Module : Big Data

Prérequis : Linux, bases de données, programmation objet

Objectif

Comprendre les concepts sous-jacents à la réalisation d'un environnement de Big Data et les différents outils disponibles et nécessaires dans cet univers. Comprendre les différentes couches de logiciels et les enjeux techniques derrière la réalisation des objectifs d'affaires. Comprendre les différentes approches des bases de données « NoSQL » ou non-relationnelles.

Contenu du module

1 - Introduction

besoin, concepts et définitions

Évolution des données, les 3 V

2 - Les couches logicielles

Fondements de Hadoop

HDFS

MapReduce

Spark

3 - Les modèles de données

Les langages de requête Hadoop

Hbase

Hive

BigSQL

4 - Acquisition de données

Méthodes et outils selon le type de source

o Données structurées et semi-structurées

o Données du Web 2.0

o Données non-structurées

Métadonnées

5 - Exploitation des données

Techniques de Méga-analyse

Analyse des médias sociaux

Outils de Méga-analyse

- o Python

- o R

Bibliographie

1. Bill Chambers, Matei Zaharia, Spark: The Definitive Guide: Big Data Processing Made Simple, O'Reilly, 2018.
2. Soraya Sadkaoui, Data Analytics and Big Data, Wiley, 2018

Unité d'enseignements : Sciences des données II

Module : Mini-projet Sciences des données II

Prérequis : IA et Systèmes Experts

Objectifs : Mettre en œuvre les concepts du Big Data en s'attaquant à un problème réaliste. L'apprenant tout en étant encadré par l'enseignant doit faire preuve d'initiative et de travail personnel

Contenu du module

Dans le cadre des cours « Indexation et recherche d'information par le contenu » et « Big Data » un énoncé de problème est présenté aux étudiants. A chaque séance, l'enseignant dirige les étudiants pour identifier des sous problèmes et établir une stratégie de résolution. Il fait le point avec les étudiants quant à leur niveau de progression et fixe des objectifs pour la séance suivante. A la fin du cours, les étudiants doivent avoir résolu le problème et ils doivent faire une présentation orale de leur solution.

Unité d'enseignements : Architectures logicielles complexes

Module : Analyse et modélisation de l'architecture logicielle

Prérequis : Programmation Orientée Objet, Modélisation Objet, Ingénierie dirigée par les modèles

Objectif

Ce cours a pour objectif d'initier les étudiants à la formalisation de l'architecture logicielle et à l'analyse formelle et qualitative de ses propriétés. Il souhaite apporter un équilibre entre les approches formelles et les approches pragmatiques fondées sur la méta- modélisation.

Contenu du Module :

- I. Langages de description d'architectures
 - 1. Les ADL
 - 2. Les langages graphiques
- II. Les approches composant
 - 1. Modèles de composants
 - 2. Composants temps réel
- III. Styles architecturaux et patrons de conceptions
 - 1. Architectures flots de données
 - 2. Architectures distribuées
 - 3. Autres styles architecturaux
 - 4. Patrons de conceptions
- IV. Analyse de l'architecture
 - 1. Approches formelles
 - 2. Approches qualitatives

Bibliographie

- 1. R. N. Taylor, N. Medvidovic, E. M. Dashofy Software Architecture: Foundations, Theory, and Practice. Addison-Wesley, 2010. ISBN : 9780470167748
- 2. P. Clements, R. Kazman, M. Klein Evaluating Software Architectures: Methods and Case Studies. Addison-Wesley, 2002. ISBN: 020170482X
- 3. C. Szyperski Component Software: Beyond Object-Oriented Programming AddisonWesley, 2011. ISBN 0201178885
- 4. F. Buschmann, R. Meunier, H. Rohnert, P. Sommerlad , M. Stal. Pattern Oriented Software Architecture. Vol. 1-5. Addison-Wesley.

Unité d'enseignements : Architectures logicielles complexes

Module : Architectures cloud

Prérequis : systèmes distribués,

Objectifs :

Contenu du module

- I. Rappel sur Introduction
 1. Qu'est ce que le Cloud
 2. Pourquoi le Cloud ?
 3. Types de Cloud : Privé, Public ...
- II. Les Modèles de Services Cloud
 1. Infrastructure as a Service (IaaS)
 2. Platform as a Service (PaaS)
 3. Software as a Service (SaaS)
- III. Virtualisation
 1. Principe
 2. Propriétés
 3. Types de virtualisation
- IV. Ordonnancement et gestion élastique des ressources
 1. Principes
 2. Gestion des VMs
 3. Algorithmes d'ordonnancement
 4. Challenges

Bibliographie

1. Dean et. Al, "MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters", OSDI'04
2. Schvachko, "HDFS Scalability: The limits to growth", Usenix, :login, April 2010.
3. Dean et al., MapReduce: simplified data processing on large clusters, Comms of ACM, vol 51(1), 2008.
4. R. Buyya et al. "Cloud Computing: Principles and Paradigms", Wiley, 2010.
5. L. Gillam et al. "Cloud Computing: Principles, Systems and Applications," Springer, 2010

Unité d'enseignements : Architectures logicielles complexes

Module : développement orienté services

Prérequis : POO, XML

Objectifs : Connaître les normes, les standards et les techniques définissant les services web (WSDL, SOAP, UDDI, HTTP). Spécifier le contrat d'un service web (WSDL, WADL). Appeler un service web via des messages SOAP, http. Programmer un service web. Déployer un service web. Programmer un client d'un service web. Composer des services web. Mettre en application sur une architecture microservice

Contenu du module

- I. Introduction SOA
 1. Service web étendus
- II. WSDL, SOAP, JAX-WS
- III. Service web REST
 2. REST, JAX-RS
- IV. Composition de services web
 3. BPEL4WS
- V. Architecture microservice
 4. Docker, Docker Compose, HaProxy

Bibliographie

1. Thomas Erl , SOA Principles of Service Design, Prentice Hall Ptr, Juillet 2007
2. Xavier Fournier-Morel, Pascal Grosjean, Le guide de l'architecte du SI, Dunod, Octobre 2006
3. Thomas Erl, Service-Oriented Architecture (SOA) : Concepts, Prentice Hall Ptr, Août 2005

Unité d'enseignements : Architectures logicielles complexes

Module : Méthodes Formelles

Prérequis : Automates, théorie des langages, logique informatique

Objectifs : L'objectif de ce cours est de donner une vision globale des motivations et méthodes de vérification et de validation des systèmes réactifs. Ce cours se concentre en particulier sur les méthodes de validation formelle. Il détaille la vérification à base de modèles (model-checking) permettant la vérification des propriétés temporelles des systèmes réactifs.

Contenu du module

- I. Introduction (pourquoi la formalisation ?)
 1. Un peu d'histoire
 2. Besoin à la formalisation (à la vérification) Différence entre Test et Vérification Formelle
- II. Méthodes basées sur l'analyse abstraite
 1. Notion d'abstraction (approximation)
 2. Exemple d'abstractions : graphes de contrôle, intervalles ...
- III. Modélisation des Systèmes réactifs
 1. Machines à états, Systèmes de transitions et structure de Kripke
 2. Modélisation des systèmes concurrents : Mode Synchrones et Asynchrone
 3. Discussion sur la modélisation : Systèmes temporisés
- IV. Spécification des Propriétés Temporelles
 1. Introduction à la logique temporelle
 2. Logique Linéaire LTL
 3. Logique Branchante CTL
 4. Discussion et comparaison des trois logiques
- V. Vérification par model-checking
 1. Principe du model-checking
 2. Model-checking des propriétés CTL par labelling
 3. Model-checking des propriétés LTL par automates
 4. Limitations : Problème de l'explosion du nombre d'états

Bibliographie

1. B. Bérard, M. Bidoit, A. Finkel, F. Laroussinie, A. Petit, L. Petrucci and P. Schnoebelen. « *Vérification de logiciels. Techniques et outils du model-checking* ». Vuibert, 1999.
2. E. M. Clarke, E. A. Emerson, and A. P. Sistla. « *Automatic verification of finite-state concurrent systems using temporal logic specifications* ». ACM Trans. Program. Lang. Syst., 8(2) :244_263, 1986.
3. E. M. Clarke, O. Grumberg and D. A. Peled. « *Model Checking* ». MIT press, 1999
4. M. Y. Vardi. « *Automata-theoretic model checking revisited* ». In VMCAI'2007. LNCS 4349. Springer, 2007.
5. E. M. Clarke and J. Wing. « *Formal Methods: State of the Art and Future Directions* ». ACM, 1996.

6. D. Harel and A. Pnueli. « *On the development of reactive systems. Logic and Models of Concurrent Systems*, NATO Advanced Study Institute on Logics and Models for Verification and Specification of Concurrent Systems., Springer Verlag, 1985.
7. Amir Pnueli. « *The temporal logic of programs*. In FOCS, pages 46-57, 1977.

Unité d'enseignement : Compétences Comportementales V
Module : Anglais

Objectif :

Initiation à la deuxième partie du TOEIC : Reading Comprehension.

Plan du cours

- Incomplete sentences
- Text completion
- Reading comprehension

Unité d'enseignement : Compétences Comportementales V

Module : Littératie Universitaire et TICEs

Plan du cours

Module 1 : Réécrire le rapport de stage

Les apprenants sont appelés à :

- o récupérer des informations et un feedback au sujet d'idées erronées à propos du copier/coller ;
- o collaborer ;
- o réécrire : suppression, construction et intégration sur Google Docs, en collaboration avec la tutrice;
- o reformuler, paraphraser, enchaîner, donc textualiser et réviser avec les logiciels de correction intégrés (Word) ou en ligne (Cordial- Antidote...);
- o citer des sources et évaluer l'originalité des textes grâce au logiciel d'anti-plagiat Viper;
- o respecter des normes bibliographiques (générateurs bibliographiques intégrés ou en ligne) et disciplinaires (référence guide de rédaction);
- o évaluer et mener une réflexion métacognitive individuelle et collective ;
- o co-évaluer : forum de discussion ou salon de chat pour récolter les autocritiques en comparant les résultats d'analyse de Viper et leurs propres remarques;
- o s'auto-évaluer (QCM et grille d'auto-évaluation);
- o résumer et traduire en se servant d'outils de traduction en ligne (Babylon, Reverso...).

Objectifs :

- Prendre conscience de la variété des genres en fonction du contexte et des objectifs de communication,
- Augmenter le niveau de (multi)littératie grâce aux outils TICE,
- Profiter d'un tutorat à distance et en présentiel.
- S'initier à Latex

Module 2 : Soutenance (stage d'été)

Les apprenants sont appelés à transposer le texte du rapport en power point et à exposer face à un auditoire.

Objectifs :

- Reformuler,
- Structurer le discours à présenter,
- Représenter visuellement des informations pour rendre plus accessibles les notions-clés.
- Exposer et apporter de l'information contrôlée.

Evaluation

Contrôle continu

- Evaluation par les pairs
- Auto-évaluation à l'aide d'une grille

Validation du Stage d'été

Examen

Réécrire des extraits lacunaires
Transposer des extraits de rapport en power point
Corriger un power point

Unité d'enseignement : Compétences Comportementales V

Module : Innovation et entrepreneuriat

Pré requis : Des connaissances de base en gestion d'entreprise

Objectifs : Au terme de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Dénicher une idée de projet originale et innovante.
- Etablir et valider leur projet professionnel et personnel : PPP
- Mener à bien les différentes études de faisabilité d'un projet entrepreneurial.
- Maitriser les mécanismes relatifs au cadre juridique régissant le fonctionnement d'une start-up.
- Réaliser un business plan relatant la réalité économique et financière de leur projet.
- Concevoir une ébauche de leur produit (prototype, application web, site internet, modèle, maquette...).

Contenu du module

- I. L'idée innovante
 1. L'idée de projet et ses origines
 2. Les idées tendances
 3. L'opportunité d'affaires
 4. La validation de l'idée
 5. Projet personnel et professionnel

- II. L'étude commerciale du projet
 1. La recherche d'informations
 2. L'analyse de la demande : les clients
 3. L'analyse de l'offre : la concurrence
 4. L'analyse de l'environnement micro et macro économique
 5. La stratégie commerciale et le mix-marketing des start-up

- III. L'étude technique du projet
 1. Les caractéristiques du produit
 2. Le processus de production
 3. Descriptif des moyens de production

- VI. L'étude juridique du projet : Nouveau cadre juridique tunisien
 1. Choix d'une forme juridique pour la future entreprise
 2. Présentation du nouveau cadre juridique tunisien : Start-up Act
- V. L'étude financière du projet
 1. Le plan de financement initial
 2. Le plan de financement à 3 ans
 3. Le plan de trésorerie
 4. Le compte de résultat
 5. Présentation du bilan
 6. Le calcul du seuil de rentabilité

L'étudiant sera tenu de réaliser un projet sous forme d'un business plan qu'il présentera à la fin du semestre.

Bibliographie

1. Robert Papin, la création d'entreprise, DUNOD, Paris, 2011
2. Guide pratique du créateur, APCE, juillet 2015
3. Entrecomp, cadre de référence européen de compétences entrepreneuriales, commission européenne, 2016
4. J-L. Giannelloni, E.Vernette, Etudes de marché, Vuibert, 4ème édition, Paris, 2015
5. Lendrevie, Lévy, Mercator, DUNOD, Paris , 2013
6. Loukouman Amidou, Marketing des réseaux sociaux, février 2012
7. Kotler, Keller, Manceau, Marketing management, nouveaux horizons, Pearson France, Montreuil, 2015
8. Stratégor : politique générale de l'entreprise, 3ème édition, DUNOD, Paris 1997

**Descriptif des modules de la spécialité Ingénierie et
Développement des Infrastructures et des Services de
Communications (IDISC)
Quatrième semestre**

Unité d'enseignements : Réseaux mobiles et sans fil

Module : Technologies radio sans fil : Des protocoles de base vers l'internet des objets

Prérequis : Concepts de base de la propagation radio, notions de base des réseaux adressage, routage, réseaux locaux, couche physique, couche MAC

Objectifs :

- Prendre connaissance des différentes technologies de communications radio qui opèrent principalement dans les bandes ISM (sans licence) : WPAN, WLAN, WMAN
- Connaître les caractéristiques des réseaux Manets, Vanets et RCSFs
- Finalement, se familiariser avec les protocoles radio proposés pour l'Internet des objets

Contenu du module

Chapitre 1 : Les réseaux radio sans fil : caractéristiques et normes de base

1. Rappels des caractéristiques de la propagation radio : path loss, gain, antenne, mutli-chemins, fading...
2. Réseaux radio sans fil : classification, standards et normes, débit et portée
3. Cas d'études :
 - 3.1 WPAN et le standard Bluetooth (IEEE802.15.1): bandes de fréquences, protocoles (L2CAP, SDP, ...), piconet, scatternet
 - 3.2 WLAN et standard WIFI (IEEE 802.11): couche physique (FHSS, DSSS, OFDM), couche MAC (modes d'accès pcf et dcf, format des trames, procédure d'association, handover, sécurité), variantes de la norme (a/c/e/f/g/h/i/j/s/t/u/v/w)
 - 3.3 WMAN et le standard Wimax (IEEE802.16) : portée, fréquences, transmissions LoS/Nlos

Chapitre 2 : Mobilité dans les réseaux radio sans fil

1. Les réseaux ad hoc mobiles (Manets)
 - 1.1 Adressage/identification des équipements sans fil
 - 1.2 Gestion des interférences
 - 1.3 Algorithmes de routage : proactif, réactif et hybride
2. Les Vanets
 - 2.1 ITS et communications V2V
 - 2.2 Le standard WAVE pour les Vanets (IEEE 802.11 p)
 - 2.3 Routing, QoS et sécurité dans VANETS

Chapitre 3 : Réseaux de capteurs sans fil (RCSFs)

1. Qu'est-ce qu'un nœud capteur ?
 - 1.1 Anatomie et exemples de nœuds capteurs
 - 1.2 Pile protocolaire
 - 1.3 Contraintes de la miniaturisation : énergie, mémoire, processeur
 - 1.4 Applications des réseaux de capteurs
2. Protocoles et standards pour les RCSFs
 - 2.1 L'alliance Zigbee, architecture Zigbee/IEEE 802.15.4, format des trames, mode d'accès : Beaconing et GTS, Topologies (étoile, Mesh, hiérarchique)
 - 2.2 Les BAN et le standard IEEE 802.15.6
 - 2.3 Couches d'adaptation Ipv6 (6LowPAN, 6tish)
 - 2.4 Protocoles de routage : classification (topologie/paradigme/application), le Standard RPL

Chapitre 4 : Communications radio pour l'Internet des objets

1. Notion d'objet et pile protocolaire IoT
2. Protocoles radio pour le IoT
 - 2.1 Communications à champ proche & radio identification par tag : RFID et NFC
 - 2.2 Les WPANs pour l'IoT : BLE et Zigbee 3.0
 - 2.3 Les WLANs pour l'IoT : IEEE802.11ah et IEEE802.11af (radio cognitive pour l'IoT)
 - 2.4 Les LPWAs : LoRaWAN (modulation LoRa, caractéristiques : duty cycle, spreading factor, coding rate, LoRACMAC, sécurité LoRa), Sigfox
 - 2.5 La solution mobile Nb-IoT
3. Applications IoT : Cas d'études
 - 3.1 Application smart city
 - 3.2 Application healthcare
 - 3.3 Le IoT et l'industrie 4.0

Travaux pratiques & travaux dirigés

- TPs Omnet pour la simulation des réseaux sans fil et des réseaux de capteurs
- TP : Simpy pour la simulation du réseau LoRaWAN
- Des travaux dirigés sont aussi planifiés dans le présent module.

Bibliographie

- [1] Wi-Fi - Réseaux sans fil 802.11, Technologie, déploiement, sécurisation, Philippe Atelin, Eni, 2008.
- [2] Réseaux de capteurs - Théorie et modélisation, David Simplot, Ryl Eric Fleury, Hermes Science Publications, 2009.
- [3] NFC (Near Field Communication) - Principes et applications de la communication en champ proche, Dominique Paret, Xavier Boutonnier, Youssef Houiti, 2012.
- [4] Designing the Internet of Things, Adrian McEwen et Hakim Cassimally, John Wiley & Sons, 2013

Unité d'enseignements : Réseaux mobiles et sans fil

Module : Projet Expérimentation de l'IOT

Prérequis :

IoT, Big Data, Développement web, sécurité, cloud, systèmes embarqués

Objectifs :

- Mener un projet IoT personnalisé en implémentant toute la chaîne IoT depuis les capteurs jusqu'au traitement et l'affichage des données
- Ce PROJET se déroulera sous forme d'un atelier pour synthétiser les différents concepts liés à l'IoT (réseaux IoT, Cloud, Big Data, objets embarqués, machine learning). L'étudiant implémentera une architecture IoT complète : capteurs-gateway-serveur-applications.

Contenu du module

Ce PROJET se déroulera sous forme d'un atelier pour synthétiser les différents concepts liés à l'IoT (réseaux IoT, Cloud, Big Data, objets embarqués, machine learning). L'étudiant implémentera une architecture IoT complète : capteurs-gateway-serveur-applications.

Bibliographie

Designing the Internet of Things, Adrian McEwen et Hakim Cassimally, John Wiley & Sons, 2013

Unité d'enseignements : Réseaux et sécurité I

Module : Administration et supervision des réseaux

Prérequis : Concepts de base des réseaux, protocoles, routage, configuration de base des équipements réseaux IoS Cisco, programmation sous Unix, communications client/serveur

Objectifs :

- Se familiariser avec les concepts de base de l'administration/supervision des réseaux
- Étudier les différents mécanismes qui permettent la gestion de la configuration, des performances, des fautes et de la documentation dans les réseaux
- Étudier la famille de protocoles SNMP
- Mise en place de plateformes d'administration réseau telles que HP OpenView, NAGIOS, ...

Contenu du module

Chapitre 1 : Concepts de base de l'administration des réseaux

1. Administration des réseaux selon :
 - le modèle informationnel
 - le modèle fonctionnel FCAPS
 - le modèle architectural
 - le organisationnel
 - le modèle de communication
2. Les normes et les standards de l'administration réseau
3. Outils de base de la supervision appliqués à l'IoS Cisco, Linux et windows : ping, traceroute, route, host, netstat, ...

Chapitre 2 : Gestion de la documentation

1. Pourquoi la documentation des réseaux ?
2. Inventaire des ressources réseaux (fichier texte, BD)/étiquetage
3. Automatisation de la documentation : IpPlan, Netdisco

Chapitre 3 : Configuration des services et des applications

1. Configuration des services : DNS, DHCP, LDAP, NFS, NIS, SAMBA
2. Configuration des applications : telnet, ssh, transfert de fichiers, web, messagerie
3. Gestion de la configuration : archivage manuel, automatique, contrôle de version : CVS, Subversion

Chapitre 4 : Famille de protocoles SNMP pour la gestion des réseaux

1. Architecture : NMS, Agents, SMI
2. Notions de Mib et Oid
3. Spécification SMI
4. Requêtes et messages SNMP
5. SNMP v2 et v3

Chapitre 5 : Gestion des performances

1. Notion de flux : unidirectionnel/bidirectionnel, agrégation de flux, descripteur de flux
2. Génération, collecte et analyse de trafic : (probes -Intermapper, sondes RMON, MIB-RMON, capture et analyse -tcpdump/whireshark/ RMON)
3. Netflow de Cisco
4. IPFIX
5. Testeur de charge PRTG
6. Équilibrage de charge

Chapitre 6 : Gestion des fautes

1. Gestion des logs dans les équipements et serveurs : syslog/rsyslog
2. Systèmes de tickets : request tracker, trac

Travaux pratiques

- TPs pour la configuration des services et applications réseaux
- tcpdump, InterMapper, Wireshark,
- Snmp-walk, Hp-OpenView
- Netconf
- Syslog
- Installation, configuration et administration de la plateforme d'administration Nagios
- TP Mise en place d'un observateur de trafic avec RMON pour le contrôle d'une application client/serveur. L'objectif est de savoir configurer une sonde RMON pour contrôler l'accès à une application serveur.

Bibliographie

- [1] G. Pujolle, « Les réseaux », éditions Eyrolles, année 2014.
- [2] L. Toutain, « Réseaux locaux et Internet : Des protocoles à l'interconnexion », Editions Hermes Science Publications, 3^{ème} édition, Mars 2003.
- [3] A. Tanenbaum, « Computer Networks », <http://iips.icci.edu.iq/images/exam/Computer-Networks--A-Tanenbaum---5th-edition.pdf>, consulté Mars 2018.
- [4] « LPIC-2: Linux Engineer”, <http://www.lpi.org/our-certifications/lpic-2-overview>, consulté Mars 2018.

Unité d'enseignements : Réseaux et sécurité 1

Module : Cryptographie avancée

Prérequis : mathématiques de l'ingénieur, congruences et arithmétiques modulaires.

Objectifs : Au terme du cours, l'étudiant (e) maîtrisera les procédés cryptographiques modernes et leur utilisation dans les systèmes informatiques. Il sera aussi capable de proposer des solutions sécurisées faisant appel à des procédés cryptographiques adéquats pour les systèmes à sécuriser.

Contenu du module

- I. Cryptographie à courbes elliptiques
 1. Préliminaire mathématiques (corps fini, problèmes DLP et ECDLP, opérations sur les courbes elliptiques...etc)
 2. Cryptosystème MV à courbes elliptiques, De DH vers ECDH, ECDSA
 3. Applications (SSL et HTTPS par exemple)
- II. Cryptographie à base d'identité
 1. Principe, Préliminaires mathématiques (pairing....etc)
 2. Algorithme de Boneh-Franklin,
 3. Solutions au problème du « key escrow »
 4. Applications
- III. Cryptographie à seuil
 1. Principe, Préliminaires mathématiques,
 2. Algorithmes de partage de secret (shamir, pederson, Feldman...etc),
 3. Applications (ad hoc, IoT, authentification à seuil...)
- IV. Cryptographie quantique
 1. Le protocole BB84
 2. intrication
 3. calcul et algorithmes quantiques
 4. cryptographie post-quantique
- V. Blockchain
 1. principes (désintermédiation, sécurité et autonomie)
 2. blockchain bitcoin
 3. blockchain ethereum
 4. protocoles de consensus distribués
 5. blockchain en pratique

Travaux pratiques

TP1 : JcrypTool (cryptographie à courbes elliptiques/ à seuil/ ECDH...etc)

TP2 : TP avec CRYPTO++ (pairing, IBE)

TP3 : TP blockchain

Bibliographie

1. AppliedCryptography, volume 6 of Discrete Mathematics and Its Applications, CRC Press, 2001.
2. Williams Stallings, Cryptography and Network Security: Principles and Practice (7th Edition)
3. S. Iftene, Secret Sharing Schemes with Applications in Security Protocols, TR 07-01, January 2007.
4. D. Boneh and M. Franklin, "Identity-based encryption from the weil pairing," in Advances in CryptologyCRYPTO 2001. Springer, 2001, pp. 213–229.
5. *R. Boussada, M. H. Elhdhili, L. Saidane, Toward Privacy Preserving in IoT E-health Systems: A Key Escrow Identity-based Encryption Scheme. CCNC 2018, DOI: [10.1109/CCNC.2018.8319218](https://doi.org/10.1109/CCNC.2018.8319218)*

Unité d'enseignements : Technologies et protocoles des réseaux étendus

Module : Communications optiques

Prérequis : Connaissances générales en optique géométrique, connaissances en ondes et propagation, connaissance des outils classiques de traitement du signal (transformée de Fourier, probabilités ... etc.)

Objectifs :

- Se familiariser avec les différents éléments du système de communication optique.
- Étudier les notions fondamentales associées au design, à l'analyse et aux tests de performance des systèmes de transmission à fibre optique et des réseaux optiques

Contenu du module

- I. Les réseaux optiques
 1. Principes fondamentaux et analyse des principaux éléments d'un système de transmission à fibre optique
 2. Fibre optique : atténuation, dispersion chromatique, PMD, effets non linéaires
 3. Transmetteurs et Récepteurs optiques
 4. Techniques de modulation et de multiplexage du signal
 5. Amplificateurs optique
- II. Design d'un système de transmission à fibre optique
 1. Architecture et composants
 2. Budget de puissance
 3. Systèmes optique à plusieurs longueurs d'onde (réseaux optiques WDM)
- III. Réseaux d'accès optiques
 1. Vue générale d'une architecture FFTH (internet, nœud de raccordement optique, point de mutualisation, point de branchement, abonnés)
 2. Les standards PON (Passive Optical Network) et GPON (Gigabit Passive Optical Network)
 3. La technologie WDM (Wavelength Division Multiplexng) en GPON
 4. Evolution NG-PON Liens entre fibres optiques et Ethernet
 5. La qualité de service (QoS), l'isolation logique des réseaux grâce aux VLAN (Virtual Local Area Network)
 6. Gestion des services Atouts et performances de chaque technologie
- IV. Simulation des réseaux optiques
 1. Introduction aux outils de simulation et d'analyse de performance,
 2. Techniques de tests et mesures applicables aux systèmes de communication optique.

Bibliographie

1. Jeff Hecht, City of Light, The Story of Fiber Optics, Oxford University Press, New York, 1999.

2. Pierre Lecoy, Télécom sur Fibres Optiques, Hermès-Lavoisier, Paris, 2007.

Unité d'enseignements : Technologies et protocoles des réseaux étendus

Module : Réseaux étendus et réseaux d'opérateurs

Prérequis : Réseaux, CCNA1-2.

Objectifs :

Ce cours est un cours de certification Cisco CCNA 3-4 qui permet aux étudiants d'acquérir des compétences dans le domaine des réseaux. Ce cours va permettre aux étudiants de voir les technologies permettant l'évolutivité des réseaux et de créer des réseaux LAN étendu en plus des techniques et protocoles de redondance des équipements dorsaux. Finalement ce cours traite les technologies WAN de haut débit et le routage dans les backbones WAN.

Contenu du module :

Chapitre 1 : Introduction à l'évolutivité du réseau

Redondance LAN

Agrégation des liaisons

Chapitre 2 : Réseaux locaux sans fil

Chapitre 3 : Protocoles OSPF à Zones Multiples

Chapitre 4 : Protocole de routage EIGRP

Chapitre 5 : Conception hiérarchique du réseau

Chapitre 6 : Connexion WAN

Chapitre 7 : Solutions haut débit

Chapitre 8 : Sécurisation de connexion site à site

Chapitre 9 : Introduction à BGP

Bibliographie :

- Cours en ligne, "CCNA Routing and Switching : Présentation des réseaux," accessible sur le site de Cisco avec le compte de l'académie Cisco sous <http://www.netacad.com>.
- Cours en ligne, " Routage et commutation CCNA : notions de base sur le routage et la commutation," accessible sur le site de Cisco avec le compte de l'académie Cisco sous <http://www.netacad.com>

Unité d'enseignements : Outils d'évaluation des réseaux

Module : Simulation des réseaux

Prérequis : probabilité, file d'attente, mathématiques de l'ingénieur

Objectifs : Au terme du cours, l'étudiant(e) maîtrisera les principes de la simulation des réseaux et le fonctionnement des simulateurs.

Contenu du module

- I. Introduction à la simulation des réseaux
- II. Emulation des réseaux informatiques
- III. Modélisation des systèmes
- IV. Simulation à événements discrets
 1. La simulation à événements discrets
 2. La génération des nombres aléatoires
 3. Échéancier et gestion des événements
 4. Traitement des échantillons statistiques
 5. Intervalles de confiance
- V. Etude d'un simulateur (Jsim ou Omnet++, GNS3, ou autre)

Travaux pratiques

TP: Simulation d'un réseau de capteur ou autre sous OMNET++ ou Jsim ou GNS3 ou autre simulateur

Bibliographie

Des tutoriaux sur le site officiel de OMNet++ , de JSim, GNS3, ...

Unité d'enseignements : Outils d'évaluation des réseaux

Module : Modélisation stochastique

Prérequis : Probabilités

Objectifs : Familiariser l'élève avec les principaux outils et concepts de la modélisation stochastique. L'élève sera capable de modéliser et analyser un phénomène aléatoire simple à l'aide des modèles stochastiques proposés.

Contenu du module

- I. Rappels de probabilités
- II. Probabilité conditionnelle et espérance conditionnelle
- III. Les chaînes de Markov (avec applications diverses notamment à la gestion des stocks et files d'attente).

Bibliographie

1. Arthur Engel « Processus aléatoires pour les débutants », Vuibert, 2011.
2. Sheldon M. Ross « Introduction to probability models », Academic Press, 2003.

Unité d'enseignements : Services Web & développement mobile et réseaux

Module : Développement des applications et services web

Prérequis :

- Connaissances de Java EE et posséder une expérience pratique du développement Java EE.
- Connaissance du HTML et posséder une expérience pratique du développement web.
- Connaissance de JavaScript ou de TypeScript.

Objectifs :

Développer plus rapidement des applications web performantes de meilleure qualité :

- Être capable de développer des applications transactionnelles sûres, extensibles et très performantes avec **Java EE** (JSF2, JPA, EJB3, et AJAX) et les frameworks **Spring** (Boot, Data, MVC, Security)
- Être capable de développer des applications web **Angular 2** performantes avec JavaScript et TypeScript
- Être capable de développer des applications web performantes avec **ReactJS**
- Maîtriser les concepts avancés de **Node.js**, tant d'un point de vue objets avancés JavaScript, programmation fonctionnelle, paradigme asynchrone, ES6, que de performance et qualité des applications Node.js.
- Maîtriser les concepts avancés des **web Services : Rest & Soap**
- Maîtriser les concepts avancés des Outils de build **Ant, Maven & Gradle**

Contenu du module

- **Chapitre 1 – Rappel Composants web**
 - Servlets et JSP - Approfondissement
 - EJB 3 - Approfondissement
 - Architecture d'une application web
- **Chapitre 2 - Frameworks Spring**
 - Spring Approfondissement - Spring Boot - Spring Data - Spring Batch - Spring Security - Spring MVC : Approfondissement - Spring MVC + Hibernate - Spring MVC + EJB 3
- **Chapitre 3 - Frameworks web MVC**
 - JSF 2 - Approfondissement
 - JSF 2 + AJAX - Approfondissement
 - JSF 2 + JPA - Approfondissement
 - JSF 2 + Hibernate - Approfondissement
- **Chapitre 4 – Node JS**

- Node JS - Approfondissement
- **Chapitre 5 – Angular**
 - Angular JS - Approfondissement
 - Angular 2 - Approfondissement
 - Angular 4 - Approfondissement
- **Chapitre 6– React JS**
 - React Native JS – Approfondissement
- **Chapitre 7- Services web**
 - Web Services Soap - Approfondissement
 - Restful Web Services - Approfondissement

Travaux pratiques

- **TP1- Environnement & Développement web**
 - Eclipse + Java SE 8 (Utilisation Avancée)
 - Multi-threading et gestion de la mémoire en Java
 - Sécurité Java SE/Java EE
- **TP2- Outils de build**
 - Maven - Approfondissement
 - Ant - Approfondissement
 - Gradle - Approfondissement
- **TP3- Spring**
 - Boot
 - MVC
 - Data
- **TP4- JSF2**
 - JSF2
 - JPA/Hibernate
 - Ajax
- **TP5- Node.js**
 - Node JS
- **TP6- Angular**
 - Angular 5
- **TP7- React**
 - React Native

Bibliographie

1. Agile Java Development with Spring, Hibernate and Eclipse, Anil Hemrajani, Developer's Library, 2016, ISBN 9780672328961

2. JSF 2 avec Eclipse: Développement d'applications web avec Java Server Faces Expert IT, François-Xavier Sennesal, Édition 2, Editions ENI, 2014, ISSN 1958-9913,
3. Développement Web avec J2EE ' , O' Reilly, Eric Carrion, Paris, 2015, ISBN 2-35402-140-2
4. AngularJS: Développez aujourd'hui les applications web de demain, Expert IT, ISSN 1958-9913, Sébastien Ollivier, Pierre-Alexandre Gury, Editions ENI, 2015, ISBN 2746093340
5. Node.js: Exploitez la puissance de JavaScript côté serveur, Expert IT, ISSN 1958-9913, Julien Fontanet, Olivier Lambert, Editions ENI, 2015, ISBN 2746089785,
6. Tutoriaux OpenClassroom

Unité d'enseignements : Services Web & développement mobile et réseaux

Module : Développement des applications mobiles

Prérequis :

- Bonnes connaissances de la programmation et d'un langage orienté objet (C++, Java, C#, PHP5 objet, etc.)
- Connaissance du HTML et posséder une expérience pratique du développement web.
- Connaissance de JavaScript.

Objectifs :

Concevoir, prototyper et développer des applications mobiles, hybrides multiplateformes et native Android :

- Apprendre toutes les bases du développement d'applications **Android**
- Apprendre les fondamentaux du langage **Kotlin** qui est un langage moderne pour développer des applications pour **Android**.
- Apprendre toutes les bases du développement d'applications en environnement **iOS (Apple)**
- Apprendre le langage **Swift** qui est un langage moderne, populaire, simple à apprendre, puissant et passionnant à utiliser. C'est le langage incontournable pour développer des applications pour **iPhone et iPad**.
- Être capable de développer des **applications web Mobile** performantes avec **React Native**

Contenu du module

- Chapitre 1 – Plateforme Android
- Chapitre 2 – Développement Android avec Kotlin
- Chapitre 3 - Plateforme iOS
- Chapitre 4 – Développement iOS avec Swift
- Chapitre 5 – Développement Mobile avec React Native

Travaux pratiques

- TPs- Android
- TPs- Kotlin
- TPs- iOS
- TPs- Swift
- TPs- React Native

Bibliographie

- Développez une application Android: programmation en Java sous Android Studio, Expert IT, Sylvain Hébuterne, Editions ENI, 2015, ISBN 2746097087
- Android Development with Kotlin, Marcin Moskala, Igor Wojda, Packt Publishing Ltd, 30 août 2017
- Swift pour les Nuls, Jesse FEILER, edi8, 2016, ISBN 2754085947
- Getting Started with React Native, Ethan Holmes, Tom Bray, Packt Publishing, 18 déc. 2015
- Tutoriaux OpenClassroom

Unité d'enseignements : Services Web & développement mobile et réseaux

Module : Projet python avancé pour les réseaux

Prérequis : Algorithmique, programmation orientée objet, protocoles tcp/udp

Objectifs : L'objectif du présent module est de familiariser les étudiants avec un outil de développement très utilisé de nos jours dans les applications réseaux ; le langage de scripte *Python*. Après une phase d'apprentissage du langage et la découverte des principales bibliothèques réseaux, les étudiants doivent réaliser deux mini-projet. Le premier est un mini-projet simple suivi d'un mini-projet dans le domaine IOT.

Contenu du module

I Introduction :

- Fondements de base du langage de script python

II Les sockets :

- Construction d'un serveur
- Construction d'un client
- Gestion des threads
- Client gérant l'émission et la réception simultanées
- Serveur gérant les connexions de plusieurs clients en parallèle

III Mini-Projet1 : Développement d'une application Client/Serveur

IV Mini-Projet2 : Développement d'une application IOT en python et bluemix

Bibliographie

Swinnen, G. (2005). *Apprendre à programmer avec Python*. O'Reilly.

Brucher, M. (2008). *Python: les fondamentaux du langage, la programmation pour les scientifiques*. Presses Sorbonne Nouvelle.

Hillar, G. C. (2016). *Internet of Things with Python*. Packt Publishing Ltd.

**Descriptif des modules de la spécialité Ingénierie et
Développement des Infrastructures et des Services de
Communications (IDISC)
Cinquième semestre**

Unité d'enseignements : Virtualisation des systèmes et des réseaux

Module : Virtualisation des systèmes et Cloud Computing

Prérequis :

Une bonne connaissance des systèmes d'exploitation, des serveurs, des démons, etc.

Objectifs :

Comprendre les principes et les mécanismes de la virtualisation des systèmes d'exploitation ainsi que les différentes solutions de virtualisation
Connaître les concepts de base du cloud computing ainsi que l'architecture de référence d'un cloud et les différents modèles de déploiement

Contenu du module

Partie 1 Virtualisation :

1. Hyperviseurs : type 1 et type 2
2. Différents types de virtualisation : virtualisation complète, para-virtualisation, Isolateurs
3. Les principales solutions de virtualisation : XEN, KVM, Vmware ESX, Hyper-V, OpenVZ, LXC, VirtualBox
4. Domaines d'applications
5. Virtualisation de stockage

Partie 2 : Cloud computing :

1. Terminologie et concepts, Valeur ajoutée
2. Modèles de déploiement
3. Architectures de référence (NIST)
4. Caractéristiques spécifiques d'une architecture cloud : Elasticité & Scalabilité, Résilience, Sur demande, Utilisation mesurée
5. Modèles de déploiement Architecture : Public Cloud, Private Cloud, Hybrid Cloud et Community Cloud Deployment Models
6. Les modes de délivrance : Software as a Service (SaaS), Platform as a Service (PaaS), Infrastructure as a Service (IaaS) & Data as a Service (DaaS)
7. La combinaison des modes de délivrances.
8. Les différents rôles : Administrateurs de ressources Cloud / Propriétaire de service cloud
9. Service Cloud & consommateur de services Cloud

Partie 3 : Impact du cloud computing sur le métier des entreprises

1. Scalabilité & Sécurité
2. Métrique et formules de calcul du cout pour comparer les solutions cloud et les solutions On-Premise
3. Agréments de qualité de service (SLAs) pour les ressources Cloud
4. Bénéfices, challenges et risks des architectures et plateformes contemporaines de Cloud Computing & de services Cloud

Travaux dirigés pratiques :

- Virtualisation : VirtualBox, Vmware
- Etude pratique de solutions de quelques solutions cloud : OpenStack / CloudStack / Docker / Kubernetes/ Amazon AWS / Microsoft Azure / Google Cloud

Bibliographie

[1] Hugos, M., & Hultzky, D. (2011). *Business in the cloud: What every business needs to know about cloud computing*. Hoboken, NJ: John Wiley & Son, Inc..

- [2] Kushida, K., Murray, J., & Zysman, J. (2011). Diffusing the cloud: Cloud computing and implications for public policy. *Journal of Industry, Competition and Trade*, 11(3), 209-237.
- [3] Mather, T., Kumaraswamy, S., & Latif, S. (2009). *Cloud security and privacy*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc..

Unité d'enseignements : Virtualisation des systèmes et des réseaux

Module : Virtualisation et softwarisation des réseaux : SDN et NFV

Prérequis :

Une bonne connaissance des systèmes d'exploitation, des serveurs, des démons, architectures et protocoles réseaux ainsi que l'administration et la supervision des réseaux

Objectifs :

Comprendre les principes et les mécanismes de la virtualisation/softwarisation des réseaux
Manipulation des outils de base de la virtualisation réseaux : openstack, openflow, opendaylight, NetConf/Yang

Contenu du module

Introduction

1. Réseaux classiques vs réseaux modernes
2. Traitements classiques vs traitement modernes
3. Besoins de la softwarisation et de la virtualisation des réseaux

Chapitre 1 : OpenFlow

1. Séparation du plan de contrôle de du plan de données
2. Commutation dans un switch L2/L3 selon OpenFlow
3. Composants d'un réseaux OpenFlow (contrôleur, canal, openflow L2/L3 switch)
4. Traitement en pipeline et Flux des paquets

Chapitre 2 : SDN

1. Besoins d'un SDN : Visibilité, facteur d'échelle, automatisation, programmabilité, orchestration, virtualisation, performance, intégration de services
2. Architecture d'un SDN
 - 1.1. Niveau Infrastructure
 - 1.2. Niveau contrôleur
 - 1.3. Niveau applicatif
3. Modèles de SDN
 - 1.4. SDNs basés sur les APIs programmable (YANG/Netconf, Rest, CLI)
 - 1.5. SDNs basés sur les contrôleurs : OpenDayLight
 - 1.6. SDNs basés sur la virtualisation des réseaux
4. SDN et fonctions d'orchestration

Chapitre 3 : NFV

1. Qu'est ce que le NFV
2. NFV vs SDN
3. Composants NFV
4. NF
5. VNF/ VNF Set/ VNF Forwarding graph
6. NFVI
7. Architecture NFV

Chapitre 4: Cas d'études

1. Wireless LAN
2. Mobile NFV

Travaux pratiques

- NetConf/Yang, Rest
- OpenFlow/Openaylight
- NFV Openstack

Bibliographie

- [1] MICHEL S. BONFIM, KELVIN L. DIAS, and STENIO F. L. FERNANDES, Universidade Federal de Pernambuco , «Integrated NFV/SDN Architectures: A Systematic Literature Review », ACM Computing Survey, 2018.
- [2] B. Martinussen (Cisco), “Introduction to Software Defined Networks (SDN),” April 2013, http://www.cisco.com/web/europe/ciscoconnect2013/pdf/DC_3_SDN.pdf
- [3] <http://www.sdncentral.com/sdn-use-cases/> □ Open Data Center Alliance Usage Model: Software Defined Networking Rev 1.0
- [4]http://www.opendatacenteralliance.org/docs/Software_Defined_Networking_Master_Usage_Model_Rev1.0.pdf □ SDN and NFV: Facts, Extensions, and Carrier Opportunities by Prof. Raj Jain

Unité d'enseignements : Réseaux avancés et Ingénierie

Module : Evolution et migration vers la 5G

Prérequis :

- Connaissances de base en télécommunications
- Réseaux sans fils
- Réseaux radio mobiles cellulaires

Objectifs :

Ce cours introduit les technologies avancées : Cloud/Cloud-RAN, M2M, IoT, IoT-Bigdata, à travers des nouveaux besoins et des nouveaux concepts relatifs à la 5G.

Contenu du module

I Evolution vers la 5G

- Coté Radio :
 - Un OFDM filtré, Les FBMC, UFMC, GFDM, F-OFDM.
 - Du neuf du côté du duplex et de la structure : FDD/TDD, TDD dynamique, canal Full Duplex, Structure Trame/Soustrame.
 - De nouvelles techniques DMA : Non Orthogonal Multiple Access (NOMA), Sparse Code Multiple Access (SCMA).
 - Evolutions MIMO : du MIMO Spatial Multiplexing au Massive MIMO.
 - Nouvelles formes de Carrier Agrégation.
 - Du nouveau du côté Codage Canal : LDPC et Polar Code.
 - Evolutions diverses : Time Reversal, Modulations FQAM & APSK.
- Côté Réseau :
 - L'approche SDN : principes, protocoles et interfaces.
 - Du SDN à la virtualisation : principes, protocoles et interfaces.
 - Concept NFV : principes, initiative ETSI, exemple de virtualisation d'un coeur de réseau LTE.
 - Du RAN au Cloud RAN
 - Vers un réseau plus flexible : network slicing, séparation contrôle/data, apport du CDN, chaînage des services.
 - Point sur l'avancement du standard 5G 3GPP côté Radio et côté architecture.
 - Les solutions d'interopérabilité 4G (LTE) - 5G (NR).

- Coté Services :
 - Du neuf du côté Audio et Vidéo : de l'AMR à l'EVS, du H.261 au H.265, évolutions vidéo DASH.
 - L'essor du M2M (Machine-to-Machine) et de l'loT (Internet of Things) : du LTE-M au NB-LoT
 - Les applications critiques : GCSE, MCPTT, D2D vers des solutions public safety 5G.
 - Les applications véhiculaires : de V2V à V2X.
 - Les applications Multicast et Broadcast 5G : de l'eMBMS 4G à un eMBMS 5G

II 5G & Wi-Fi

- Quelques rappels WLAN (Wi-Fi) : architecture, interface radio & services
- Wi-Fi : Ami ou Ennemi ?
- Du modèle UMA/GAN au modèle ePDG
- Femtocell
- Modèle Wi-Fi Hotspot 2.0
- LTE & Unlicensed Band
- Carrier Aggregation Wi-Fi - LTE
- Place du Wi-Fi en 5G

III 5G et Cloud RAN

- Architecture Cloud RAN
- Structure logique du Cloud RAN
- Méthodes d'accès dans les Cloud RAN
- Virtualisation dans le Cloud RAN
- Core Cloud RAN

IV 5G et M2M/loT

- Définition : M2M et Internet of Things
- Domaines d'application du M2M et de loT et architectures de service associées
- Architecture WEB/REST/COAP/LWM2M pour la mise en œuvre des architectures M2M/loT
- Architecture de réseau 3GPP MTC (Machine Type Communication) pour la prise en charge des services M2M de manière optimisée
- Les protocoles de communication et réseaux supports de l'loT

IV 5G et loT/Big data

- Big Data Overview
- Caractéristiques du Big Data
- Solutions du Big Data
- Exemple de plateformes d'analyse du Big Data
- Besoin des Big Data pour le loT/M2M
- Architecture générale de loT-Big Data
- Défis pour loT-Big Data

- Besoins clés pour les services IoT-Big Data
- Exemple d'usage du Big Data dans IoT

Bibliographie

1. YannikBoughen, Eric Hardouin, Francois – Xavier Wolf, LTE et les réseaux 4G, Edition Eryolles, 2013
2. Pierre Beaufils, ZiedChoukair, Sami Tabbane, Réseaux 4G, Hermès-Lavoisier 2008
3. Olivier Hersent, David Boswarthick, Omar Elloumi, L'internet des objets, les principaux protocoles M2M et leur évolution vers IP, Dunod.
4. Yannick Bouguen, Eric Hardouin, François-Xavier Wolff, LTE et les réseaux 4G, EditionEryolles, octobre 2012
5. HarriHolma, AnttiToskala, UMTS: Les réseaux mobiles de troisième génération, août 2001.
6. André Pérez, *La voix sur LTE, réseau 4G et architecture IMS*, Hermès-Lavoisier 2016
7. Olivier Hersent, David Boswarthick, Omar Elloumi, *L'internet des objets, les principaux protocoles M2M et leur évolution vers IP*, Dunod 2016.

Unité d'enseignements : Réseaux avancés et ingénierie

Module : Ingénierie des réseaux radio mobiles

Prérequis :

- Connaissances de base en télécommunications
- Connaissances de base sur les antennes et propagation radio : MIMO,...
- Notion de techniques de multiplexage et accès : FDMA, TDMA, WCDMA, SC FDMA, OFDMA,...
- Notion de de files d'attente,
- Lois d'Erlang
- Principales normes des réseaux mobiles cellulaires 3GPP R6 et au-delà (3G, 3,9 G, 4G, 4G avancé) ainsi que les techniques avancés (Carrier Aggregation, MIMO amélioré, COMP, mode Relay, Concept SON (Self-organisation Network), femtocells 4G, mode relai, LTE et ses évolutions PMR : GSE à MCPTT, D2D et ProSe,...
- Rappel utile sur l'évolution vers la 5G : M2M/IoT, IoT/Bigdata, Cloud/Cloud RAN virtualisé, ...

Objectifs :

L'essor des systèmes radio mobiles cellulaires, ces vingt dernières années, a permis d'offrir aux usagers en tout lieu une large gamme de services allant désormais bien au-delà du service de voix. La qualité expérimentée par le client est intimement liée aux techniques employées dans le réseau d'accès mais également aux choix de dimensionnement effectués. La partie radio constitue le goulot d'étranglement du réseau d'accès et doit être dimensionnée pertinemment pour que la qualité attendue soit au rendez-vous.

Ce cours est axé sur la dimension radio des solutions 2G (GSM/GPRS), 3G (UMTS/HSPA) et 4G (LTE/LTE-A) vers la 5G (M2M/IoT, cloud RAN virtualisé,...). Elle permet de mieux comprendre les choix technologiques effectués à chacune des étapes de cette rapide évolution, de maîtriser les concepts, les paramètres et les outils incontournables pour dimensionner et déployer de tels réseaux. Elle s'ouvre en outre sur la démarche indispensable d'optimisation qui accompagne la vie des solutions déployées.

Contenu du module

I Ingénierie et concepts radio :

- Fondements des réseaux radio
 - Tailles et types de cellules

- Affectation de fréquences
- Réutilisation de fréquences
- Propagation et canal radio
- Modèles de prédiction de couverture
- Interférences et paramètres de QoS (taux de blocage, taux de rejet d'appel handover, taux de dépassement,
- Concepts cellulaires
 - Intérêt du concept : motif de réutilisation
 - Motif hexagonal régulier
 - Distance de réutilisation des fréquences
 - Facteur de réutilisation des fréquences
 - Trisectorisation
 - Systèmes limités par les interférences

II Dimensionnement et prédiction de la couverture des réseaux de 3ème et 4ème générations

- Bilan de puissance et couverture
 - Marge d'interférence
 - Marge de fast fading
 - Gain de soft handover
 - Exemples de calcul du Bilan de puissance : service voix, service données, service vidéo
- Facteur de charge et efficacité spectrale
- Capacités et couverture
 - Prédiction de la capacité
 - Outils de planifications
 - Modélisation des performances
 - Etude de cas : HSPA, LTE, LTE avancé
- Optimisation d'un réseau radio : compteurs et indicateurs clés de performance

III Processus de dimensionnement et planification des réseaux IoT

- Introduction au processus de dimensionnement et planification de réseaux sans fil
- Spécificités et Impacts de l'internet des objets en planification et dimensionnement de réseaux
- Dimensionnement de réseau IoT
 - Modélisation des types de trafics
 - Dimensionnement en fonction de la bande passante
 - Dimensionnement de la capacité du réseau
 - Processus d'intégration du dimensionnement et de la planification
 - Cas pratiques
- Planification de réseaux IoT
 - Choix des caractéristiques des équipements (gateways, end devices)
 - Calibration d'un modèle de propagation en fonction de la zone
 - Bilan de liaison

- Cas pratiques

Bibliographie

Mounir Frikha, *Planification et simulation des réseaux*, Hermès-Lavoisier 2007

1. Sami Tabbane, *Réseaux mobiles*, Hermès-Lavoisier
2. Yannick Bouguen, Eric Hardouin, François-Xavier Wolff, *LTE et les réseaux 4G*, Edition Eryolles, octobre 2012
3. Harri Holma, Antti Toskala, *UMTS: Les réseaux mobiles de troisième génération*, août 2001
4. André Pérez, *La voix sur LTE, réseau 4G et architecture IMS*, Hermès-Lavoisier 2016
5. Olivier Hersent, David Boswarthick, Omar Elloumi, *L'internet des objets, les principaux protocoles M2M et leur évolution vers IP*, Dunod 2016.

Unité d'enseignements : Réseaux avancés et ingénierie

Module : projet Evaluation de performances des réseaux avancés

Prérequis :

- Notions de base sur les réseaux
- Architectures et protocoles réseaux
- Réseaux radio mobiles
- Réseaux sans fil
- M2M
- Evolution et migration vers 5G

Objectifs :

- Travail personnel de synthèse horizontale sur les réseaux radio de nouvelles générations du GSM à HSDPA/HSUPA /LTE vers 5G et l'évolution vers le tout IP mettant en œuvre les acquis de la spécialité.

Contenu du module

I Evaluation des paramètres de QoS des systèmes radio mobiles de 3G à 5G (HSPA, LTE, 5G/D2D, 5G/M2M, 5G/CloudRAN,... à base de quelques simulateurs et émulateurs open sources et de virtualisation (OMNET, NS3, NSE, Matlab, ...)

II Ingénierie radio

- Manipulation cartographique de quelques zones de services (MAP Info, GIS,...)
- Planification, optimisation de la couverture radio et calcul du bilan de liaison des réseaux 3G et au-delà
- Dimensionnement et planification des réseaux 5G : M2M, IoT et la relation entre l'IoT et le Big data

Bibliographie

1. Mounir Frikha, Planification et simulation des réseaux, Hermès-Lavoisier 2007
2. Sami Tabbane, Réseaux mobiles, Hermès-Lavoisier

3. Yannick Bouguen, Eric Hardouin, François-Xavier Wolff, LTE et les réseaux 4G, Edition Eryolles, octobre 2012
4. Harri Holma, Antti Toskala, UMTS: Les réseaux mobiles de troisième génération, août 2001
5. www.openimscore.org RFC 3588 "Diameter Base Protocol", September 2003
6. André Pérez, La voix sur LTE, réseau 4G et architecture IMS, Hermès-Lavoisier 2016
7. Olivier Hersent, David Boswarthick, Omar Elloumi, L'internet des objets, les principaux protocoles M2M et leur évolution vers IP, Dunod 2016.

Unité d'enseignements : Réseaux & Sécurité II

Module : Sécurité des infrastructures

Prérequis :

Des notions générales sur les réseaux (pile TCP/IP, ARP, DNS,...) et des notions de base en cryptographie

Objectifs :

- Se familiariser avec le vocabulaire de la sécurité.
- Comprendre les concepts de base utilisés en sécurité des réseaux.
- S'initier aux mécanismes et protocoles de sécurité des réseaux.
- Acquérir les notions de sécurité des réseaux
- Acquérir les notions de sécurité des données en local

Contenu du module

- **Méthodes d'authentification**
 - ↳ Le processus de hachage
 - ↳ Mots de passe sécurisés
 - ↳ Les signatures numériques
 - ↳ PKI et les certificats numériques
 - ↳ EAP/802.1x
 - ↳ Single Sign-on
- **Protocoles/ Tunnelés sécurisés**
 - ↳ Les VPNs
 - ↳ SSL/TLS
 - ↳ IPSec
 - ↳ PPTP
- **IDS/IPS**
 - ↳ Les techniques de détection
 - ↳ Emplacement des IDS
 - ↳ Les différentes actions des IDS
 - ↳ IDS vers IPS
- **Sécurité des réseaux sans fil**
 - ↳ Introduction aux WLAN
 - ↳ Attaques contre les WLAN
 - ↳ Conséquences des Attaques
 - ↳ Mesures de sécurité
 - ↳ la norme de sécurité IEEE 802.1X
 - ↳ WPA/WPA2
- **Firewalls**
 - ↳ Rôle des firewalls
 - ↳ types de firewalls
 - ↳ Firewalls paquets sans/avec état
 - ↳ Firewalls applicatifs
 - ↳ UTM
 - ↳ Firewall Next Gen

Travaux pratiques

- TP 1: Authentification avec Kerberos
- TP 2: Authentification avec Radius (802.1x)
- TP 3: Mise en place d'un VPN SSL/IPSec entre routeurs et entre des machines Linux et Windows
- TP 4: HTTPS
- TP 5: SNORT IDS
- TP 6: Sécurité WIFI
- TP 7: PFSense & Fw iptables (ainsi la manipulation de produits pro telsque Cisco ASA et Fortigate)

Bibliographie

1. Applied Cryptography, volume 6 of Discrete Mathematics and Its Applications, CRC Press, 2001.
2. Williams Stallings, Cryptography and Network Security: Principles and Practice (7th Edition)
3. S. Iftene, Secret Sharing Schemes with Applications in Security Protocols, TR 07-01, January 2007.
4. Des tutoriaux sur les sites officiels de PFSense, SNORT, CISCO, Fortinet, Linux et Microsoft.

Unité d'enseignements : Réseaux et sécurité 2

Module : Audit de sécurité et Pentest

Prérequis : Cette formation requiert d'avoir une culture dans le domaine de la sécurité de l'information et Des connaissances techniques de base en matières de réseaux, systèmes, applications et sécurité.

Objectifs :

- Disposer de la vision auditeur vis-à-vis de la norme ISO 27001
- Comprendre comment intégrer le modèle PDCA lors de vos activités d'audit
 - Interpréter les exigences de la norme ISO 27001/ISO 27002 et ISO 27005 sur la gestion des risques de sécurité de l'information
 - Appréhender les techniques de piratage éthique en vue de mieux sécuriser l'environnement IT

Contenu du module

I. Partie 1 : Introduction à l'audit organisationnel

Chapitre 1 SM (Système de management)/ PDCA/roue de deming – SMSI

Chapitre 2 Introduction à la norme ISO 27001 (Exigences pour un SMSI système de management de la sécurité de l'information) et **ISO 27002** (Security Best Practices)

Chapitre 3- Introduction à l'analyse de risque Norme ISO 27005/Méthodologies Mehari et EBIOS

II. Partie 2 : Audit technique

Chapitre 1 Processus d'audit technique (kill chain)

Chapitre 2 Reconnaissance (Information gathering) & Enumeration (Footprintings, social engineering, Whois/DNS foortepinting, network footprinting, named and shared object Enumeration, services enumerations..)

Chapitre 3 Balayage

(scan réseau, Scan OS, scan systèmes actifs, Scan de ports)

Chapitre 4 Scan et exploitation des vulnérabilités

(Nessus, openVas, OWASP/Accunetix, métasploit...)

Chapitre 5 Audit de configurations (Benchmarking, ...)

Travaux pratiques

TP1 : Etude de cas : Audit avec Mehari ou Ebios

TP2 : Footprinting

TP3 : Scan

TP4: Nessus/Matasploit

TP5 : Audit de configuration Système (RedHAT,...)

Bibliographie

1. Famille des normes ISO 27000
2. Norme ISO 19011
3. Méthodologies MEHARI et EBIOS
4. EC-Council CEH

Unité d'enseignements : VoIP, Services Télécom et multimédia

Module : Convergence tout IP et plateformes de services télécoms

Prérequis :

- Notions de base sur les réseaux
- Architectures et protocoles réseaux
- Réseaux radio mobiles
- Réseaux sans fil
- Evolution et migration vers 5G

Objectifs :

Le potentiel offert aux opérateurs pour proposer de nouveaux services attrayants s'est considérablement enrichi par l'introduction des technologies 4G, améliorant les débits, et par les efforts du consortium 3GPP pour définir une nouvelle plateforme de gestion de services : l'IMS (IP Multimédia Subsystem). Néanmoins, l'introduction de ces nouvelles capacités technologiques induit également des exigences s'accroissent en termes de qualité de service (QoS). Dans ce contexte, ce cours cherche aussi à étudier tant d'un point de vue théorique que pratique une architecture de gestion de la QoS de façon transparente et de bout en bout dans un réseau IMS.

Contenu du module

I Gestion de la QoS dans la voix sur IP:

- Problèmes liés à la transmission de la voix dans IP : défaillances réseau IP
- Fonctions de numérisation de la voix : échantionnage, quantification, codage, compression
- Adaptation et codec audio/vidéo pour la ToIP/VoIP : G.729, G.723, G.711, G726,...
- Critère de QoS dans IP : délai, gigue, bande passante, perte de paquets,...
- Mise en place d'une stratégie d'optimisation de QoS dans IP
- Infrastructures locales (IP-PBX) et services de voix sur IP : IP-Centrex, communications intersites, services d'accès, ...

II Transport de la voix sur IP et nouvelles architectures de services

- Présentation du système IMS (convergence voix/data et fixe/mobile)
- Architecture en couche IMS (accès, transport, contrôle et service) :
 - Réseaux d'accès : Wifi, RTC, 2G/3G, 4G,...
 - Backbone IP : IPv4/IPv6
 - Protocole de routage : MPLS
 - Services : ToIP/VoIP, VoD,....
 - Entités fonctionnelles : HSS, P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF, PCRF, MGCF, MGW/SGW,...
 - Protocoles : SIP, H323, Diameter, RTP/RTCP, MSRP, MGCP,...

III SIP

- Adressage des abonnés (point à point, multipoint, avec proxy, avec redirection,...)
- Modèle client/serveur (HTTP)
- Format de messages SIP
- Codes réponses SIP...

III Plateformes de services télécoms

- IMS et serveurs d'application (AS, CAMEL, SOA, ...)
- IMS et Plateformes de services (BP, Billing, IN, ...)
- Gestion des identités dans IMS (Public User Identity, Private User Identity)
- Procédures d'enregistrement et d'établissement de sessions
- Convergence de IMS vers : 3GPP, 3GPP2, TISPAN, ...
- Intégration de MBMS (R10/11)
- Nouvelle architecture IMS/VoLTE (la 4G) :
 - Profil voix IMS
 - Les codeurs de parole VoLTE : AMR et AMR-WB
 - Architecture VoLTE
 - Procédures VoLTE

Bibliographie

1. Kun I. Park, Ph.D. The MITRE Corporation USA "QoS in packet networks".
4. G. Camarillo, M. A. Garcia-Martin, "The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS)", John Wiley & Sons Ltd, 2004.
5. McGrawHill, Broadband Telecommunications Handbook, VPNS, 3GW, GPRS, MPLS, VoIP, SIP.2ndEd 2002
6. IETF RFC 1889 "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications"
7. www.openimscore.org RFC 3588 "Diameter Base Protocol", September 2003

Unité d'enseignements : Réseaux & Multimédia

Module : Codage et sécurisation des données multimédia

Prérequis : traitement du signal, théorie de l'information et codage source/canal

Objectifs : L'objectif de ce cours est de présenter les différentes méthodes standardisées ou émergentes du codage et de sécurisation de l'image fixe, dynamique et géométrique. Du fait que les flux volumineux de données soient transmis sur des réseaux ouverts, aux performances variables, il est toujours nécessaire de faire évoluer les méthodes de codage de l'image et de la vidéo de façon à s'adapter à l'évolution des applications et des medias de transmission ou de stockage. Nous introduisons donc les nouvelles techniques de codage scalable (c'est-à-dire permettant de générer des flux multi-niveaux ou hiérarchiques). Dans la deuxième partie de ce cours nous présentons les différentes techniques de sécurisation des images. L'idée est de présenter différentes approches de tatouage et de steganographie permettant de sécuriser les images fixes et dynamiques échangées à travers les réseaux ouverts. Le brouillage des image (scrambling), appliqué dans le cadre de la protection de la vie privée, sera aussi abordé.

Contenu du module

I Introduction :

- Applications multimédia : nécessité de la compression et de la sécurisation des données multimédia

II Compression des images

- Compression avec ou sans pertes appliquée aux images fixes
- Codage progressif appliqué aux images

III Codage vidéo

- Notion d'estimation et de compensation de mouvement
- Méthodes de codage vidéo non scalables
- Méthodes de codage vidéo scalables

IV Codage des modèles 3D

- Généralités sur les maillages triangulaires
- Compression monorésolution sans perte
- Compression de maillages à base de transformée en ondelettes
- V** Tatouage et stéganographie
 - Généralités, historique et définitions
 - Tatouage des images fixes (taxonomie des méthodes existantes, résistance aux différents types d'attaques)
 - Tatouage de la vidéo : insertion dans le domaine spatial et temporel
- VI** Brouillage des images

- Protection de la sphère privée et données multimédia
- Techniques de brouillage des images
- Systèmes hybrides de brouillage/compression

Bibliographie

Y. Andreopoulos, A. Munteanu, J. Barbarien, M. V. D. Schaar, J. Cornelis, and P. Schelkens. In-band Motion Compensated Temporal Filtering. *Signal Processing: Image Communication*, 19:653–673, 2004.

L. E. Richardson. *H. 264 and MPEG-4 video compression: video coding for next-generation multimedia*. John Wiley & Sons, 2004

M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies. Image Coding Using Wavelet Transform. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1(2) :205–220, avril 1992.

A. Cesar and B. Gonzales. *Advances in Image Compression Techniques*. T.j, Watson Research Center, San Jose, USA, IBM, 1988.

Jean-Luc Dugelay, Atilla Baskurt, Mohamed Daoudi, “3d Object Processing: Compression, Indexing and Watermarking”, John Wiley & Sons, 2008

Frank Davoine, Stephane Pateux, “Tatouage de documents audio-visuels numériques”, Hermes, 2004

I. J. Cox, M. L. Miller, J. A. Bloom, “Digital Watermarking”, Morgan Kaufmann Publishers, 2008

A. Erdélyi, T. Winkler, and B. Rinner. Privacy protection vs. utility in visual data. *Multimedia Tools and Applications*, pages 1–28, 2017.

Unité d'enseignements : VoIP, services télécoms & Multimédia

Module : Projet "Implémentation des Infrastructures VoIP et Gestion de services"

Prérequis : Connaissances réseaux, télécoms, transmission de données

Objectifs : Au terme de ce projet, l'étudiant (e) pourra étudier, concevoir, toucher et mettre en place plusieurs notions du domaine Voix sur IP, tout en suivant les technologies innovantes et les plateformes open source et professionnelles qui pourront apparaître sur le marché.

Contenu du module

- Implémentation des infrastructures réseaux VoIP/VoLTE en se basant sur le principe de la virtualisation à base de quelques simulateurs (ex. GNS3, packet tracer, ...) et équipements/terminaux (ex. routeurs Cisco, machines virtuelles,...)
- Installation et configuration des serveurs vocaux PBX-IP (ex. Asterisk, Elastix,...)
- Installation et configuration des softphones IP (ex. Zoiper, XLite,...)
- Exécution des services téléphoniques et multimédia en temps réel (ex. ToIP, VoD,...)
- Analyse de trafic à base de quelques analyseurs de trafic (ex Netflow,...)
- Evaluation de performances et gestion de paramètres de la QoS (ex. débit, jitter, délai, taux de perte,...)
- Sécurisation des services VoIP
- Hébergement et traitement de services dans un environnement Cloud/Big data
- ...

Bibliographie

1. Sébastien Déon : "VoIP et ToIP-Asterisk. La téléphonie IP d'entreprise", Editions ENI, 2010
2. Laurent Ouakil, Guy Pujolle : "Téléphonie sur IP : SIP, H.323, MGCP, QoS et sécurité, Asterisk, VoIP Voix sur IP , VoWiFi, offre multiplay des FAI, Skype et autres softphones, architecture IMS", Editions Eyrolles, 2008

Unité d'enseignements : Sciences de données et veille technologique

Module : Big Data

Prérequis :

Il est recommandé d'avoir une culture générale de base en informatique (OS, base de données, etc...)

Objectifs :

- Compréhension du concept du Big Data
- Quels sont les acteurs précis d'un projet Big Data et comment gère-t-on ce dernier par rapport à un projet « classique » ?
- Quelles sont les spécificités d'une infrastructure Big Data, du stockage des données, de leur analyse ?
- Pourquoi la visualisation des données porte un nom laissant penser qu'il s'agit d'une technologie à part entière ?
- Et plus généralement doit-on gérer un projet Big Data comme un projet classique ? etc...

Contenu du module

- Introduction au Big Data
- Comparaison aux Bases de données relationnelles et aux DataWare Houses
- Présentation de l'architecture d' Hadoop
- Le composant « Common Hadoop »
- Le composant « Hadoop Distributed File System (HDFS)»
- Le composant « MapReduce »
- L'écosystème du Big Data
- Le « Hadoop Query Languages » : Pig, Hive, JAQL,
- Bases de données non structurées : NoSQL, Big SQL
- AQL et le Text Analytics
- Temps réel: Streams
- Spark

Travaux pratiques

Diverses manipulations pratiques et un Mini projet sont prévus.

Bibliographie

- Allard, Laurence. 2015. « L'engagement du chercheur à l'heure de la fabrication numérique personnelle ». Hermès, La Revue. Vol. 3, n°73, p. 159 167.
- Alloing, Camille. 2014. Petite bibliographie critique sur les Big Data [En ligne]. CaddE-Réputation.
- Berthier, Thierry. 2016. Big data à Pôle emploi : méfiez-vous des marabouts ! [En ligne]. Contrepoints.
- Boellstorff, Tom. 2013. « Making Big data, in theory ». First Monday. Vol. 18, n°10.
- Bollier, David. 2010. The promise and peril of Big Data [En ligne]. Washington : The Aspen Institute,
- Boullier, Dominique. 2015. « Les sciences sociales face aux traces du big data. Société, opinion ou vibrations ? » Revue française de science politique. Vol. 5, n°65, p. 805 828.
- boyd, danah, et Kate Crawford. 2012. « Critical questions for Big Data, Provocations for a cultural, technological, and scholarly phenomenon ». Communication & Society. Vol. 15, n°5, p. 662 679.

Unité d'enseignements : Sciences de données et veille technologique

Module : Machine Deep Learning

Pré requis : bases des données, au moins un langage de programmation, techniques d'optimisation

Objectifs :

L'objectif de ce cours est de former l'étudiant sur les différents algorithmes utilisés dans le cadre de machine et deep learning. En effet, l'objectif de ces techniques est d'extraire de l'information utile à partir des données (massives) générées par les différentes technologies (Réseaux mobiles, IoT, Réseaux sociaux). L'outil scikit-learn sera utilisé en TP.

Contenu du module :

- **Introduction**
 - Intelligence artificielle
 - Données et informations
 - Création de la valeur
 - Sources des données
 - Data-science
 - Applications

- **Partie 1 : Machine Learning :**
 - concepts de base
 - outils Python et R
 - Apprentissage supervisé et non supervisé
 - Algorithmes : KNN, Least-squares, Linear Regression, Logistic Regression, SVM, Cross-validation, Arbres,

- **Partie 2 : Deep Learning :**
 - Introduction, définition
 - Réseaux de neurones DANN
 - Multilayer Perceptron
 - CNN, RNN
 - Outils Python : Keras, TensorFlow, ...

Travaux pratiques

- Introduction à Scikit-learn
- Application des outils Scikit-learn sur des Open-Data (plusieurs séances)
- API pour collecte des données sur réseaux sociaux
- Mise en place des réseaux de neurones en Python : Keras et TensorFlow

Bibliographie

1. Big Data et machine learning, Marc Batty et al., Dunod, Infopro, 2015.
2. Comprendre le deep learning : une introduction aux réseaux de neurones, Jean-claude Heudin, Science eBook, 2016.
3. Machine Learning avec Scikit-learn : mise en œuvre et cas concrets, Aurélien Geron, Dunod, 2017.

**Descriptif des modules de la spécialité Ingénierie des
systèmes embarqués et objets connectés (ISEOC)
Quatrième semestre**

Unité d'enseignements : Conception et implémentation des circuits numériques sur FPGA

Module : Conception des circuits numériques

Prérequis : Architecture avancée des processeurs, circuits logiques

Objectifs : Au terme du cours, l'étudiant sera capable de modéliser un circuit numérique complexe et synthétisable avec un langage de description matérielle et de le valider à partir d'une spécification. Il sera aussi capable de mesurer sa performance et de maîtriser les étapes nécessaires à son implémentation sur un circuit programmable FPGA.

Contenu du module

- I. Introduction aux circuits numériques
 1. Evolution de la technologie CMOS : Loi de MOORE
 2. Le transistor CMOS : principe et type (PMOS, NMOS)
 3. les niveaux et types de modélisation d'un circuit numérique
 4. les langages de description matérielle : intérêt
- II. Modélisation VHDL
 1. structure d'un programme VHDL : entité, architecture, configuration, package
 2. Les différents types de modélisation : comportemental, flot de données, structurel
 3. Les signaux, types, opérateurs, variables,
 4. Les instructions concurrentes
 5. Les instructions séquentielles
 6. Testbench et validation fonctionnelle
- III. Les machines à états finis (FSM)
 1. Machine de Moore et machine de Mealy
 2. Diagramme d'états
 3. Modélisation VHDL d'une FSM
- IV. La synthèse VHDL
 1. Les synthétiseurs : rôle et norme de synthèse
 2. Le niveau RTL
 3. La synthèse de la logique combinatoire
 4. La synthèse de la logique séquentielle
- V. Etude de performance
 1. Délais de propagation des circuits combinatoires et séquentiels
 2. Délais de préparation et de maintien des bascules D.
 3. Chemin critique et fréquence maximale d'un circuit numérique complexe
 4. prise en compte du délai de propagation de l'horloge : clock skew

VI. Les circuits programmables : FPGA

1. Principe des FPGA
2. Technologie de programmation
3. Architecture des blocs logiques programmables : Slices, CLB et LUT
4. Architecture des IOBlock configurables
5. les connexions configurables dans un FPGA
6. flot de conception d'un FPGA : modélisation, test, synthèse, placement routage et configuration
7. Etude de l'architecture de quelques FPGA du marché : Xilinx, Altera

Bibliographie

1. S. Lee "Advanced Digital Logic Design with VHDL". Editions Thomson Prentice Hall. 2006
2. P. Chu "RTL Hardware Design Using VHDL". Editions Wiley. 2006
3. P. Chu "FPGA prototyping by VHDL examples. Xilinx Spartan-3 version". Editions Wiley. 2008
4. P. Simpson "La conception de systèmes avec FPGA". Editions Dunod. 2014

Unité d'enseignements : Conception et implémentation des circuits numériques sur FPGA

Module : Mini-projet Conception des circuits numériques et implémentation sur FPGA

Prérequis : Conception de circuits numériques, Circuit logique

Objectifs : A partir d'une spécification d'un système numérique, l'étudiant doit être capable, de concevoir, modéliser, valider, et enfin implémenter son système sur circuit programmable FPGA.

Organisation du travail

- I. Partie 1 : Modélisation avec le langage VHDL synthétisable, l'application à réaliser
- II. Partie 2 : développement du banc de test afin de valider fonctionnellement son système
- III. Partie 3 : Implémenter son système développé sur cible FPGA :
 - Choix de la FPGA et de la carte de prototypage : Spartan 3E, Zynq 7000 de Xilinx, Cyclone V de Altea
 - Choix et installation de l'environnement de développement : ISE desgn suite de xilinx, Quartus de Altera.
 - Spécifier les contraintes d'implémentation du système : consommation, de mapping (entrées/sorties), de performance, de surface,.....
 - Synthétiser le code VHDL et exploiter le résultat
 - Placer, mapper et router le système et exploiter le résultat de chaque étape.
 - Générer le fichier de configuration
 - Et enfin programmer la carte FPGA de prototypage.

Unité d'enseignements : Conception et implémentation des circuits numériques sur FPGA

Module : Architectures multiprocesseurs

Prérequis : Algorithmique fondamentale, Architecture avancée des ordinateurs

Objectifs : Ce cours propose une étude des architectures multiprocesseurs/multi-cœurs qu'on retrouve sur les systèmes sur puce. Il décrit également les modèles de la programmation parallèle en relation étroite avec l'architecture considérée.

Contenu du module

- I. Introduction
 1. Parallélisme interne du processeur : pipelining et processeur super scalaire
 2. Besoins et motivations pour l'étude et la programmation des architectures parallèles
 3. Exemples d'architectures parallèles dans les systèmes embarqués et sur puce.
- II. Architectures parallèles sur puce
 1. architectures multiprocesseurs et multi-cœurs sur puce (architectures MPSoC, ManyCores)
 2. Classification des architectures parallèles (SIMD, MIMD...)
 3. Architecture à mémoire partagée
 4. Architecture à mémoire distribuée
 5. Partage et cohérence des caches
 6. Métriques d'évaluation de performance
- III. Modèles de programmation parallèle
 1. Programmation multi-tâches
 2. mécanismes de synchronisation et d'exclusion mutuelle
 3. Programmation d'architectures avec mémoire partagée avec l'outil openMP
- IV. Programmation des systèmes parallèles hétérogènes
 1. Architecture du processeur graphique (GPU)
 2. Systèmes parallèles hétérogènes
 3. Programmation des architectures hétérogènes avec CUDA et openCL

Bibliographie

1. Frédéric Magoulès, François-Xavier Roux « *Calcul scientifique parallèle* » Dunos, 2013

2. Jason Sanders, Edward Kandrot « *CUDA by example: An Introduction to General-Purpose GPU Programming* » Pearson, 2011.
3. Aaftab Munshi « *OpenCL Programming Guide* » Pearson, 2012.
4. [Michael J. Quinn](#) « *Parallel programming in C with MPI and OpenMP* » McGraw-Hill Higher Education, 2004.

Unité d'enseignements : Modélisation, identification et commande des systèmes

Module : Modélisation et identification des systèmes

Pré-requis : Automatique analogique et discrète

Objectifs : Au terme de ce cours, l'étudiant (e) maîtrisera : les techniques de modélisation et d'identification des systèmes dynamiques. En effet, des algorithmes d'identification sont principalement pris en considération et étudiés dont l'objectif est de minimiser un certain critère permettant l'identification du système selon un modèle hypothèse candidat. Les filtres de Kalman sont aussi analysés à travers son principe et sa structure.

Contenu du module

- I. Introduction à la modélisation et à l'identification
- II. Modélisation des systèmes dynamiques
 1. Rappel sur les modèles des systèmes (1ier et 2nd ordre)
 2. Modélisation par fonction de transfert
 3. Modélisation par représentation d'état
- III. Identification des systèmes
 - A- Méthodes d'identification des systèmes non bruités
 1. Méthode de Strejc
 2. Méthode de Broida
 3. Méthode de Cohen-Coon
 4. Méthode de Ziegler-Nichols
 - B- Méthodes d'identification des systèmes bruités
 1. Algorithmes d'Identification
 - a- Identification basée sur l'erreur de sortie
 - b- Identification basée sur l'erreur de prédiction
 - c- Méthode des moindres carrés simples
 - d- Méthode des moindres carrés généralisés
 - e- Critère quadratique
 2. Choix de la complexité du modèle : Modèles Hypothèses
 - a- Modèle ARX (AutoRégressif à variables eXogènes)
 - b- Modèle ARMAX (AutoRégressif à Moyenne Ajusté et à variables eXogènes)
 - c- Modèle OE (Output Error)
 - d- Modèle BJ (Box-Jenkins)
 3. Filtre de Kalman

- a- Principe
- b- L'algorithme discret du filtre de Kalman
- c- Schéma structurel du Filtre de Kalman
- d- Filtre de Kalman sous-optimal du régime permanent

Bibliographie

1. Ioan D. Landau « Identification *des Systèmes* » Collection Pédagogique d'automatique, Les Éditions Hermes Science Publications, 1998
2. I.D. Landau, « Commande *des systèmes* », Chapitre 6 : Méthodes d'identification, Les Éditions Hermes, 2002
3. Pierre Borne « Modélisation et Identification des Processus », Tome 2, Edition Technip, 2000

Unité d'enseignements : Modélisation, identification et commande des systèmes

Module : Commande numérique des systèmes

Prérequis : Automatique continue

Objectifs : L'objectif de ce cours est d'étudier des approches de commande numérique des processus continus moyennant des calculateurs numériques. En effet, l'intégration d'un calculateur numérique dans une boucle d'asservissement nécessite l'échantillonnage du système étudié afin de lui associer le correcteur numérique adéquat sous forme d'un algorithme récurrent de commande implementable sur un calculateur numérique. Le développement technologique accru des calculateurs numériques rend les stratégies de commande numérique de plus en plus puissantes et très avantageuse par rapport aux techniques de commande analogiques.

Contenu du module

- I. Introduction à la commande numérique des systèmes
 1. Echantillonnage d'un signal continu (théorème de Shannon)
 2. Notions de convertisseurs Numérique-Analogique et Analogique-Numérique
 3. Bloqueur d'ordre zéro
 4. Transformée en Z et transformée en Z inverse
 5. Fonction de transfert échantillonnée
 6. Equations récurrentes
- II. Etude des systèmes échantillonnés
 - A. Système du premier ordre
 1. Condition d'échantillonnage
 2. Modèle échantillonné d'un premier ordre
 3. Comportement dynamique d'un premier ordre
 4. Stabilité d'un système du premier ordre
 - B. Système du deuxième ordre
 1. Condition d'échantillonnage
 2. Modèle mathématique échantillonné à pôles réels et à pôles complexes
 3. Comportement dynamique et influence des pôles et des zéros
 4. Analyse des performances
 5. Exemple des processus physiques discrets
- III. Comportement des systèmes asservis linéaires échantillonnés
 1. Système asservi échantillonné
 2. Etude en boucle fermée
 3. Performances d'un système asservi
 4. Analyse de la stabilité : Critère de Jury
 5. Commande en boucle fermée munie d'une perturbation

6. Etude des systèmes bouclés à retard
- IV. Synthèse des correcteurs numériques
1. Modèle numérique d'un correcteur dérivateur
 2. Correcteur dérivateur avec action dérivée filtrée
 3. Modèle numérique d'un correcteur intégrateur
 4. Correcteurs numériques PI, PD, PID parallèle, PID mixte avec action dérivée filtrée
 5. Correcteur à réponse pile
 6. Correcteur à temps de réponse minimal

Bibliographie

1. Ph. Vanheeghe, C. Sueur, P. Borne « *Automatique des systèmes échantillonnés : éléments de cours et exercices résolus* » Editions Technip, 2001
2. M. Villain « *Signaux et systèmes continus et échantillonnés* » Editions Ellipses, 1996
3. E. Godoy, E. Ostertag « *Commande numérique des systèmes* » Editions Ellipses, 2003
4. M. Villain « *Systèmes asservis linéaires* » Editions Ellipses, 1996

Unité d'enseignements : Modélisation, identification et commande des systèmes

Module : Mini projet Identification et commande numérique des systèmes

Prérequis : Automatique continue et échantillonnée, Microcontrôleurs, Cartes Arduino

Objectifs : Ce mini projet vient dans l'optique de commander en temps réel des systèmes dynamiques tels que les robots mobiles, les enceintes thermiques et les moteurs à courant continu. Plus précisément, il vise à implémenter des lois de commande sur des cartes Arduino pour la commande numérique des tels processus.

Contenu du module

- I. Commande d'un robot mobile pour suivre un chemin au préalable moyennant des capteurs infra-rouges.
- II. Commande d'un robot mobile éviteur d'obstacle dans un milieu hostile à travers des capteurs ultra-sons.

Le matériel utilisé pour la commande du robot mobile suiveur de ligne et/ou éviteur d'obstacles est :

1. Robot mobile à deux roues
 2. Capteurs infra-rouges
 3. Capteurs ultra-sons
 4. Carte Arduino
 5. Circuit intégré (LM398) pour le pilotage des roues du robot mobile
- III. Acquisition des données issues d'un capteur de température d'une enceinte thermique à travers des cartes Arduino et affichage en temps réels de ces données que ce soient sur des afficheurs 7 segments ou directement sur PC. Eventuellement, il s'agit d'implémenter une commande PID via la carte Arduino.

Le matériel utilisé pour l'acquisition des données provenant de l'enceinte thermique est :

1. Enceinte thermique munie d'une lampe halogène
2. Carte Arduino
3. Capteur de température
4. Afficheur 7 segments compatible avec la carte Arduino
5. PC

- IV. Conception et implémentation d'une panoplie d'approches de régulation PI et PID pour la commande en vitesse d'un moteur à courant continu (MCC) muni d'un codeur incrémental, et ce via des cartes Arduino.

Le matériel utilisé pour la commande numérique du MCC avec les différentes stratégies de commande proposées est :

1. Carte Arduino
2. Moteur à courant continu
3. Codeur incrémental
4. Circuit Motor Driver Shield (pour piloter les quatre MCC en même temps)

Bibliographie

1. Erik Bartmann « *Le grand livre d'Arduino* » Editions Eyrolles, 2015
2. Massimo Banzi et Michael Shiloh « *Démarrez avec Arduino* » Editions Dunod, 2015
3. Christian Tavernier « *Arduino - Maîtrisez sa programmation et ses cartes d'interface (shields)* » Editions Dunod, 2011
4. Yves Mergy « *Arduino-uno en pratique* » Editions Books on Demand, 2016

Unité d'enseignements : Modélisation, identification et commande des systèmes

Module : Electronique de puissance

Prérequis : Electricité, Electronique

Objectifs : Connaître les éléments fondamentaux constituant un convertisseur de puissance- Maitriser et analyser le fonctionnement des convertisseurs de puissance les plus utilisés-Acquérir la méthodologie de dimensionnement et de conception d'un convertisseur de puissance.

Contenu du module

- I. Les interrupteurs en électronique de puissance et la commutation
 1. Diode et thyristors
 2. Les IGBTs, les GTO
 3. La commutation en électronique de puissance
- II. Les redresseurs non commandés et semi-commandés
 1. Redresseurs à diodes monophasés et triphasés
 2. Redresseurs à thyristors monophasés et triphasés
- III. Les hacheurs et les onduleurs
 1. Les hacheurs BOOST et BUCK
 2. Les onduleurs de tension monophasés
 3. Les onduleurs de tension triphasés
- IV. Application à la commande d'un moteur à courant continu (MCC)
 1. Le MCC
 2. La commande du MCC

Travaux pratiques

TP1 : Utilisation de PSIM
TP2 : Redresseurs à diodes
TP3 : Redresseurs à thyristors
TP4 : Gradateurs à thyristors

Bibliographie

1. Bin Wu, Mehdi Narimani « *High Power Converters and AC Drives* » IEEE Press, Wiley Interscience Publications, 2017
2. Leonard L. Grigsby « *Electric Power Engineering Handbook: Power systems* » CRC Press Editions, 2012
3. Guy Séguier, Philippe Delarue, Francis Labrique « *Electronique de puissance : Structures, fonctions de base, principales applications* » 9ème édition, Editions Dunod 2011
4. Michel Pinard « *Convertisseurs et électronique de puissance : commande. Description et Mise en œuvre* » Editions Dunod, 2007
5. François Leplus « *T.P d'électrotechnique par simulation et solution avec PSIMDEMO* » Edition ELLIPSES, 2011

Unité d'enseignements : Objets connectés

Module : Protocoles de communication des objets connectés

Prérequis : Réseaux locaux, Bus de communication, Electronique, Technique de transmission

Objectifs : Le module a pour objectif de familiariser l'étudiant à la notion d'objet connecté. Le module détaillera les différentes technologies des objets connectés qu'ils soient filaires ou sans fil. Il détaillera aussi les caractéristiques des principaux protocoles en se basant sur la partie sécurité.

Contenu du module

Le module a pour objectif de familiariser l'étudiant à la notion d'objet connecté :

- Protocole de communication pour les IoT.
- Moyens de communication.
- Interfaces de communication multi-protocoles
- Sécurité

Le module détaillera les différentes technologies des objets connectés en étalant trois chapitres

Chapitre 1 : les principes de l'IoT et les principaux acteurs industriels du domaine

Chapitre 2 : les protocoles de communication

Chapitre 3 : la sécurité selon les protocoles

Bibliographie

1. www.knx.com
2. Philippe Bénédet « *La technologie LONWORKS* », EBV Elektronik GmbH & Co KG Im Technologiepark Version 5.11 / Juillet 2004 (D'après une idée originale de Franz Wiedemann)
3. <https://www.raspberrypi.org/>

Unité d'enseignements : Objets connectés

Module : Capteurs intelligents et réseaux de capteurs

Prérequis : Signaux et systèmes, notions de base sur les capteurs, notions de base sur les réseaux.

Objectifs : Les réseaux de capteurs permettent d'instrumenter le monde physique. Les réseaux de capteurs sont au cœur de nombreuses applications telles que la santé, la domotique, l'industrie, l'environnement, les transports...Le noyau de ces réseaux sont des capteurs intelligents.

Ainsi, ce cours débutera avec une introduction aux capteurs intelligents qui permettra de les définir et préciser la différence entre les capteurs classiques et intelligents. Aussi, ce cours traitera l'architecture matérielle d'un capteur intelligent sans fils ainsi que l'architecture des réseaux de capteurs, leurs caractéristiques techniques, leurs spécificités et leur classification. Aussi, les problèmes de ce type de réseaux sont étalés. Enfin ce cours présentera certaines applications des RCSFs.

Contenu du module

1. Introduction aux capteurs intelligents
2. Architecture matérielle d'un capteur intelligent
3. Architecture et caractéristiques des réseaux sans fils (IEEE 802.15.4)
4. Problèmes des réseaux de capteurs sans fils
5. Applications des RCSFs (domotique, agriculture, industrie, médecine, ...)
6. Conclusion : Horizons?

Bibliographie

1. Aurelien Valade, « *Capteurs intelligents : quelles méthodologies pour la fusion de données embarquées ?* » 2017
2. David Simplot, Ryl Eric Fleury, « *Réseaux de capteurs - Théorie et modélisation* », Hermes Science Publications, 2009
3. Yacine Challal, Hatem Bettahar, Abdelmadjid Bouabdallah « *Les Réseaux de capteurs (WSN: Wireless Sensor Networks)* » Université de Technologie de Compiègne, France.

Unité d'enseignements : Objets connectés

Module : Domotique et bâtiments connectés

Prérequis : Automatismes, Electronique de puissance, Réseaux locaux, Bus de communication

Objectifs : Le module a pour objectif de familiariser l'étudiant à la notion de bâtiment intelligent, connecté, autonome et écologique. Le module détaillera les différentes technologies de la domotique et de la gestion technique des bâtiments filaire, sans fils, propriétaire et standard.

Le module apprendra à l'étudiant comment concevoir un réseau de commande et de contrôle d'un bâtiment. Il lui apprendra aussi comment choisir le matériel nécessaire pour mener à bien la réalisation d'un tel réseau. Il faudra donc que l'étudiant acquière une bonne connaissance des technologies existantes, leurs avantages et leurs points faibles.

Contenu du module

Le module a pour objectif de familiariser l'étudiant à la notion de bâtiment :

- Intelligent
- Connecté
- Autonome
- Ecologique

Le module détaillera les différentes technologies de la domotique et de la gestion technique des bâtiments filaire, sans fil, propriétaire et standard à savoir :

Chapitre 1 : les réseaux d'un bâtiment

Chapitre 2 : les protocoles filaires pour la domotique (KNX, LON, MODBUS, DALI)

Chapitre 3 : les protocoles sans fil pour la domotique

Travaux pratiques

Elaboration de mini projets avec du matériel et de la programmation

Bibliographie

4. www.knx.com
5. Philippe Bénédet « *La technologie LONWORKS* », EBV Elektronik GmbH & Co KG Im Technologiepark Version 5.11 / Juillet 2004 (D'après une idée originale de Franz Wiedemann)

Unité d'enseignements : Sûreté des systèmes

Module : Sûreté de fonctionnement

Pré-requis : Maintenance

Objectifs : Maîtriser les outils et les méthodes de la Sûreté de Fonctionnement utilisés dans l'industrie pour l'assurance de disponibilité d'un équipement. A la fin du cours, les étudiants doivent être capables de maîtriser les outils analyses qualitatives et quantitatives des défaillances et d'évaluer via des lois de probabilité différents paramètres liés à la SdF : fiabilité, MTBF, MTTR, disponibilité.

Contenu du module

I. Sûreté de Fonctionnement: Notions de base

1. Les concepts de maintenance
2. La présentation de la SdF
3. Les composants de la SdF

II. Assurance disponibilité des équipements

1. Rappels mathématiques
2. Fiabilité d'un équipement
3. Maintenabilité
4. Disponibilité
5. Sécurité

IV. Analyse des défaillances et aide au diagnostic

1. Analyse qualitative de défaillance
2. Analyse quantitative de défaillance
3. Approche AMDEC

III. Gestion de risque

1. Analyse préliminaire de risque
2. Arbre de risque
3. Maîtrise de risque

Projets à réaliser par les étudiants

Thème 1 : Choix d'une politique de maintenance

Thème 2 : AMDEC

Thème 3 : Modélisation de la fiabilité d'un équipement par la méthode de Weibull

Bibliographie

1. Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels – A. VILLEMEUR - Eyrolles – 1997
2. Gestion des risques. Bernard BARTHÉLEMY & Philippe COURRÈGES. Editions d'organisation
3. Sécurité Sûreté – GEIBEN & NASSET – Editions d'organisation – 1998
4. Maintenance basée sur la fiabilité – G.ZWINGELSTEIN – Hermès – 1996

Unité d'enseignements : Sûreté des systèmes

Module : Sécurité des systèmes embarqués

Prérequis : Cette formation requiert d'avoir une culture dans le domaine de la sécurité de l'information, notamment sur la cryptographie et des connaissances de base en matières de systèmes embarqués, notamment cycle de conception des composants électroniques, en architecture logicielle et matérielle et en électronique : principe des algorithmes de chiffrement, architecture à base de processeur, accélérateur matériel (par exemple coprocesseur), électronique (par exemple courant, tension, onde électromagnétique).

Objectifs :

Ce cours est une introduction et une sensibilisation aux problèmes de la sécurité des données et des systèmes pour l'embarqué. Il débute par une présentation de la problématique de sécurité en particulier pour les systèmes embarqués mobiles et communicants. Ce cours présentera les attaques matérielles classiques contre de tels systèmes ainsi que les principales contre-mesures. Enfin des solutions sécurisées seront étudiées comme les systèmes reconfigurables (à base de FPGA) et de systèmes programmables (crypto-processeurs et module sécurisé).

Contenu du module

- I. Introduction à la sécurité et à la cryptographie
 1. Problématiques de sécurité
 2. Cryptographie
- II. Sécurité des systèmes embarqués-les attaques (attaques par canaux auxiliaires, attaques par injection de fautes)
- III. Sécurité des systèmes embarqués-les protections
- IV. Systèmes reconfigurables FPGA et sécurité
- V. Processeurs sécurisés et TPM (Trusted Platform Module)

Bibliographie

1. Lilian Boussuet « *Cours sécurité matérielle* » Université de Bordeaux1
2. Cyberedu. La Fiches pédagogiques sur la cybersécurité au sein des composants électroniques. <https://www.ssi.gouv.fr/uploads/2016/05/fiches-composants-1.7.pdf>
3. Srivaths RAVI, Anand RAGHUNATHAN, Paul KOCHER, Sunil HATTANGADY «*Security in embedded systems: Design challenges*» ACM Transactions on Embedded Computing Systems (TECS) ,Volume 3, Issue 3, Pages 461-491, August 2004
4. Trusted Computing Group. <http://www.trustedcomputinggroup.org/>
5. Ross ANDERSON, Markus KUHN « *Tamper Resistance – a Cautionary Note* » 1ère édition, 1997.<http://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/tamper.pdf>
6. Mark JOYE M, Michael TUNSTALL « *Fault Analysis in Cryptography* » Springer, 2012

Unité d'enseignements : Sûreté des systèmes

Module : Modélisation stochastique

Prérequis : Probabilités

Objectifs : Familiariser l'élève avec les principaux outils et concepts de la modélisation stochastique. L'élève sera capable de modéliser et analyser un phénomène aléatoire simple à l'aide des modèles stochastiques proposés.

Contenu du module

- I. Rappels de probabilités
- II. Probabilité conditionnelle et espérance conditionnelle
- III. Les chaînes de Markov (avec applications diverses notamment à la gestion des stocks et files d'attente.

Bibliographie

1. Arthur Engel « Processus aléatoires pour les débutants », Vuibert, 2011.
2. Sheldon M. Ross « Introduction to probability models », Academic Press, 2003.

**Descriptif des modules de la spécialité Ingénierie des
systèmes embarqués et objets connectés (ISEOC)
Cinquième semestre**

Unité d'enseignements : Conception de systèmes embarqués et temps réel

Module : Conception des systèmes embarqués

Prérequis : Architecture avancée des processeurs, Microcontrôleur et objets connectés

Objectifs : Au terme du cours, l'étudiant (e) sera capable de concevoir un système embarqué complet, de développer des applications embarquées et de les implémenter sur différents cibles

Contenu du module

- I. Introduction aux systèmes embarqués
 1. Contexte
 2. Définition des systèmes embarqués
 3. Evolution des systèmes Embarqués
 4. Exemples de systèmes Embarqués
 5. Contraintes des systèmes Embarqués
- II. Architecture des systèmes Embarqués
 1. Les processeurs généralistes pour l'embarqué
 2. Les processeurs de traitement de signal (DSP)
 3. Les processeurs graphiques (GPU)
 4. les processeurs spécifiques (ASIP)
 5. Les accélérateurs matériels (ASIC)
 6. Les circuits programmables : FPGA et SOPC
 7. les bus de communication
 8. Les mémoires
- III. Méthode de conception des systèmes embarqués
 1. La méthode de conception conjointe logicielle/matérielle (codesign)
 2. la spécification
 3. le partitionnement matériel/logiciel
 4. Les ordonnancements
 5. Synthèse / compilation et interfaçage
 6. Test et validation
- IV. Etude de cas 1: la Conception conjointe (codesign) d'une application sur cible mixte : SOPC (System On Programmable Chip)
 1. Architecture des derniers SOPC de Xilinx et de Altera

2. Les processeurs dans les SOPC : les Softcores / hardcores
 3. Bus et interfaçage entre hardware et software
 4. Le codesign : solution et environnement de conception de Xilinx / solution et environnement de conception de Altera
- V. Etude de cas 2 : Conception et développement d'applications embarquées à base du microcontrôleur propriétaire STM32
1. Architecture du microcontrôleur STM32
 2. Les blocs Entrée/Sorties : GPIO
 3. Le contrôleur d'interruption : NVIC
 4. La DMA (Direct Memory Access)
 5. Les interfaces de communication sérielle : UART, SPI, I2C, CAN,
 6. Conception d'un objet connecté avec le périphérique Ethernet
 7. Convertisseur analogique/numérique (ADC) et numérique/analogique(DAC)
 8. Environnement de développement (IAR, Keil ...), bibliothèques, C embarqué

Bibliographie

1. R. Zurawski et al. « *Embedded Systems Handbook* » Editions CRC Press. 2005.
2. J. Jorda « *Processeurs ARM. Architecture et langage d'assemblage* » Editions Dunod. 2010
3. G. Gu. « *Building Embedded Systems. Programmable Hardware* » Editions Apress. 2016
4. ST Microelectronics « *RM0090 Reference manual* » April 2018

Unité d'enseignements : Conception des systèmes embarqués et temps réel

Module : Développement d'applications temps réel embarquées

Prérequis : systèmes d'exploitation avancés, Microcontrôleur et objets connectés

Objectifs : Au terme du cours, l'étudiant (e) maîtrisera la conception et le développement d'une application temps réel embarquée ainsi que son implémentation sur cible matérielle - Différencier entre système d'exploitation généraliste et celui temps réel dédié à l'embarqué. manipuler l'API d'un Système d'Exploitation Temps Réel embarqué (SETR) comme le freeRTOS, ucOSIII, Xenomai,...

Contenu du module

- I. Introduction aux systèmes d'exploitation (SE) temps réel pour l'embarqué
 1. Définition du temps réel
 2. Pourquoi le temps réel et exemple d'applications temps réel.
 3. Différence entre SE généraliste et SE embarqué
 4. Les contraintes des SETR pour l'embarqué
 5. Exemples de SETR embarqué : libres et propriétaires
 6. La structure d'un SETR
- II. Gestion des tâches
 1. La notion de multi-tâche, thread et process.
 2. Caractéristique de tâches temps réel
 3. Différents type de tâches temps réel : périodique, apériodique, sporadique
 4. Les ordonnancements monoprocesseur temps réel
 5. Les ordonnancements multi-processeur temps réel
- III. Gestion de la synchronisation et communications entre tâches
 1. les sémaphores
 2. les mutex
 3. les files de message / la mémoire partagée
- IV. Autres services
 1. la gestion des entrées/sorties
 2. la gestion de la mémoire :
 3. la gestion du temps
 4. ...

V. Etude de cas : Etude d'un noyau temps réel embarqué : freeRTOS ou ucOSIII ou Xenomai,...

1. présentation de l'API du SETR
2. portage du SETR sur cible matérielle
3. Développement d'application temps réel avec ce noyau sur la cible choisie

Bibliographie

1. Q. Li et C. Yao « *Real-Time concepts for embedded systems* » CMP Books, 2003
2. S. Siewert et J. Pratt. « *Real-Time Embedded Components and Systems with Linux and RTOS* ». Editions Mercury Learning. 2016
3. I. Lee, J. Leung, S. Son « *Handbook of Real-Time and Embedded Systems* » Editions Chapman & Hall/CRC, 2007
4. Jean J. Labrosse « *uC/OS-III, The Real-Time Kernel* » Micrium Press, September 21, 2009

Unité d'enseignements : Conception de systèmes embarqués et temps réel

Module : Mini-projet Avancées en systèmes embarqués connectés

Prérequis : Architecture avancée des processeurs, Microcontrôleur et objets connectés

Objectifs : Au terme de ce projet, l'étudiant (e) sera capable de concevoir et réaliser un système embarqué temps réel et connecté complet.

Organisation du travail

- I. Partie 1 : Conception de l'application embarquée connectée et choix technologique
- II. Partie 2 : interfaçage des différents capteurs et actionneurs avec la cible matérielle et réalisation du montage.
 - Capteur : capteur de température, caméra, capteur d'obstacles, capteur de mouvement, capteur d'humidité)
 - Actionneurs : Moteur, écran LCD, Relai, ...
- III. Partie 3 : Connexion à internet de notre système (objet) :
 - choix de l'interface de connexion (Ethernet, wifi , gateway..)
 - choix du protocole de communication (MQTT, HTTP, websocket,...),
 - création de serveur
- IV. Partie 4 : développement de l'application embarquée en C, C++, Python, ...
 - Installation ou configuration du SETR
 - Installation des outils et bibliothèques nécessaires
 - Configuration des périphériques
 - Développement, compilation et test
 - ...
- V. Partie 5 : Développement de l'application de contrôle et de commande :
 - application web : choix de la technologie, installation des outils et développement
 - ou application mobile : choix de la technologie, installation des outils et développement
 - ...

Unité d'enseignements : Vision, Robotique et IA

Module : Vision embarquée

Prérequis : Mathématique de l'ingénieur et architecture des systèmes embarqués

Objectifs : Ce cours est une introduction au domaine de la vision embarquée. D'une part, Il aborde les fondements de la vision artificielle. Ceci inclut les principes élémentaires de la formation et du traitement d'images. D'autre part, le cours traite les contraintes de l'implémentation des algorithmes de vision artificielle sur des plateformes embarquées. Les concepts abordés seront mis en pratique durant le mini-projet "Vision et Robotique".

Contenu du module

- I. Introduction : Définition et applications de la vision embarquée
- II. Formation et traitement de base de l'image
 1. Formation de l'image
 2. Espace des couleurs
 3. Opérations sur des histogrammes
 4. Filtrage
- III. Segmentation
 1. Généralités
 2. Approche par régions
 3. Approche par contours
- IV. Reconnaissance d'objets :
 1. Extraction de descripteurs
 2. Classification
- V. Contraintes d'implémentation sur des plateformes embarquées
 1. Plateformes embarquées qui sont adoptées à la vision artificielle
 2. Outils logiciels (Open VX)

Bibliographie

1. E. Trucco, A. Verri « *Introductory Techniques for 3-D Computer Vision* » New Jersey: Prentice-Hall Inc, 1998.
2. B. Kisacanin, S.S. Bhattacharvva, S. Chai « *Embedded Computer Vision* » Springer Science & Business Media, 2008.

Unité d'enseignements : Vision, Robotique et IA

Module : Robotique mobile

Prérequis : Certains outils mathématiques (Dérivé, les matrices)

Objectifs : L'objectif de ce cours est de fournir aux étudiants les concepts de base en robotique mobile.

À la fin de ce cours, l'étudiant devra être en mesure de:

- décrire l'architecture d'un robot et identifier les principaux composants liés à la perception
- décrire le modèle cinématique du robot
- maîtriser les principales techniques de localisation

Contenu du module

I. Introduction

1. Présentation des robots mobiles
2. Problèmes en robotique mobile
3. Objectifs du cours

II. Modélisation cinématique des robots mobiles

1. Définitions
2. Robots mobiles de type unicycle
3. Robots mobiles de type tricycle

III. La perception

1. Capteurs en robotique mobile.
2. Localisation

Bibliographie

1. J.-P. Laumond « *La robotique mobile* » Hermès Sciences, 2001
2. Lextronic. Capteurs et modules électroniques pour robotique, 2004. <http://www.lextronic.fr>
3. M.-J. Aldon « *Capteurs et méthodes pour la localisation des robots mobiles* » Techniques de l'Ingénieur, traité Informatique Industrielle, vol. S-7852, pages 1–19, 2001

Unité d'enseignements : Vision, Robotique et IA

Module : Miniprojet Vision et robotique

Prérequis : Implémentation sur un microcontrôleur (ex: Raspberry PI)

Objectifs : Ce module est une mise en pratique des concepts acquis dans les modules robotique et vision embarquée.

Contenu du module:

Les compétences que l'étudiant doit développer au cours de ce mini-projet sont :

- Identification des principaux composants d'un robot mobile liés à la perception.
- Etude de l'implémentation d'algorithmes de vision sur une plateforme embarquée. L'application visée sera l'étude et la réalisation d'un robot mobile autonome capable de naviguer dans un environnement inconnu (dynamique). Le robot doit être doté d'un algorithme de reconnaissance d'objets lui permettant de prendre des décisions adéquates pendant son cycle de fonctionnement.
- Choix des algorithmes utilisés pour répondre aux contraintes de consommation d'énergie, de temps d'exécution et de capacité mémoire.

Outils logiciels : Open CV, Open VX

Unité d'enseignements : Vision, Robotique et IA

Module : IA et Energies renouvelables

Prérequis : Electronique de puissance

Objectifs : Comprendre le principe de l'Intelligence Artificielle (IA), étudier certaines techniques de l'IA, Comprendre le principe des énergies renouvelables et comment utiliser les techniques de l'IA dans la prédiction, modélisation et gestion de l'énergie renouvelable.

Contenu du module

I. DEFINITION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

1. Historique de l'IA
2. Lien avec d'autres disciplines

II. Les Techniques de l'Intelligence artificielles

1. Les Algorithmes Génétiques (AG)
2. Les Réseaux de Neurones (RN)
3. Les Systèmes Multi Agents (SMA)

III. Les Energies Renouvelables

1. Introduction
2. L'énergie Eolienne
3. L'énergie Photo Voltaïque (PV)

IV. Applications aux systèmes électriques

1. Prédiction de l'énergie éolienne par RN
2. Prédiction de l'énergie PV par RN
3. Gestion d'un Micro-Réseau Electrique par les SMA

Bibliographie

1. P. BORN, J. ROZINOER, J.Y. DIEULOT, L. DUBOIS « *Introduction à la commande floue* » Edition Technip, Paris, 1998
2. E. DAVALO, P. NAIM « *Des réseaux de neurones* » Editions Eyrolles, Paris, 1990
3. J-M. RENDERS « *Algorithmes génétiques et réseaux de neurones* » Editions Hermès, Paris 1995
4. H. BUHLER « *Réglage par logique floue* » Editions Presses polytechniques et universitaires romandes, 1994
5. D. GOLDBERG « *Algorithmes Génétiques : exploration, optimisation et apprentissage automatique* » Editions Addison, 1994

Unité d'enseignements : Automatisation et commande avancée des systèmes

Module : Ingénierie des systèmes automatisés

Prérequis : Electronique logique, Programmation, Grafcet, Microcontrôleur

Objectifs :

Le but de ce module est de se familiariser avec les systèmes numériques de commande contrôle en milieu industriel. Outre la programmation des contrôleurs (Automates ou microcontrôleurs ou PC industriels), un intérêt particulier sera porté sur la mise en réseaux des équipements micro-programmés dans le cas des systèmes de commande de moyenne complexité et complexes. Ainsi les réseaux locaux industriels seront passés en revue et les fonctions de supervisions en milieu industriel seront détaillées. Une étude de cas viendra renforcer ce cours. Un automate S7-1200 est un compteur numérique SENTRON-PAC 3200 sont utilisés pendant le cours pour illustrer la mise en réseaux d'équipements hétérogènes. Egalement des exemples simples faisant intervenir plusieurs environnements de programmation seront traités pendant les séances de cours (TIA et WINCC de Siemens, Visual Studio avec NIOPC et Mstudio de NI, Labview de NI, Node-red et Mongoddb sous windows et sous rasbian OS). Tous ces exemples traites font intervenir des réseaux locaux que ce soit d'automates (Cas des automates S7-1200 ou le compteur d'énergie) ou des cartes micro-controlleurs (Reseau USB/Ethernet).

Contenu du module

1. Introduction et état de l'art des automatismes industriels
2. Etude d'un cas simple d'automatisme d'un chariot et implémentation sur carte microcontrôleur STM32F4
3. Les réseaux locaux d'automates programmables (Cas de Profinet et Modbus-TCPIP)
4. Les serveurs OPC (Cas de Kepware et de NI-OPC)
5. La configuration d'un réseau local d'automates programmables par serveur OPC et VB-DotNet et C-sharp
6. La configuration d'un réseau local d'automates programmables Siemens par Labview et serveur NIOPC
7. La configuration d'un réseau local d'automates programmables par L'environnement graphique de WINCC et/ou TIA
8. Mise au point d'un scenario de supervision avec TIA-PLCSIM et/ou WINCC-PLCSIM
La supervision par serveur OPC dans un environnement Visual Studio et/ou avec Labview d'un réseau local d'automates programmables
9. Etude d'un cas réel : Supervision et monitoring temps réel de la consommation d'énergie par page WEB sous Node-red.

Travaux pratiques

TPI : Proposition d'un premier cahier des charges pour la mise au point d'une application de supervision faisant intervenir un serveur OPC (Visual Studio ou Labview ou QT) et un réseau d'automates programmables pour les élèves.

TP2 : Proposition d'un deuxième cahier des charges faisant intervenir un Node-red et MongoDB pour les élèves. Il s'agit de programmer un client Modbus sous Node-red et d'essayer de communiquer avec le compteur d'énergie pour réaliser une page WEB de supervision énergétique.

TP3 : Examen

Bibliographie

1. William Bolton « Automates programmables industriels » 2^{ème} Edition, Collection : Technique et Ingénierie, Dunod, Parution : octobre 2015
2. J.P. Thomesse « Réseaux Locaux industriels : Typologie et caractéristiques » Techniques de l'Ingénieur, traité Mesures et Contrôle, R7574
3. J.P. Thomesse « Réseaux Locaux industriels : Les normes » Techniques de l'Ingénieur, traité Mesures et Contrôle, R7575
4. J.P. Thomesse « Réseaux Locaux industriels : Principaux Profils » Techniques de l'Ingénieur, traité Mesures et Contrôle, R7576
5. http://media.surete-securite.com/Presentation/EURIWARE_LivreBlanc_Seurite_SI_264600.pdf
6. http://abdelhamid-djeffal.net/web_documents/polycope_rli_10.pdf

Unité d'enseignements : Automatisation et commande avancée des systèmes

Module : Commande avancée des systèmes

Prérequis : Commande numérique des systèmes, Modélisation et identification des systèmes

Objectifs : Ce cours est dédié à l'étude des approches de commande avancées des systèmes linéaires. Plus précisément, il vise à étudier la commande par retour d'état et placement de pôles des systèmes multi-variables, la commande optimale quadratique basée sur les fonctions de Hamilton Jacobi et la commande LQC faisant appel à l'équation algébrique de Riccati, et ce dans les cas continu et discret tout en traitant les problèmes de régulation et de poursuite. Le dernier volet de ce module est consacré à l'étude de la commande par retour d'état observé et de l'approche de commande robuste.

Contenu du module

- I. Etude et commande des systèmes multivariables
 1. Problèmes posés par l'étude des systèmes multivariables
 2. Modélisation des systèmes multivariables
 3. Analyse des systèmes multivariables
 4. Synthèse des systèmes multivariables
 5. Commande par retour d'état et placement des pôles
- II. Commande optimale des systèmes dynamiques
 1. Problème de base de la commande optimale. Cas des systèmes continus
 2. Equations de Hamilton Jacobi
 3. Calcul variationnel
 4. Principe de maximum
 5. Calcul du gain de commande optimale
 6. Commande LQC
 7. Résolution de l'équation algébrique de Riccati
 8. Cas des systèmes discrets
 9. Synthèse de la commande optimale discrète
 10. Etude des problèmes de régulation et de poursuite
- III. Commande par observateur d'état
 1. Observateurs d'état des systèmes linéaires continus
 2. Observateurs d'état des systèmes linéaires discrets
 3. Observateur prédicteur
 4. Observateur correcteur
 5. Observateur d'état d'ordre réduit
 6. Commande à base d'observateur d'état
 7. Principe de séparation

IV. Introduction à la commande robuste

1. Système incertain et/ou perturbé
2. Synthèse H_∞
3. Analyse de la robustesse des systèmes LPV
4. Technique LMI pour la synthèse H_∞
5. Stabilité des systèmes incertains

Travaux pratiques

TP1 : Modélisation et implémentation du modèle d'un processus industriel multivariables sur Matlab

TP2 : Commande du processus industriel par des techniques de commande avancées et comparaison des résultats

TP3 : Examen de TP

Bibliographie

1. Eric Ostertag « *Systèmes et asservissements continus* » Editions Ellipses, 2004
2. Michel Dion, Dumitru Popescu « *Commande optimale-conception optimisée des systèmes* » Editions Arts Sciences, 1996
3. Hisham Abou-Kandil « *La commande optimale des systèmes dynamiques* » Editions Hermes, 2004
4. Benoit Bergeon « *Commande robuste des systèmes multivariables* » Editions Hermes, 2001
5. Carlos Canudas de Wit « *Optimisation, discrétisation et observateurs* » Editions Hermes, 2000
6. Mekki Ksouri, Pierre Borne « *Régulation industrielle. Problèmes résolus* » Editions Technip, 1997

Unité d'enseignements : Automatisation et commande avancée des systèmes

Module : Progiciels de gestion intégrée

Prérequis : Système d'information

Objectifs : Permettre d'approfondir les connaissances sur la définition et l'importance des progiciels de gestion intégrés (PGI). Amener à maîtriser la démarche de modélisation de processus de la mise en place d'un ERP et comprendre ses facteurs de succès et de risques. Ce cours traite principalement des différents niveaux de planification, des méthodes de gestion des activités de production, utilisés à chaque échelon hiérarchique d'une entreprise.

Contenu du module

I. Les systèmes d'information et les PGI.

1. Présentation historique des ERP
2. Les types des ERP
3. Architecture d'un ERP
4. Les bénéfices typiques d'un système ERP

II. Différentes techniques de gestion industrielle.

1. MRP
2. Techniques de planification
3. Gestion de stock

III. L'apport des PGI pour l'entreprise : avantages, limites et risques.

IV. La sélection d'un PGI : fonctions, marché et budget.

1. Calcul de cout d'un ERP
2. Les différents éditeurs sur le marché ERP
3. Etude statistique du marché ERP

V. Les différentes étapes pour la mise en place d'un PGI.

VI. Les liens ERP avec la gestion intégrée de la chaîne logistique et les affaires électroniques.

1. Supply chain management
2. Customer relationship management
3. Datawarehouse

Travaux pratiques

TP 1 : Présentation de Prélude

TP 2 : Gestion des données techniques

TP 3 : Gestion des données techniques & Gestion des coûts

TP 4 : Gestion des ordres de fabrication

TP 5 : Gestion de la production

Bibliographie

1. Anne Gratacap and Pierre Médan « Management de la production, Concepts, méthodes, cas » Edition Dunod 2009
2. Gérard Baglin, Olivier Bruel Laoucine Kerbache, Joseph Nehme and Christian Van Delft « Management Industriel et Logistique - Concevoir et piloter la Supply Chain » Edition Economica, 2005
3. Alain Courtois, Maurice Pillet and Chantal Martin « Gestion de production » Editions d'Organisation, 2003