

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**NOUVELLE OFFRE DE FORMATION
MASTER ACADEMIQUE HARMONISE**

Etablissement	Faculté	Département

Domaine : Mathématiques & Informatique.

Filière : Informatique.

Spécialité : Réseaux et Systèmes Distribués.

Le 02/09/2026

رئيس اللجنة البيداغوجية الوطنية
لميدان الرياضات والإعلام الآلي
أ.د. بابا حنيني محمد شوقي

Année universitaire : 2026/2027

Etablissement :
Année universitaire :/.....

Intitulé du Master : Réseaux et Systèmes Distribués.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

عرض تكويني جديد ماستر أكاديمي موائم

المؤسسة	الكلية	القسم

الميدان : رياضيات و إعلام آلي.

الشعبة : إعلام آلي.

التخصص: الشبكات والأنظمة الموزعة.

Le 02/09/2026

رئيس اللجنة البيداغوجية الوطنية
الميدان الرياضيات والإعلام الآلي
أ.د. بابا حنيني محمد شوقي

السنة الجامعية: /

SOMMAIRE

I- Fiche d'identité du Master	4
1- Localisation de la formation	5
2- Partenaires de la formation	5
3- Contexte et objectifs de la formation	6
A- Conditions d'accès	6
B- Objectifs de la formation	6
C- Profils et compétences métiers visées	6
D- Potentialités régionales et nationales d'employabilité	6
E- Passerelles vers d'autres spécialités	6
F- Indicateurs de suivi de la formation	7
G- Capacités d'encadrement	7
4- Moyens humains disponibles	7
A- Enseignants intervenants dans la spécialité	7
5- Moyens matériels spécifiques disponibles	8
A- Laboratoires pédagogiques et équipements	8
B- Terrains de stage et formations en entreprise	8
C- Laboratoires de recherche de soutien au master	9
D- Projets de recherche de soutien au master	9
E- Espaces de travaux personnels et TIC	9
II- Fiche d'organisation semestrielle des enseignements	10
1- Semestre 1	11
2- Semestre 2	12
3- Semestre 3	13
4- Semestre 4	14
5- Récapitulatif global de la formation	14
6- السداسي الأول	15
7- السداسي الثاني	16
8- السداسي الثالث	17
III- Programme détaillé par matière	18
IV- Accords ou Conventions	56
V- Avis et Visas des Organes Administratifs et Consultatifs	59
VI- Avis et Visa de la Conférence Régionale	61
VII- Avis et Visa du Comité Pédagogique National de Domaine	61

I- Fiche d'identité du Master.
Spécialité : Réseaux et Systèmes Distribués.

1 - Localisation de la formation.

- Faculté :
- Département :

2- Partenaires de la formation. *

- Autres établissements universitaires :

- Entreprises et autres partenaires socio-économiques :

- Partenaires internationaux :

* Présenter les conventions en annexe de la formation.

Etablissement :
Année universitaire :/.....

Intitulé du Master : Réseaux et Systèmes Distribués.

3- Contexte et objectifs de la formation.

A– Conditions d'accès.

B - Objectifs de la formation.

C – Profils et compétences métiers visés.

D- Potentialités régionales et nationales d'employabilité.

E – Passerelles vers d'autres spécialités.

F – Indicateurs de suivi de la formation.

G – Capacités d’encadrement.

La capacité d’encadrement est estimée à Étudiants.

4- Moyens humains disponibles.

A- Enseignants intervenants dans la spécialité.

Nom et prénoms	Diplôme	Grade	Laboratoire	Spécialité	Type d’intervention ¹	Signature

¹ Cours, TD, TP, encadrement de stage, encadrement de mémoire, autres (à préciser).

5- Moyens matériels spécifiques disponibles.

A- Laboratoires pédagogiques et équipements.

Intitulé du laboratoire :

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	Observations

Intitulé du laboratoire :

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	Observations

B- Terrains de stage et formations en entreprise.

Lieu du stage	Nombre d'étudiants	Durée du stage

C- Laboratoire de recherche de soutien à la formation.

Directeur du laboratoire :
No. D'agrément :
Date : Avis du directeur du laboratoire :

D- Projets de recherche de soutien au Master.

Intitulé du projet de recherche	Code du projet	Date du début du projet	Date de fin du projet

E- Espaces de travaux personnels et TIC.

II- Fiche d'organisation semestrielle des enseignements.

Spécialité : Réseaux et Systèmes Distribués.

1- Semestre 1.

Semestre	Unités d'Enseignement				Matière (s) constituant l'unité							
S1	Nature	Code	Crédits	Coeff.	Intitulés des matières	VHS 14 Sem	V.H Hebdomadaire				Crédits	Coeff.
	Unité d'Enseignement Fondamentale	UEF11	10	6	Algorithmique Avancée et Complexité	63h00	1h30	1h30	1h30	3h00	5	3
					Bases de Données Avancées	63h00	1h30	1h30	1h30	3h00	5	3
		UEF12	8	6	Réseaux Avancés 1	63h00	1h30	1h30	1h30	3h00	4	3
					Systèmes Distribués 1	63h00	1h30	1h30	1h30	3h00	4	3
	Unité d'Enseignement de Méthodologie	UEM1	9	4	Analyse de Données	42h00	1h30		1h30	1h30	4	2
					Modélisation et Simulation des Réseaux	42h00	1h30		1h30	1h30	5	2
	Unité d'Enseignement Transversale	UET1	2	1	Introduction à l'Internet des Objets	21h00	1h30			1h30	2	1
	Unité d'Enseignement de Découverte	UED1	1	1	Une Matière au Choix	21h00	1h30				1	1
	Total du semestre 1		30	18		378h00	12h00	6h00	9h00	16h30	30	18

2- Semestre 2.

Semestre	Unités d'Enseignement				Matière (s) constituant l'unité							
S2	Nature	Code	Crédits	Coeff.	Intitulés des matières	VHS	V.H Hebdomadaire				Crédits	Coeff.
						14 Sem	Cours	TD	TP	Autres		
	Unité d'Enseignement Fondamentale	UEF21	10	6	Réseaux Avancés 2	63h00	1h30	1h30	1h30	3h00	5	3
					Réseaux sans Fil	63h00	1h30	1h30	1h30	3h00	5	3
		UEF22	8	5	Systèmes Distribués 2	42h00	1h30	1h30		1h30	4	3
					Modèles de Spécification des Systèmes Distribués	42h00	1h30		1h30	1h30	4	2
	Unité d'Enseignement de Méthodologie	UEM2	9	4	Qualité de Service dans les Réseaux	42h00	1h30		1h30	1h30	4	2
					Apprentissage Automatique	63h00	1h30	1h30	1h30	3h00	5	2
	Unité d'Enseignement Transversale	UET2	2	2	Lean Startup	42h00	1h30		1h30	1h30	2	2
	Unité d'Enseignement de Découverte	UED2	1	1	Une Matière au Choix	21h00	1h30				1	1
	Total du semestre 2		30	18		378h00	12h00	6h00	9h00	15h00	30	18

3- Semestre 3.

Semestre	Unités d'Enseignement				Matière (s) constituant l'unité							
S3	Nature	Code	Crédits	Coeff.	Intitulés des matières	VHS	V.H Hebdomadaire				Crédits	Coeff.
						14 Sem	Cours	TD	TP	Autres		
	Unité d'Enseignement Fondamentale	UEF31	10	6	Réseaux Mobiles	63h00	1h30	1h30	1h30	1h30	5	3
					Virtualisation, Cloud Computing et Sécurité	63h00	1h30		3h00	3h00	5	3
	Unité d'Enseignement Fondamentale	UEF32	8	6	Développement d'Applications Distribuées	42h00	1h30		1h30	1h30	4	3
					Cryptographie et Sécurité Informatique	84h00	3h00	1h30	1h30	3h00	4	3
	Unité d'Enseignement de Méthodologie	UEM3	9	4	Administration des Systèmes et des Réseaux	42h00	1h30		1h30	1h30	5	2
					Spécification et Vérification des Protocoles	42h00	1h30		1h30	1h30	4	2
	Unité d'Enseignement Transversale	UET3	2	1	Méthodologies de Recherche	21h00	1h30				2	1
	Unité d'Enseignement de Découverte	UED3	1	1	Une Matière au Choix	21h00	1h30				1	1
	Total du semestre 3		30	18		378h00	13h30	3h00	10h30	12h00	30	18

4- Semestre 4.

Domaine : Mathématiques et Informatique.

Filière : Informatique.

Spécialité : Réseaux et Systèmes Distribués.

	VHS	Coeff.	Crédits
PFE avec Mémoire	750 h	18	30
Stage dans l'entreprise			
Ateliers			
Travail Personnel			
Autres			
Total Semestre 4	750 h	18	30

5- Récapitulatif global de la formation.

UE →	UEF	UEM	UET	UED	S4	Total
VH						
Cours	273 h	126 h	63 h	63 h		525 h
TD	189 h	21 h	-	-		210 h
TP	252 h	126 h	21 h	-		399 h
Mémoire	-	-	-	-	750 h	750 h
Stage dans l'entreprise	-	-	-	-		-
Ateliers	-	-	-	-		-
Travail Personnel	420 h	147	42 h	-		609 h
Autres	-	-	-	-		-
Total	1134 h	420 h	126 h	63 h	750 h	2493 h
Crédits	54	27	6	3	30	120
% en crédits pour chaque UE	45 %	22.50 %	5 %	2.50 %	25 %	100 %

6- السداسي الأول:

المواد المكونة للوحدة							وحدات تعليمية					السداسي
الحجم الساعي الأسبوعي						الحجم الساعي السداسي	عناوين المواد	المعاملات	الأرصدة	الرمز	الطبيعة	السداسي الأول
المعاملات	الأرصدة	أخرى	أعمال تطبيقية	أعمال موجهة	محاضرة	14-أسبوع						
3	5	3سا00	1سا30	1سا30	1سا30	63سا00	الخوارزميات المتقدمة والتعقيد	6	10	وت.أ.11	وحدة تعليم أساسية	
3	5	3سا00	1سا30	1سا30	1سا30	63سا00	قواعد البيانات المتقدمة					
3	4	3سا00	1سا30	1سا30	1سا30	63سا00	الشبكات المتقدمة 1	6	8	وت.أ.12		
3	4	3سا00	1سا30	1سا30	1سا30	63سا00	الأنظمة الموزعة 1					
2	4	1سا30	1سا30		1سا30	42سا00	تحليل البيانات	4	9	وت.م.1	وحدة تعليم منهجية	
2	5	1سا30	1سا30		1سا30	42سا00	نمذجة ومحاكاة الشبكات					
1	2	1سا30			1سا30	21سا00	مقدمة حول إنترنت الأشياء	1	2	وت.أ.1	وحدة تعليم أفقية	
1	1				1سا30	21سا00	مقياس اختياري	1	1	وت.إ.1	وحدة تعليم استكشافية	
18	30	16سا30	9سا00	6سا00	12سا00	378سا00		18	30	مجموع السداسي 1		

7- السداسي الثاني:

المواد المكونة للوحدة							وحدات تعليمية				السداسي	
الحجم الساعي الأسبوعي						الحجم الساعي السداسي	عناوين المواد	المعاملات	الأرصدة	الرمز	الطبيعة	السداسي الثاني
المعاملات	الأرصدة	أخرى	أعمال تطبيقية	أعمال موجهة	محاضرة	14-أسبوع						
3	5	3سا00	1سا30	1سا30	1سا30	63سا00	الشبكات المتقدمة 2	6	10	وت.أ.21	وحدة تعليم أساسية	
3	5	3سا00	1سا30	1سا30	1سا30	63سا00	الشبكات اللاسلكية					
3	4	1سا30		1سا30	1سا30	42سا00	الأنظمة الموزعة 2	5	8	وت.أ.22		
3	4	1سا30	1سا30		1سا30	42سا00	نماذج وصف الأنظمة الموزعة					
2	4	1سا30	1سا30		1سا30	42سا00	جودة الخدمات في الشبكات	4	9	وت.م.2	وحدة تعليم منهجية	
2	5	3سا00	1سا30	1سا30	1سا30	63سا00	التعلم الآلي					
2	2	1سا30	1سا30		1سا30	42سا00	المؤسسات الناشئة المرنة	2	2	وت.أ.2	وحدة تعليم أفقية	
1	1				1سا30	21سا00	مقياس اختياري	1	1	وت.إ.2	وحدة تعليم استكشافية	
18	30	15سا00	9سا00	6سا00	12سا00	378سا00		18	30	مجموع السداسي 2		

8- السداسي الثالث:

المواد المكونة للوحدة							وحدات تعليمية					السداسي
الحجم الساعي الأسبوعي						الحجم الساعي السداسي	عناوين المواد	المعاملات	الأرصدة	الرمز	الطبيعة	السداسي الثالث
المعاملات	الأرصدة	أخرى	أعمال تطبيقية	أعمال موجهة	محاضرة	14-أسبوع						
3	5	30سا1	30سا1	30سا1	30سا1	00سا63	الشبكات المتنقلة	6	10	وت.أ.31	وحدة تعليم أساسية	
3	5	00سا3	00سا3		30سا1	00سا63	المحاكيات الافتراضية، الحوسبة السحابية والأمن					
3	4	30سا1	30سا1		30سا1	00سا42	تطوير التطبيقات الموزعة	6	8	وت.أ.32		
3	4	00سا3	30سا1	30سا1	00سا3	00سا84	التشفير وأمن المعلومات					
2	5	30سا1	30سا1		30سا1	00سا42	إدارة الأنظمة والشبكات	4	9	وت.م.3	وحدة تعليم منهجية	
2	4	30سا1	30سا1		30سا1	00سا42	الوصف والتحقق من البروتوكولات					
1	2				30سا1	00سا21	منهجية البحث العلمي	1	2	وت.أ.3	وحدة تعليم أفقية	
1	1				30سا1	00سا21	مقياس اختياري	1	1	وت.إ.3	وحدة تعليم استكشافية	
18	30	00سا12	30سا10	00سا3	30سا13	00سا378		18	30	مجموع السداسي 3		

III- Programme détaillé par matière.

Spécialité : Réseaux et Systèmes Distribués.

Intitulé de la matière : Algorithmique Avancée et complexité. **Semestre :** 1. **Type :** UEF11.
VHS : 63h00. **VHH :** 4h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 1h30. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 42h00. **Coefficient :** 3. **Crédit :** 5.

Objectifs de la matière : Cette matière couvre des concepts fondamentaux et des techniques avancées en conception et analyse d'algorithmes en approfondissant les structures de données, les algorithmes de recherche et de tri, ainsi que des approches comme la programmation dynamique et les algorithmes gloutons. Elle fournit aussi une compréhension approfondie de la complexité algorithmique, en mettant l'accent sur les techniques d'analyse, l'importance de la complexité pour l'optimisation et les méthodes pour prouver la correction des algorithmes.

Connaissances préalables recommandées : Algorithmique, structures de données avancées et programmation.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1- Introduction à la complexité algorithmique et notions préliminaires.

- Définition d'algorithme et d'algorithmique.
- Notion de problème algorithmique et sa résolution.
- Pourquoi analyser la complexité ? Comparaison d'algorithmes pour un même problème.
- Notions de base et types de complexité : temporelle et spatiale.

2- Analyse de la complexité temporelle.

- Notation grand O (O) : Définition, interprétation et utilité pour exprimer la complexité asymptotique.
- Calcul de la complexité.
 - Identification des opérations élémentaires (comparaisons, affectations, etc.).
 - Analyse des boucles et des fonctions récursives.
 - Cas le pire, le meilleur, et moyen.
 - Exemples de complexités courantes : $O(1)$, $O(\log n)$, $O(n)$, $O(n \log n)$, $O(n^2)$, etc.

3- Structures de données et complexité.

- Tableaux, listes chaînées, arbres, graphes, Tas : opérations courantes et complexité associée.
- Impact de la structure de données sur la complexité d'un algorithme.

4- Techniques d'analyse de complexité.

- Diviser pour régner : Stratégie de base, analyse de la complexité (exemple, tri par fusion).
- Programmation dynamique : Principe et optimisation (exemples : problème du sac à dos, plus court chemin).
- Algorithmes gloutons : Principes et analyse de la complexité. (Exemples voyageur de commerce, algorithme de Dijkstra).

5- Complexité spatiale.

- Mesure de l'utilisation de la mémoire par un algorithme.
- Lien avec la complexité temporelle et compromis possibles.

6- Complexité et Preuve de Correction.

- Notions de P, NP, NP-complet : Définitions et exemples de problèmes NP-complets.
- Techniques de Preuve de Correction : Preuve par induction, preuves par contradiction.

7- Optimisation d'algorithmes.

- Utilisation des concepts de complexité pour identifier les points faibles d'un algorithme.
- Techniques d'optimisation (par exemple, simplification de boucles, réduction de la récursivité).

Mode d'évaluation : Contrôle continu et examen.

Références bibliographiques :

1. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein (2009). Introduction to Algorithms. MIT Press, 3rd Edition.
2. Ivan Lavallée (2008). Complexité et algorithmique avancée : une introduction. Editions Hermann.
3. Jon Kleinberg, Éva Tardos (2005). Algorithm Design. Pearson Publisher, 1st edition.
4. Nicolas Hermann et Pierre Lescanne (2005). Est-ce que $P = NP$? Les Dossiers de La Recherche, 20 : 64–68, août-octobre.
5. Robert Sedgewick, Kevin Wayne (2011). Algorithms, Addison-Wesley, 4th edition.
6. Jörg Flum, Martin Grohe. Parameterized Complexity Theory. Springer Verlag, 2006.
7. Udi Manber 1989). Introduction to Algorithms: A Creative Approach. Addison-Wesley.
8. J. J. McConnell (2001). Analysis of algorithms: an active learning approach. Jones and Barlett Publishers.
9. Cormen, Leiserson, Rivest Stein (2010). Algorithmique, cours exercices et problèmes, 3^{ème} édition, Dunod.
10. Sylvain Perifel (2014). Complexité algorithmique. Ellipses.
11. Sanjeev Arora and Boaz Barak (2006). Computational Complexity: A Modern Approach.

Intitulé de la matière : Bases de Données Avancées. **Semestre :** 1. **Type :** UEF11.
VHS : 63h00. **VHH :** 4h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 1h30. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 42h00. **Coefficient :** 3. **Crédit :** 5.

Objectifs de la matière : Cette matière, en l'accent sur les concepts et technologies essentiels pour la conception, la gestion et l'exploitation de systèmes de bases de données modernes, en abordant à la fois les aspects théoriques et pratiques, permet à l'étudiant d'actualiser et d'approfondir ses connaissances des bases de données.

Connaissances préalables recommandées : Concepts de bases sur les bases de données, Langage SQL, Algèbre relationnelle.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Introduction aux bases de données.

- Rappels sur les concepts fondamentaux : Modèle relationnel, SGBD, langages de requêtes.
- Types de bases de données : Relationnelles, NoSQL, objets, etc.
- Architecture d'un SGBD : Client-serveur, architectures distribuées.
- Concepts de transaction, concurrence, et récupération de données.

2. Programmation SQL avancée.

- SQL avancé : Jointures, sous-requêtes, fonctions d'agrégation, vues, procédures stockées.
- Les Triggers.
- Les fonctions et procédures stockées.
- Traitement et gestion des erreurs.
- Langages de manipulation de données pour NoSQL : JSONiq, Cypher.

3. Le modèle Objet-Relationnel.

- Présentation du modèle Objet.
- Présentation du modèle Relationnel-Objet.
- Concepts du modèle RO (types complexes, héritage...).
- Interrogation des BDD Relationnelles-Objet (SQL3).

4. Bases de données NoSQL.

- Introduction aux bases de données NoSQL : Types de bases de données (clés-valeurs, documents, graphes, colonnes).
- Modèles de données NoSQL : Avantages et inconvénients.
- Études de cas : MongoDB, Cassandra, Neo4j.

5. Bases de données distribuées.

- Architecture des systèmes distribués.
- Techniques de réplication et de partitionnement.
- Consistance des données dans un environnement distribué : ACID vs BASE.

6. Performance et sécurité des bases de données.

- Optimisation des requêtes SQL.
- Indexation et stratégies d'accès.
- Sécurité : Contrôle d'accès, chiffrement des données, audit.
- Gestion de la sécurité dans les bases de données distribuées.

Mode d'évaluation : Examen 60% + Contrôle continu 40%.

Références bibliographiques :

1. R. Elmasri & S. Navathe (2016). Fundamentals of Database Systems, 7th Edition, Pearson.
2. R. Elmesri, B. Navate (2016). Fundamentals of Database Systems. 7th edition, Pearson Editions.
3. T. Connolly & C. Begg (2014). Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management, 6th Edition, Pearson.
4. Christian Soutou (2013). SQL pour Oracle. Editions Eyrolles.
5. Silberschatz, H. Korth & S. Sudarshan (2019). Database System Concepts, 7th Edition, McGraw-Hill.
6. Mohamed Fadhel SAAD (2016). PL/SQL sous Oracle 12c. Guide du développeur.
7. R.G.G. Cattell (1994). Object Data Management. Addison-Wesley.
8. P. Selmer (2012). NOSQL stores and Data analytics tools. Advances in Data Management.
9. Christopher Diaz, Database Security: Problems and Solutions, Mercury Learning and Information, 2022.

Intitulé de la matière : Réseaux Avancés 1. **Semestre :** 1. **Type :** UEF12.
VHS : 63h00. **VHH :** 4h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 1h30. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 42h00. **Coefficient :** 3. **Crédit :** 4.

Objectifs de l'enseignement : Cette matière présente aux étudiants des aspects avancés sur les réseaux de communication selon l'approche top-down. Le contenu de la matière se focalise sur les trois couches supérieures : application, transport et réseaux où les protocoles liés à ces couches sont à étudier de façon approfondie.

Connaissances préalables recommandées : Notions fondamentales sur les réseaux informatiques.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Paradigmes de communication et protocoles applicatifs

- Modèles de communication :
 - Client / Serveur.
 - Pair à pair (Peer-to-Peer).
 - Publication / Abonnement (Publish / Subscribe).
- Protocoles applicatifs :
 - HTTP, HTTPS, FTP, SIP, SMTP, DNS, CoAP, MQTT, etc.
- VoIP (Voice over IP) et RoIP (Radio over IP) : Principes de fonctionnement et protocoles associés
 - SIP : établissement et gestion des sessions.
 - RTP : transport des flux audio/vidéo en temps réel.

2. Multiplexage et protocoles de transport

- Techniques de multiplexage et de démultiplexage :
 - Notion de multiplexage à la source et de démultiplexage à la destination.
 - Utilisation des ports source et destination.
 - Association entre couches transport et application.
- Protocoles de transport :
 - TCP (Transmission Control Protocol).
 - UDP (User Datagram Protocol).
 - SCTP (Stream Control Transmission Protocol): multi-flux, hybride TCP/UDP.

3. Routage et protocoles réseau

- Rappel sur le protocole IPv4 :
 - Structure d'une adresse IPv4, masques de sous-réseaux, adressage privé/public ...
- Routage dans les réseaux IP :
 - Protocoles à vecteur de distance (ex : RIP).
 - Protocoles à état de lien (ex : OSPF).
 - Routage inter-domaines (entre systèmes autonomes) : protocole BGP.
 - Routage multicast : principes et exemples de protocoles (ex : PIM).

Mode d'évaluation : Examen 60% + Contrôle continu 40%.

Références bibliographiques :

1. Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2021). Computer Networking: A Top-Down Approach. Pearson Editions.
2. Bonaventure, O., Networking: Principles, Protocols and Practice, 3rd Edition, 2021.
3. Lannone, E., Telecommunication networks, O'Reilly Edition, 2017.

Intitulé de la matière : Systèmes Distribués 1. **Semestre :** 1. **Type :** UEF12.
VHS : 63h00. **VHH :** 4h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 1h30. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 42h00. **Coefficient :** 3. **Crédit :** 4.

Objectifs de l'enseignement :

- Introduire les principes fondamentaux des systèmes distribués.
- Comprendre les modèles de communication, les problèmes classiques et les bases de la synchronisation.

Connaissances préalables recommandées : Algorithmique, système d'exploitation et réseaux.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Chapitre 1 : Introduction aux systèmes distribués

- Définitions, objectifs, propriétés attendues.
- Exemples d'applications (Cloud, P2P, Blockchain, etc.).
- Difficultés des systèmes distribués.
- Middleware et abstraction logicielle.
- Fondamentaux théoriques : réseau, concurrence, passage à l'échelle.

2. Architectures des systèmes distribués

- Taxonomies (matériel, OS, réseau, logiciel).
- Modèles Client-Serveur, Multi-tier, P2P, Mandataire/Cache.
- Micro services et conteneurs (Docker, Kubernetes - intro).

3. Paradigmes de communication distribuée

- Passage de messages synchrone et asynchrone.
- Appels de procédures à distance (RPC).
- Invocation de méthodes à distance (RMI).
- Communication par événements et par mémoire partagée.
- Communication de groupe (bases).

4. Temps, ordonnancement et synchronisation

- Concurrency et causalité.
- Temps physique et synchronisation (Cristian, Berkeley).
- Horloges logiques (Lamport, vectorielles).
- Ordonnancement global et causal.
- Application : Exclusion mutuelle (centralisée et distribuée).

5. Problèmes fondamentaux et coordination

- Nommage et découverte de services.
- Coordination distribuée : interblocages, synchronisation, gestion d'états.
- Détection de terminaison (algorithmes de Dijkstra et associés).

Mode d'évaluation : Examen 60% + Contrôle continu 40%.

Références bibliographiques :

1. G. Coulouris, J. Dollimore, and T. Kindberg, Distributed Systems - Concepts and Design, 3rd ed., Addison-Wesley, 2003.
2. A. S. Tanenbaum, M. van Steen, Distributed Systems - Principles and Paradigms, Prentice Hall, 2002.
3. Michel Raynal, Synchronisation et état global dans les systèmes répartis et Gestion des données réparties, Éditions Eyrolles, 1992.
4. M. Singhal, N. G. Shivaratri, Advanced Concepts in Operating Systems, McGraw-Hill, 1994.
5. Nancy Lynch, Distributed Algorithms, Elsevier, 1996.
6. Ajay D. Kshemkalyani, Mukesh Singhal, Distributed Computing: Principles, Algorithms, and Systems, Cambridge University Press, 2008.
7. Nicola Santoro, Design and Analysis of Distributed Algorithms, John Wiley & Sons, 2007.
8. Alexandre Duret-Lutz, Algorithmique Distribuée, Notes de cours.
9. Cyril Gavoille, Algorithmes distribués, Master 1&2, Université de Bordeaux, 2015.
10. Jie Wu, Distributed System Design, CRC Press LLC, 1999.

Intitulé de la matière : Analyse de Données. **Semestre :** 1. **Type :** UEM1.
VHS : 42h00. **VHH :** 3h00. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 21h00. **Coefficient :** 2. **Crédit :** 4.

Objectifs de l'enseignement : L'analyse de données a pour objectif de donner une vision synthétique et interprétable de l'organisation de données ; ainsi, cette matière est une introduction à l'analyse des données en présentant les différentes étapes du cycle d'analyse de données afin que l'étudiant prenne connaissance de l'importance de l'analyse des données en termes d'interprétation et de prise de décision. Le contenu de cette matière permet à l'étudiant :

- De comprendre les concepts fondamentaux de l'analyse de données.
- De développer des compétences en exploration, nettoyage et transformation de données.
- De comprendre et d'appliquer différentes techniques d'analyse statistique et prédictive.
- De pouvoir utiliser des outils d'analyse et de visualisation de données.
- D'interpréter les résultats de l'analyse et de les communiquer efficacement.

Connaissances préalables recommandées : Connaissances de base en statistique descriptive et des notions de calcul matriciel.

Contenu de la matière :
Cours : 21h.

1. Introduction à l'analyse de données

- Définition et objectifs de l'analyse exploratoire.
- Typologie des données : qualitatives, quantitatives, ordinales.
- Étapes d'un projet d'analyse de données.
- Préparation des données : nettoyage, codage, traitement des valeurs manquantes.

2. Analyse des relations entre variables

- Analyse de corrélation (Pearson, Spearman).
- Test de dépendance entre variables qualitatives (χ^2).
- Analyse de variance (ANOVA).
- Régression linéaire simple et multiple : interprétation, qualité d'ajustement.

3. Analyse factorielle

- ACP – Analyse en Composantes Principales (pour données quantitatives).
- AFC – Analyse Factorielle des Correspondances (tableaux de contingence).
- ACM – Analyse des Correspondances Multiples (variables qualitatives multiples).
- AFM – Analyse Factorielle Mixte (variables qualitatives et quantitatives mélangées).

4. Classification des données

- Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).
- Méthodes de partition : k-means, k-medoids.
- Choix du nombre de classes (critères de Calinski-Harabasz, silhouette, etc.).
- Interprétation des groupes et visualisation des classes.

5. Visualisation des données

- Graphiques univariés : histogrammes, boxplots, diagrammes circulaires.
- Graphiques bivariés : nuages de points, matrices de corrélation.
- Visualisation multidimensionnelle : cartes factorielles, projection des individus.
- Visualisation interactive avec Python (Matplotlib, Seaborn, Plotly) ou R (ggplot2, FactoMineR).

6. Séries Chronologiques

- Modélisation déterministe.
- Analyse de la tendance.
- Les moyennes mobiles.
- Décomposition d'une série chronologique.
- Prévion par lissage exponentiel.

7. Études de cas et applications

- Application sur jeux de données réels (marketing, santé, éducation, etc.).
- Analyse exploratoire complète guidée.
- Sélection des méthodes selon la nature des données.
- Interprétation critique des résultats statistiques.
- Mini-projet en binôme ou par groupe.

Mode d'évaluation :

- Examen semestriel en présentiel (60%).
- Évaluation continue (CC) (40%) : Contrôle continu, travail personnel.

Références bibliographiques :

1. Saporta G. Probabilités, analyse des données et statistique. 3 ème édition, Technip, 2011.
2. Tenenhaus M. : Statistique. Méthodes pour décrire, expliquer et prévoir, Dunod, 2010.
3. Lebart L., Morineau A., Piron M. : Statistique exploratoire multidimensionnelle, Dunod, 4ème édition, 2006.
4. Nakache J.-P., Confais J. : Approche pragmatique de la classification. Technip 2005.
5. Pierre Rigollet, Analysez efficacement vos données, livre Edition Eni, 2013.
6. Nathan Yau, Data visualisation, livre Edition Eyrolles, 2013.

Intitulé de la matière : Modélisation et Simulation des Réseaux. **Semestre :** 1. **Type :** UEM1.
VHS : 42h00. **VHH :** 3h00. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 21h00. **Coefficient :** 2. **Crédit :** 5.

Objectifs de la matière : Toute conception de système doit nécessairement s'accompagner d'une évaluation de performances préalable. Cette évaluation de performances passe par une étape de modélisation. L'objectif de cette UE est d'introduire les étudiants aux problèmes de la modélisation et de l'évaluation de performances des systèmes informatiques en général et principalement des systèmes informatiques et réseaux de communication, et de leur donner des méthodes et des outils indispensables au dimensionnement de toute architecture ou protocole de réseaux.

Dans la deuxième partie de ce cours, les étudiants apprendront les techniques de simulation en tant qu'outils d'aide à la conception et d'analyse de performances de systèmes informatiques et des réseaux. Les thèmes abordés en cours traitent les notions de base relatives aux simulations à événements discrets, de la génération de nombres aléatoires jusqu'à l'analyse des données simulées. Les étudiants auront l'occasion durant les travaux pratiques de manipuler divers logiciels de simulation adoptés en milieu académique et industriel tels que NS2, et OMNET++.

Connaissances préalables recommandées : Concepts de bases sur les réseaux informatique.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Les problématiques liées à la performance des systèmes informatiques et réseaux.
2. Méthodes analytiques de modélisation des performances (les files d'attente, Petri Nets, processus stochastiques).
3. Outils de simulation (simulations à événements discrets).
4. Logiciels de simulation, e.g., NS2, OMNET++ ...
5. Génération de nombres aléatoires.
6. Analyse des données simulées.
7. Études de cas : Performance des caches ; les concepts d'ingénierie de trafic ; gestion de la bande passante ; modélisation et influence du trafic sur les performances des réseaux.

Mode d'évaluation : Contrôle continu et examen.

Références bibliographiques :

1. M. A. Niazi, "Modeling and Simulation of Complex Communication Networks ", Institution of Engineering and Technology, 2019.
2. K. Chen, "Évaluation de performances par simulation et analyse - applications aux réseaux informatiques", Editions iSTE, 2014.
3. R. M. Fujimoto, G.Riley et K. Perumalla, "Network Simulation", Morgan and Claypool Publishers, 2006.

Intitulé de la matière : Introduction à l'Internet des Objets. **Semestre :** 1. **Type :** UET1.

VHS : 21h00. **VHH :** 1h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 0h00.

VHS travail personnel : 21h00. **Coefficient :** 1. **Crédit :** 2.

Objectifs de la matière : À l'issue de cette matière, l'étudiant devra être capable de :

- Expliquer les fondements techniques et les enjeux de l'Internet des objets.
- Identifier les composants, protocoles et architectures IoT.
- Mettre en œuvre des applications simples utilisant la communication entre objets.

Connaissances préalables recommandées : Bases en réseaux informatiques et notions de programmation orientée objet.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Introduction à l'Internet des objets (définitions, enjeux, historique).
2. Composants et capteurs dans l'IoT (capteurs, actionneurs, microcontrôleurs).
3. Architectures réseau et modèles de communication (client-serveur, publish/subscribe).
4. Protocoles de communication IoT.
5. Cas d'usages et domaines d'application (santé, agriculture, industrie, smart city).
6. Sécurité, confidentialité, et normes de standardisation.
7. Plateformes IoT (ex : Arduino, Raspberry Pi, Node-RED, AWS IoT...).
8. Programmation d'objets connectés (Java, C, Python).
9. IoT, Big Data et intelligence ambiante : défis et perspectives.
10. IoT, innovation et écosystèmes industriels.

Mode d'évaluation : 100 % Examen.

Références bibliographiques :

1. Pierre-Jean Benghozi, Sylvain Bureau, Françoise Massit-Folléa, L'Internet des Objets. 2009.
2. Adrian McEwen, Hakim Cassimally, Designing the Internet of Things, Wiley, 2013.
3. Olivier Hersent, L'Internet des objets : Les principaux protocoles M2M, Dunod, 2014.
4. Samuel Greengard, The Internet of Things, MIT Press, 2015.
5. Tomás Domínguez-Bolaño, Omar Campos, Valentín Barral, Carlos J. Escudero, José A. García-Naya, An overview of IoT architectures, technologies, and existing open-source projects, Volume 20, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100626>.

Intitulé de la matière : Une Matière au Choix. **Semestre :** 1. **Type :** UED1.
VHS : 21h00. **VHH :** 1h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 0h00.
VHS travail personnel : 0h00. **Coefficient :** 1. **Crédit :** 1.

Objectifs de l'enseignement : Cette matière permet aux étudiants d'acquérir une vision plus large de leur domaine d'études et favorise une meilleure compréhension des enjeux sociaux, économiques et éthiques liées à l'informatique, ainsi qu'une capacité à communiquer efficacement et à s'adapter à des situations diverses qui peuvent se présenter. En d'autres termes, cette matière permet :

- Une ouverture à d'autres disciplines en relation avec le quotidien, afin de comprendre l'importance de la collaboration dans un environnement pluridisciplinaire.
- L'élargissement des horizons, ce qui favorise la compréhension de la pensée humaine dans le temps et l'espace.
- Développement de compétences transversales : communication, vision holistique, analyse et synthèse, capacité d'adaptation, etc.

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :
Cours : 21h.

1. Introduction à la discipline concernée (matière choisie).
2. Présentation des concepts fondamentaux.
3. Applications croisées avec l'informatique.
4. Études de cas.

Liste des matières proposées pour le choix (Une matière par semestre).	
Catégorie : "Sciences et culture".	Catégorie : "Technique".
- Informatique verte (Green IT). - Gouvernance et transformation digitale. - L'impact des technologies sur le travail et les relations sociales. - Les technologies émergentes dans les services publics. - Biologie des systèmes et modélisation informatique. - Philosophie des sciences et de la technique. - Systèmes d'information environnementaux. - Droit du Numérique et Protection des Données (RGPD). - Psychologie cognitive.	- Informatique fondamentale. - Génie logiciel. - Ingénierie des systèmes d'information. - Science des données. - Sécurité Informatique (Cybersécurité). - Intelligence Artificielle. - Systèmes Cyber-Physiques. - Informatique visuelle. - Bio-informatique. - Calcul haute performance. - Informatique quantique.

Mode d'évaluation :

- Examen semestriel en présentiel (100%).

Références bibliographiques : L'enseignant propose des références selon la matière choisie.

Intitulé de la matière : Réseaux Avancés 2. **Semestre :** 2. **Type :** UEF21.
VHS : 63h00. **VHH :** 4h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 1h30. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 42h00. **Coefficient :** 3. **Crédit :** 5.

Objectifs de l'enseignement : Le contenu de cette matière est une continuité par rapport à celui de la matière Réseaux avancés 1, où des concepts avancés relatifs aux réseaux IP ainsi qu'une panoplie de protocoles importants fonctionnant au niveau de la couche liaison de données sont étudiés. Elle aborde également des technologies émergentes des réseaux telles que le SDN (Software Defined Networking) et le NFV (Network Functions Virtualization).

Connaissances préalables recommandées : Réseaux avancés 1.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Protocoles IP avancés et mobilité

- Protocoles IPv6 et ICMPv6 : structure, fonctionnement, comparaison avec IPv4.
- Transition entre IPv4 et IPv6 :
 - Techniques de coexistence : double pile, tunneling, passerelles.
- Mobilité IP : principe et fonctionnement du protocole Mobile IP (MIP).
- Introduction au Named Data Networking (NDN) : Modèle de communication basé sur le contenu.

2. Réseaux locaux et gestion des infrastructures

- Commutation et segmentation de réseau.
 - Réseaux locaux virtuels (VLANs).
 - Protocoles associés : VTP (VLAN Trunking Protocol), DTP (Dynamic Trunking Protocol).
 - Prévention des boucles de commutation : STP (Spanning Tree Protocol).
- Adressage local et accès au support.
 - Traduction d'adresses : NAT (Network Address Translation), PAT (Port Address Translation).
 - Protocoles d'adressage local : ARP, RARP.
 - Protocoles de liaison de données : PPP, HDLC.
 - Accès au support : CSMA/CD.
 - Découverte de voisinage : LLDP (Link Layer Discovery Protocol).
- Supervision et gestion de réseau.
 - Protocoles de gestion : NTP (Network Time Protocol), SNMP (Simple Network Management Protocol) Introduction à MPLS (Multi-Protocol Label Switching).

3. Réseaux programmables et virtualisation

- Réseaux définis par logiciel (SDN - Software Defined Networking) :
 - Architecture, séparation du plan de contrôle et de données.
 - Cas d'usage et exemples d'implémentation.
- Virtualisation des fonctions réseau (NFV - Network Function Virtualization) :
 - Principe et technologies.
 - Complémentarité avec SDN.

Mode d'évaluation : Examen 60% + Contrôle Continu 40%.

Références bibliographiques :

1. Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2021). Computer Networking A Top-Down Approach. Pearson Editions. 2021.
2. Bonaventure, O., Networking: Principles, Protocols and Practice, 3rd Edition, 2021.
3. Lannone, E., Telecommunication networks, O'Reilly Edition, 2017.

Intitulé de la matière : Réseaux sans Fil. **Semestre :** 2. **Type :** UEF21.
VHS : 63h00. **VHH :** 4h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 1h30. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 42h00. **Coefficient :** 3. **Crédit :** 5.

Objectifs de l'enseignement : L'utilisation des réseaux sans fil s'impose de plus en plus dans notre vie d'où l'importance de cette matière qui permet aux étudiants d'acquérir des notions très solides dans ce domaine.

Connaissances préalables recommandées : Notions de réseau Informatique.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

- Introduction aux réseaux sans fil.
- Types de réseaux sans fil.
- Eléments fondamentaux de la transmission sans fil : le signal, les ondes électromagnétiques, la propagation, la couverture, etc.
- Les techniques d'étalement de spectre (FHSS, DSSS...).
- Antennes et équipements de transmission dans les réseaux sans fil.
- Les réseaux locaux sans fil.
 - Définitions et architectures.
 - Les normes IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax (Wi-Fi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7...).
 - La couche physique dans les réseaux locaux sans fil.
 - Couche liaison de données : Les techniques d'accès concurrent au support de communication sans fil (CSMA/CA).
 - La sécurité dans les réseaux locaux sans fil.
- Les réseaux Ad hoc.
- Le routage dans les réseaux Ad hoc : protocoles proactifs, protocoles réactifs, protocoles hybrides.
- Réseaux de capteurs sans fil.
- Les nouvelles technologies émergentes de la communication sans fil.

Mode d'évaluation : Examen 60% + Contrôle Continu 40%.

Références bibliographiques :

1. Sachan V. K. Wireless Cellular Communications: Principles, Designs and Applications, Paperback Edition. 2020.
2. Blokdyk, G. Wireless Local Area Network A Complete Guide, Paperback Edition. 2021.
3. Kurose, J. F., & Ross, K. W. Computer Networking: A Top-Down Approach. Pearson Editions. 2021.
4. Lannone, E. Telecommunication networks, O'Reilly Edition. 2017.
5. William Stallings, Wireless Communications & Networks, Prentice Hall (2005).
6. Begrouz A. Forouzan, DATA COMMUNICATION AND NETWORKING, fourth edition McGraw-Hill, Higher Education, 2007.

Intitulé de la matière : Systèmes Distribués 2. **Semestre :** 2. **Type :** UEF22.
VHS : 42h00. **VHH :** 3h00. **Cours :** 1h30. **TD :** 1h30. **TP :** 0h00.
VHS travail personnel : 21h00. **Coefficient :** 3. **Crédit :** 4.

Objectifs de l'enseignement :

- Approfondir les algorithmes distribués, la tolérance aux fautes et la cohérence des données.
- Étudier les systèmes concrets : fichiers distribués, gestion d'objets, quorums, P2P.

Connaissances préalables recommandées : Systèmes Distribués 1.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Algorithmes distribués avancés

- Algorithmes d'élection (Bully, Ring).
- Anneaux virtuels et protocoles d'insertion/retrait.
- Détection de terminaison (algorithmes, applications).

2. Tolérance aux fautes

- Hypothèses de pannes et modèles de fautes.
- Points de reprise (checkpointing, log-based recovery).
- Diffusion fiable.
- Consensus et quorums (Paxos, Raft - survol).

3. Cohérence et réplication des données

- Modèles de cohérence (forte, séquentielle, causale, éventuelle).
- Protocoles de réplication (copie primaire, duplication active/passive).
- Communication de groupe ordonnée (reliable multicast, atomic broadcast).

4. Gestion répartie de l'information

- Objets distribués, mémoire virtuelle distribuée.
- Gestion de caches, duplication et cohérence.
- Diffusion large échelle (multicast, pub-sub).

5. Systèmes P2P et quorums

- Architectures P2P : non structurée vs DHT (Chord, Kademlia).
- Systèmes de quorums pour la tolérance et la cohérence.
- Applications : Blockchain, BitTorrent (exemples).

6. Études de cas & technologies modernes

- Fichiers distribués : NFS, AFS, HDFS.
- Middleware et frameworks: Zookeeper, Kafka, gRPC.
- Exemples de micro services et architectures orientées service.

Mode d'évaluation : Contrôle Continu 40% + Examen 60%.

Références bibliographiques :

1. Rachid Guerraoui and Luis Rodrigues, Introduction to Reliable Distributed Programming, Springer, 2010.
2. A. S. Tanenbaum, M. van Steen, Distributed Systems - Principles and Paradigms, Prentice Hall, 2002.
3. Michel Raynal, Synchronisation et état global dans les systèmes répartis, Éditions Eyrolles, 1992.
4. M. Singhal, N. G. Shivaratri, Advanced Concepts in Operating Systems, McGraw-Hill, 1994.
5. Ajay D. Kshemkalyani, Mukesh Singhal, Distributed Computing: Principles, Algorithms, and Systems, Cambridge University Press, 2008.
6. Sukumar Ghosh, Distributed Systems: An Algorithmic Approach, Taylor & Francis Group, 2007.
7. Nancy Lynch, Distributed Algorithms, Elsevier, 1996.
8. Nicola Santoro, Design and Analysis of Distributed Algorithms, John Wiley & Sons, 2007.
9. Weijia Jia and Wanlei Zhou, Distributed Network Systems - From Concepts to Implementations, Springer, 2005.
10. Richard John Anthony, Systems Programming: Designing and Developing Distributed Applications, Elsevier, 2016.

Intitulé de la matière : Modèles de Spécification des Systèmes Distribués. **Semestre :** 2. **Type :** UEF22.
VHS : 42h00. **VHH :** 3h00. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 21h00. **Coefficient :** 2. **Crédit :** 4.

Objectifs de l'enseignement : L'objectif de cette matière est d'introduire l'étudiant dans le domaine de la conception formelle des systèmes parallèles et distribués. L'accent sera mis sur les formalismes de spécification et les modèles sémantiques du parallélisme. Par ailleurs, dans les séances de travaux pratiques il serait question d'introduire les étudiants à des outils de spécification formelle et leur application sur des exemples issus du domaine des systèmes concurrents, parallèles et distribués.

Connaissances préalables recommandées : Notions sur le génie logiciel.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Méthodologie de conception formelle des systèmes parallèles et distribués

2. Sémantique et modèle des systèmes de transitions Étiquetées

3. Modèle des réseaux de Petri

- Syntaxe et sémantique.
 - Principales caractéristiques.
 - Propriétés générales des réseaux de Petri.
 - Ingrédients pour la modélisation.
 - Modèles classiques (Producteurs consommateurs, Lecteurs rédacteurs, Problème des philosophes).
- Analyse de propriétés.
 - Propriétés des réseaux de Petri.
 - Analyse de quelques propriétés des réseaux de Petri via les composantes fortement connexes.
 - Analyse structurelle des réseaux de Petri.

4. L'algèbre de processus LOTOS

- Syntaxe de Basic LOTOS.
- Spécification des données dans LOTOS.
- Sémantique opérationnelle structurée d'entrelacement de LOTOS.
- Quelques exemples classiques de spécifications formelles.

5. Vue générale sur les méthodes formelles de vérification

Mode d'évaluation : Examen 60% + Contrôle Continu 40%.

Références bibliographiques :

1. Howard Bowman and Rodolfo Gomez, Concurrency Theory: Calculi and Automata for Modelling Untimed and Timed Concurrent Systems, 2006.
2. Manfred Broy Bengt Jonsson, Joost-Pieter Katoen Martin Leucker and Alexander Pretschner (Eds.) Model-Based Testing of Reactive Systems Advanced Lectures Book Series Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin / Heidelberg 2005.
3. Saidouni Djamel Eddine, Modèles du parallélisme, Polycopié (80 pages).

Intitulé de la matière : Qualité de Service dans les Réseaux. **Semestre :** 2. **Type :** UEM2.
VHS : 42h00. **VHH :** 3h00. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 21h00. **Coefficient :** 2. **Crédit :** 4.

Objectifs de l'enseignement : L'évaluation de l'état du système et la détection des dysfonctionnements sont des tâches primordiales pour assurer une bonne maîtrise du réseau et mener à bien ses actions. À la fin de cette matière, l'étudiant apprendra les éléments de bases de la QoS, la relation entre la QoS et le réseau, les modèles de base de gestion de files d'attente appliqués aux réseaux, les modèles de politiques de QoS, ainsi que les mécanismes appliqués pour garantir la QoS dans les réseaux de communication. Il découvrira aussi la QoS implémentée dans les réseaux de la nouvelle génération.

Connaissances préalables recommandées : Les différents types de réseaux et leurs protocoles.

Contenu de la matière :
Cours : 21h.

1. Introduction de la QoS dans les réseaux IP

- Critères de QoS (Débit, Gigue, taux de perte ...).
- Types de QoS.
- Taxonomie des applications.
- Le multimédia et la QoS (Streaming, Multicast.).

2. Gestion de trafic

- Scheduling.
- Traffic shaping.
- Policing.
- Congestion avoidance.

3. Politiques de QoS

- DiffServ.
- InServ.
- RSVP.
- MPLS.

4. QoS dans les réseaux

Mode d'évaluation : Examen 60% + Contrôle Continu 40%.

Références bibliographiques :

1. Wendell Odom, Michael J. Cavanaugh, Cisco QOS Exam Certification Guide (IP Telephony Self-Study): CISCO QOS EXAM CERT GD_c2 (Official Cert Guide), Cisco Systems, 2005.
2. Jean François Susbielle Internet, Multimedia et temps réel, Eyrolles 2000.
3. Jean Louis Melin, Qualité de service sur IP, Eyrolles 2001.
4. R. Steinmetz, Multimedia : Computing, Communications and Applications, Prentice Hall 1995.

Intitulé de la matière : Apprentissage Automatique. **Semestre :** 2. **Type :** UEM2.
VHS : 63h00. **VHH :** 4h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 1h30. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 42h00. **Coefficient :** 2. **Crédit :** 5.

Objectifs de l'enseignement : Cette matière est un approfondissement des bases de l'Apprentissage Automatique : Types d'apprentissage, prétraitement des données, extraction de motifs, classification supervisée, validation croisée et optimisation de modèles. Elle permet de :

- Apprendre à connaître les données.
- Connaître et savoir appliquer les fondamentaux théoriques et pratiques de l'Apprentissage Automatique.
- Connaître et savoir appliquer les techniques d'extraction de connaissance à partir de données quelconques.

Connaissances préalables recommandées : Mathématiques : Algèbre linéaire, probabilités, statistiques, etc.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Introduction et Fondamentaux

- Aperçu sur l'Apprentissage Automatique.
- Types de ML et cycle de vie d'un projet.
- Applications et différences avec le Data Mining.

2. Prétraitement des données

- Gestion des valeurs manquantes et outliers.
- Normalisation, discrétisation, encodage.
- Problème des jeux de données déséquilibrés (Imbalanced Datasets).

3. Régression

- Régression linéaire (simple et multiple).
- Régularisation (Ridge, Lasso).

4. Classification

- Perceptron simple (introduction aux réseaux).
- Arbres de décision et forêts.
- K-plus proches voisins.
- Naïve Bayes.
- SVM (séparateurs linéaires).

5. Clustering

- Mesures de similarité.
- K-means, CAH.
- DBSCAN.

6. Évaluation et validation des modèles

- Métriques pour la régression (MAE, RMSE, R^2).
- Métriques pour le clustering (silhouette, Davies-Bouldin).
- Techniques avancées de validation (stratified CV, nested CV).
- Cross-validation (K-fold, leave-one-out).
- Overfitting vs underfitting (courbes d'apprentissage).
- Optimisation d'hyperparamètres.
- Interprétation des résultats (accuracy, precision, recall, F1).

7. Ingénierie des caractéristiques et détection d'anomalies

- Création et sélection de features.
- Réduction de dimension (PCA).
- Méthodes de détection (Isolation Forest, LOF).

8. Motifs fréquents et règles d'association

- Concepts de base.
- Méthodes pour la recherche des motifs fréquents.
- Passage aux règles d'association.
- Motifs fréquents séquentiels.

9. Études de cas et AutoML

- Projet 1 : segmentation clientèle avancée.
- Projet 2 : détection de fraude.
- Introduction à AutoML (TPOT, Auto-sklearn).

Mode d'évaluation :

- Examen semestriel en présentiel (60%).
- Évaluation continue (CC) (40%) : Contrôle continu, travail personnel.

Références bibliographiques :

1. Murphy, K.M., "Machine Learning", MIT Press, 2012.
2. Mohri, M., Rostamizadeh, A., and Talwalkar, A., "Foundations of Machine Learning", MIT Press, 2012.
3. Goodfellow, I., Bengio, Y., and Courville, A., "Deep Learning", MIT Press, 2016.
4. Borwein, J. M., and Lewis, A. S., "Convex Analysis and Nonlinear Optimization: Theory and Examples", Springer, 2006.
5. Practical MLOps, Noah Gift & Alfredo Deza, O'REILLY Media, 2021.
6. Introducing MLOps, Mark Treveil & the Dataiku Team, O'REILLY Media, 2020.

Intitulé de la matière : **Lean Startup** Semestre : 2 Type : UET21
VHS : 42h VHH : 3h00 Cours : 1h30 TD : TP : 1h30
VHS travail personnel : 21h Coefficient : 2 Crédit : 2

Objectifs de l'enseignement

Ce module initie les étudiants à la méthodologie Lean Startup. Axée sur l'expérimentation rapide, l'apprentissage continu et la prise de décision basée sur les données, cette approche vise à réduire le gaspillage de temps et de ressources. Le cours offre des outils pratiques, particulièrement adaptés aux profils scientifiques et technologiques, pour transformer des idées innovantes ou des résultats de recherche en projets économiques viables. À son issue, les étudiants sauront formuler des hypothèses, concevoir un Produit Minimum Viable (MVP) et aligner l'innovation avec les besoins réels du marché.

Connaissances préalables recommandées

Principes de l'entrepreneuriat ; Fondamentaux de la gestion de projet ;

Contenu de la matière

Cours : 21h

Chapitre 1 : Introduction aux startups

- Définition et caractéristiques d'une startup ;
- Différences entre une entreprise traditionnelle et une startup ;
- Innovation et création de valeur ;
- Particularités des projets technologiques dans un contexte d'incertitude.

Chapitre 2 : La méthodologie Lean Startup

- Origine et évolution du Lean Startup ;
- Principes fondamentaux de la méthode ;
- Cycle d'apprentissage continu : Build – Measure – Learn ;
- Concept de « Validated Learning » ;
- Optimisation des ressources et réduction du gaspillage.

Chapitre 3 : Développement client (Customer Development)

- Méthodologie de Steve Blank ;
- Identification des problèmes réels des clients ;
- Conduite d'entretiens terrain et analyse des résultats ;
- Construction et validation des hypothèses de valeur.

Chapitre 4 : Modèle économique (Business Model)

- Définition et importance du modèle économique ;
- Business Model Canvas ;
- Segmentation des clients ;
- Proposition de valeur ;
- Sources de revenus et structure des coûts.

Chapitre 5 : Développement du MVP

- Concept du Minimum Viable Product (MVP) ;
- Importance du MVP dans la réduction des risques ;
- Différents types de MVP ;
- Applications du MVP dans les projets numériques, scientifiques et technologiques.

Chapitre 6 : Mesure et analyse

- Indicateurs clés de performance (KPIs) ;
- Analyse de la croissance et du comportement des utilisateurs ;
- Modèle AARRR (Acquisition, Activation, Rétention, Recommandation, Revenu) ;
- Prise de décision fondée sur les données.

Chapitre 7 : Adaptation stratégique et prise de décision

- Concepts de Pivot et Persevere ;
- Quand changer de direction stratégique ?
- Différents types de pivots ;
- Analyse d'études de cas internationales.

Chapitre 8 : Financement et stratégies de croissance

- Sources de financement en phase de démarrage ;
- Business Angels et Capital-risque ;
- Stratégies de croissance rapide ;
- Fondamentaux du marketing et de la croissance des startups.

Mode d'évaluation (doit être porté à la connaissance des étudiants en début de chaque semestre)

- **Examen semestriel en présentiel (20%).**
- **Évaluation continue (CC) (80%) :** contrôles continus, travail personnel.

Références bibliographiques

- **Ries, E. (2011).** *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses.* Crown Business.
- **Blank, S., & Dorf, B. (2012).** *The Startup Owner's Manual: The Step-by-Step Guide for Building a Great Company.* K&S Ranch Publishing.
- **Osterwalder, A., Pigneur, Y., Bernarda, G., & Smith, A. (2014).** *Value Proposition Design: How to Create Products and Services Customers Want.* John Wiley & Sons.
- **Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010).** *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers.* John Wiley & Sons.

Intitulé de la matière : Une Matière au Choix. **Semestre :** 2. **Type :** UED2.
VHS : 21h00. **VHH :** 1h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 0h00.
VHS travail personnel : 0h00. **Coefficient :** 1. **Crédit :** 1.

Objectifs de l'enseignement : Cette matière permet aux étudiants d'acquérir une vision plus large de leur domaine d'études et favorise une meilleure compréhension des enjeux sociaux, économiques et éthiques liées à l'informatique, ainsi qu'une capacité à communiquer efficacement et à s'adapter à des situations diverses qui peuvent se présenter. En d'autres termes, cette matière permet :

- Une ouverture à d'autres disciplines en relation avec le quotidien, afin de comprendre l'importance de la collaboration dans un environnement pluridisciplinaire.
- L'élargissement des horizons, ce qui favorise la compréhension de la pensée humaine dans le temps et l'espace.
- Développement de compétences transversales : communication, vision holistique, analyse et synthèse, capacité d'adaptation, etc.

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Introduction à la discipline concernée (matière choisie).
2. Présentation des concepts fondamentaux.
3. Applications croisées avec l'informatique.
4. Études de cas.

Liste des matières proposées pour le choix (Une matière par semestre).	
Catégorie : "Sciences et culture".	Catégorie : "Technique".
- Informatique verte (Green IT). - Gouvernance et transformation digitale. - L'impact des technologies sur le travail et les relations sociales. - Les technologies émergentes dans les services publics. - Biologie des systèmes et modélisation informatique. - Philosophie des sciences et de la technique. - Systèmes d'information environnementaux. - Droit du Numérique et Protection des Données (RGPD). - Psychologie cognitive.	- Intelligence Artificielle. - Génie logiciel. - Ingénierie des systèmes d'information. - Science des données. - Sécurité Informatique (Cybersécurité). - Informatique Fondamentale. - Systèmes Cyber-Physiques. - Informatique visuelle. - Bio-informatique. - Calcul haute performance. - Informatique quantique.

Mode d'évaluation :

- Examen semestriel en présentiel (100%).

Références bibliographiques : L'enseignant propose des références selon la matière choisie.

Intitulé de la matière : Réseaux Mobiles. **Semestre :** 3. **Type :** UEF31.
VHS : 63h00. **VHH :** 4h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 1h30. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 21h00. **Coefficient :** 3. **Crédit :** 5.

Objectifs de l'enseignement : Cette matière permet à l'étudiant de découvrir les réseaux étendus, notamment les réseaux cellulaires sont couverts dans leur ensemble selon les différentes technologies existantes et la nouvelle génération 6G est également introduite. Le réseau urbain sans fil WiMax est analysé du point de vue de sa performance et de ses services. Le réseau LTE est aussi couvert.

Connaissances préalables recommandées : Bonnes connaissances de la réseautique de base, en particulier le modèle de référence OSI et les protocoles du modèle TCP/IP.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Réseaux mobiles de 2^{ème} génération
2. Réseaux mobiles de 3^{ème} génération
3. Réseaux mobiles de 4^{ème} génération
4. Réseaux mobiles de 5^{ème} génération
5. Réseaux mobiles à venir la 6G

Mode d'évaluation : Examen 60% + Contrôle Continu 40%.

Références bibliographiques :

1. From GSM to LTE-Advanced Pro and 5G: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband- Martin Sauter, Wiley and Sons Ltd, 2017.
2. Réseaux GSM - Xavier Lagrange, Philippe Godlewski, Sami Tabbane - Ed. Hermes, 2000.
3. WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE - Dr. Harri Holma, Dr. Antti Toskala - Ed. Willey.
4. 3G Wireless with WiMAX and Wi-Fi: 802.16 and 802.11 - Clint Smith et John Meyer - Ed. McGraw - Hill Professional.
5. L. Toutain "Réseaux locaux et Internet", 3^{me} édition, Hermes, 2003.
6. C. Huitema "Le routage dans l'Internet", Eyrolles, 1995.
7. Jochen Schiller, Mobile Communications. Addison-Wesley, 2000. Wireless Communications – Principles and Practice, Second Edition. Theodore S. Rappaport. Prentice Hall.

Intitulé de la matière : Virtualisation, Cloud Computing et Sécurité. **Semestre :** 3. **Type :** UEF31.
VHS : 63h00. **VHH :** 4h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 3h00.
VHS travail personnel : 42h00. **Coefficient :** 3. **Crédit :** 5.

Objectifs de l'enseignement : L'objectif de cette matière est de permettre à l'étudiant de se familiariser avec le Cloud Computing, en présentant les fondements de la virtualisation ainsi que les outils permettant de créer et de déployer des infrastructures Cloud et enfin les applications de la sécurité dans un tel environnement.

Connaissances préalables recommandées : Notions de virtualisation, de distributivité, de réseau, de Web, ...

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Virtualisation.

- Définitions de la virtualisation.
- Machines virtuelles (virtualisation des postes de travail, virtualisation des serveurs).
- Virtualisation des applications.
- Virtualisation des données et du stockage.
- Virtualisation des réseaux informatiques.

2. Définitions et historiques.

- Définitions : Le Cloud et le Cloud Computing, le Cloud Computing d'un point de vue économique, et le Cloud Computing comme un espace virtuel.
- Historique : Années 50, début des années 2000, ...

3. Modèles et services du Cloud Computing.

- Modèles du Cloud.
- Services Cloud : Infrastructure en tant que service (IaaS), Plateforme en tant que service (PaaS), et Logiciel en tant que service (SaaS).
- Architecture des services cloud.
- Autres services.

4. Architecture et typologie du Cloud Computing.

- Architecture : N-Tiers, architecture orientée services (SOA), machine virtuelle, et virtualisation de fichiers.
- Déploiement : Phase pilote, phase de déploiement et d'intégration, phase de pilotage du chargement.
- Typologie : Cloud privé, Cloud public, Cloud communautaire, Cloud hybride, Cloud distribué, Inter-Cloud, et Multi-Cloud.

5. Exemples de Cloud.

- DROPBOX, Plateforme Cloud Microsoft, Clouds commerciaux et principaux acteurs du marché.
- Présentation d'OpenStack, OpenNebula.
- Exemples de Cloud pour le stockage.

6. Avantages et limites du Cloud.

- Avantages du Cloud : Réduction des coûts, flexibilité et recentrage sur le cœur de métier.
- Limites du Cloud : Maîtrise des pertes informatiques (confiées à un ou des tiers), problèmes de sécurisation des données informatiques.

7. Sécurité et confidentialité dans le Cloud.

- Aspects généraux.
- Problèmes de sécurité spécifiques.
- Aspects contractuels.
- Bonnes pratiques de sécurité.
- Synthèse et aperçu. - Menace. - Types d'attaquants. - Risques de sécurité. - Conseils pour limiter les risques.

Mode d'évaluation : Contrôle continu et examen.

Références bibliographiques :

1. Rajkumar Buyya, James Broberg, Andrzej M. Goscinski, "Cloud Computing: Principles and Paradigms", John Wiley & Sons, 2010 (ISBN 9781118002209).
2. Lee Gillam, "Cloud computing", Springer, 2010 (ISBN 9781849962414).
3. Zaigham Mahmood, Richard Hill, "Cloud Computing for Enterprise Architectures", Springer, 2011 (ISBN 9781447122364).
4. Cigref Réseau des grandes entreprises, Fondamentaux du Cloud Computing – Le point de vue des grandes entreprises", Mars 2013.
5. Romain Hennion, Hubert Tournier, Eric Bourgeois, Cloud Computing : Décider - Concevoir - Piloter - Améliorer, Eyrolles, 2012.
6. Guillaume Plouin, Cloud Computing, Sécurité, stratégie d'entreprise et panorama du marché, Collection InfoPro, Dunod, 2013.
7. Guillaume Plouin, Tout sur le Cloud Personnel, Travaillez, stockez, jouez et échangez... dans le nuage, Dunod, 2013.
8. Adora Nwodo, Confident Cloud: Uncover the Essentials of Cloud Computing (Confident Series, 17) Edition: 1, Kogan Page, 2024.
9. Naresh Kumar Sehgal, Pramod Chandra P. Bhatt, John M. Acken, Cloud Computing with Security and Scalability. Concepts and Practices Edition : 3, Springer, 2023.
10. Matthew Portnoy, Virtualization Essentials, Sybex, 2023.
11. Souvik Pal, Dac-Nhuong Le., Prasant Kumar Pattnaik: Cloud Computing Solutions: Architecture, Data Storage, Implementation, and Security, ISBN: 978-1-119-68202-8 May 2022.
12. Judith S. Hurwitz, Daniel Kirsch: Cloud Computing for Dummies, 2nd Edition, ISBN: 978-1-119-54671 July 2020.

Intitulé de la matière : Développement d'Applications Distribuées. **Semestre :** 3. **Type :** UEF32.
VHS : 42h00. **VHH :** 3h00. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 21h00. **Coefficient :** 3. **Crédit :** 4.

Objectifs de l'enseignement : La matière vise à familiariser les étudiants avec les applications distribuées grâce à une étude approfondie des architectures, des protocoles de communication et des plateformes utilisés dans les applications distribuées (Types de communication : par message, par procédure, et par objet). De plus, il vise à familiariser l'étudiant avec les principaux concepts liés aux systèmes distribués ayant des composantes développées grâce à des intergiciels (middleware)

Connaissances préalables recommandées : Systèmes distribués et réseaux.

Contenu de la matière :
Cours : 21h.

1. Introduction aux systèmes distribués

- Définition des systèmes distribués.
- Rôles et intérêts d'un système distribué.
- Caractéristiques et concepts d'un système distribué.
- Domaines d'application d'un système distribué.

2. Défis dans le développement d'applications distribuées

- Défis de la concurrence.
- Défis de blocages et d'incohérences.
- Défis de la sécurité.

3. Le modèle Client/Serveur

- Définition
- Les principes généraux.
- L'architecture Client/Serveur.
- La répartition des tâches
- Les différents modèles client/serveur.

4. Programmation multithread des sockets TCP et UDP

- Programmation concurrente.
- Threads.
- Sockets TCP et UDP

5. Présentation du middleware

- Définition de middleware.
- Principes et Caractéristiques.
- Types de middlewares
- Avantages et inconvénients.

6. Le modèle RPC

- Présentation, Principe et objectifs.
- Utilisation d'un IDL.
- Exemple de client-serveur avec RPC.

7. Programmation distribuée utilisant Java RMI

- Présentation.
- Architecture de RMI.
- Etapes d'un appel de méthode distante.
- Mise en œuvre d'une application avec RMI.

8. Programmation distribuée utilisant Java CORBA

- Architecture du bus Corba.
- Interopérabilité du bus Corba.
- L'architecture objet globale
- Le langage IDL
- Principes de programmation Corba
- Exemple de déploiement

9. Programmation Web

- Architecture web.
- Le langage JavaScript.

10. Services Web

- Principes.
- Services SOAP (WSDL, UDDI et Services SOAP en Java).
- Services REST.

Mode d'évaluation : 60% examen + 40% Control continu.

Références bibliographiques :

1. Distributed Systems: Concepts and Design (Fifth Edition), by George Coulouris, Jean Dollimore Tim Kindberg and Gordon Blair, 2011.
2. Arno Puder, Kay Romer, and Frank Pilhofer. 2005. Distributed Systems Architecture: A Middleware Approach. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA.
3. V R DANIEL, J. – Les services web, concepts, outils et techniques – Vuibert, 2003.
4. V R BAUER C. et King G. – Hibernate in action – Manning 2005 (ebook).
5. V R HUSTED T. et All. – Struts in action. Building web applications with the leading Java framework – Manning 2003.
6. Objects vs component vs web services (object vs webservice war):
<https://queue.acm.org/detail.cfm?id=1039533>.

Intitulé de la matière : Cryptographie et Sécurité Informatique. **Semestre :** 3. **Type :** UEF32.
VHS : 84h00. **VHH :** 6h00. **Cours :** 3h00. **TD :** 1h30. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 42h00. **Coefficient :** 3. **Crédit :** 4.

Objectifs de l'enseignement : Cette matière vise à initier les étudiants aux principes fondamentaux de la sécurité informatique et de la cryptographie, à leur faire maîtriser les techniques de protection des données (chiffrement, authentification, pare-feu, IDS/IPS, etc.) et à les sensibiliser aux menaces, aux attaques et aux bonnes pratiques de sécurisation des systèmes et des réseaux.

Connaissances préalables recommandées : Notions sur les réseaux et les systèmes informatiques.

Contenu de la matière :

Cours : 42h.

1. Fondamentaux de la sécurité informatique

- Définitions et enjeux de la sécurité informatique.

2. Introduction à la cryptographie

- Objectifs de la cryptographie.
- Cryptographie symétrique/asymétrique.
- Fonctions de hachage cryptographique.
- Signature électronique : principes généraux.
- Concepts de base en gestion des clés.
- Présentation des normes (AES, RSA, SHA, etc.).

3. Méthodes de chiffrement avancées

- Fonction « à sens unique ».
- Méthode RSA et factorisation des entiers.
- Logarithme discret et cryptosystème ElGamal.
- Problème du sac à dos (Knapsack).
- Codes correcteurs d'erreurs et cryptosystème de McEliece
- Courbes elliptiques et cryptosystèmes ECC.
- Partage de secret (Shamir, etc.).
- Chiffrement d'images.
- Protection du droit d'auteur.
- Nouvelles tendances en cryptographie.
- Introduction à la cryptanalyse.

4. Authentification et intégrité

- Principes des protocoles d'authentification.
- Techniques d'authentification.
- Signature numérique et certificats.
- Signature utilisant des clés publiques.
- Sécurité des fichiers : intégrité, accès, confidentialité.
- Exemples et algorithmes utilisés (HMAC, RSA-Sign, etc.).

5. Virologie et sécurité logicielle

- Introduction à la virologie informatique.
- Techniques de réplication et de propagation.
- Typologies des codes malveillants (virus, vers, chevaux de Troie, ransomware...).
- Méthodes de protection et de prévention.
- Produits antivirus : typologies et fonctionnalités.
- Introduction à l'analyse de malwares.

6. Sécurité réseau et Firewalls

- Présentation des technologies de Firewalls.
- Emplacement et rôle des Firewalls dans un réseau.
- Politique de sécurité et configuration des règles.
- Introduction aux IDS/IPS (systèmes de détection/prévention).
- Exemple pratique de configuration d'un Firewall.

7. Infrastructures et politiques de sécurité réseau

- Infrastructures de sécurité réseau.
 - Sécurité des accès : pare-feu, WAF, proxy, NAC.
 - Sécurité des serveurs.
 - Systèmes de détection et de prévention des intrusions (IDPS).
 - Zones démilitarisées (DMZ).
 - Réseaux privés virtuels (VPN).
 - Principes et méthodes de conception d'une architecture réseau sécurisée.
- Politiques et approches de sécurité réseau.
 - Solution Zero Trust.
 - Solutions SIEM (gestion des informations et des événements de sécurité).
 - Solutions IDS/IPS (rappel et approfondissement).
 - Sécurité des accès.
 - Gestion des vulnérabilités.
 - Audit, conformité.
 - Formation et sensibilisation des utilisateurs.

Mode d'évaluation : 60% examen + 40% Control continu.

Références bibliographiques :

1. Laurent Bloch, Christophe Wolfhugel, « Sécurité Informatique : Principes et Méthode », Eyrolles 2007.
2. Hans Delfs, Helmut Knebl, « Introduction to Cryptography: Principles and Applications », 2nd Edition, Springer 2007.
3. Stallings, W., Cryptography and Network Security: Principles and Practice, 7th ed. Pearson 2016.
4. A. Menezes, P. van Oorschot, and S. Vanstone, Handbook of Applied Cryptography, CRC Press 1996.
5. Ireland & Rosen, A Classical Introduction to Modern Number Theory, Springer.
6. Koblitz, A Course in Number Theory and Cryptography, Springer, 1994.
7. Blake, Seroussi et Smart, Elliptic Curves in Cryptography, Springer.
8. Koblitz, Algebraic Aspects of Cryptography, Springer.
9. Takanori Isobe, Santanu Sarkar. Progress in Cryptology, Springer International Publishing, 2022.
10. W. Stallings. "Computer Security: Principles and Practice". Editions Prentice Hall. 2011.
11. Didier Müller. Les Codes secrets décryptés. City Editions, 2007.
12. Renaud Dumont : Cryptographie et Sécurité informatique. Université de Liège 2010.
13. Touradj Ebrahimi, Franck Leprévost, Bertrand Warusfel, Cryptographie et sécurité des systèmes et réseaux, Hermès - Lavoisier 2006.
14. M. T. Goodrich, R. Tamassia. "Introduction to Computer Security". Editions Pearson, International Edition. 2010.
15. W. Stallings. "Cryptography and Network Security: Principles and Practice". Editions Pearson, International Edition. 2010.
16. G. Avoine, P. Junod, P. Oechslin. "Sécurité Informatique". Editions Vuibert. 2010.

Intitulé de la matière : Administration des Systèmes et des Réseaux. **Semestre :** 3. **Type :** UEM3.
VHS : 42h00. **VHH :** 3h00. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 21h00. **Coefficient :** 2. **Crédit :** 5.

Objectifs de l'enseignement : L'objectif est de former les étudiants au métier d'administrateur systèmes et réseaux avec un volume important d'ateliers pratiques (plates-formes Linux et Windows). Il s'agit en particulier d'installer, configurer et étudier par la pratique les principaux services qui sont répandus dans les entreprises équipées d'un réseau informatique. Elle permet d'aborder grâce à un grand nombre d'activités pratiques la prise en main des meilleures pratiques de gestion installation et la configuration d'un parc de stations dans un environnement hétérogène.

Connaissances préalables recommandées : Réseaux, système d'exploitation.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Administration client/ Serveur

- Structure d'une architecture Client/serveur.
- Modèles Client/serveur : P2P, Client/serveur à deux niveaux, à trois niveaux ;
- Les modèles d'interactions : Communication par messages, communication à événements, base de données (ODBC), client/serveur en RPC).
- Le Client/serveur à objets.

2. Interopérabilité des systèmes, Redondance et équilibrage de charge

3. Administration réseaux Unix

- Mise en œuvre sous Unix de l'administration des services applicatifs usuels pour gérer un parc de machines.
- Philosophie d'exploitation proposée par Unix, RedHat.
- Configuration réseau adaptée à l'entreprise (Network Manager, Interface Teaming, VLANs, Tunneling SSH).
- Gestion des comptes et des permissions des utilisateurs de manière pratique.
- Mise en place des services courants en entreprise (Apache, NGINX, DNS, DHCP, etc.).
- Exploitation des dernières tendances, comme la virtualisation avec KVM et la conteneurisation avec Docker et les conteneurs natifs.

3. Administration réseau Windows : Domaine Active Directory, Architecture distribuée d'accès aux ressources, Haute disponibilité, Mise en place des services réseau d'entreprise, Services Bureau à distance et accès distant, Application Internet, Déploiement des serveurs et postes de travail. Sécurité d'architecture et réduction de la surface d'attaque. Etudiez cycle de vie d'une infrastructure réseau sous Windows.

Mode d'évaluation : Examens (60%) + Contrôle continu (40%).

Références bibliographiques :

1. G. Gardarin, O. Gardarin. « Le client serveur » Eyrolles, 1996.
2. Robert Orfali, Dan Harkey, Jeri Edwards « Client/Serveur », Vuibert informatique 1999.
3. T. Deman, G Desfarges, F Elmaleh, M Van Jones, Window server 2016, Eyrolles 2017.
4. T. Bartolone, Red Hat Enterprise Linux CentOS : Mise en production et administration de serveurs, 2019.

Intitulé de la matière : Spécification et Vérification des Protocoles. **Semestre :** 3. **Type :** UEM3.
VHS : 42h00. **VHH :** 3h00. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 1h30.
VHS travail personnel : 21h00. **Coefficient :** 2. **Crédit :** 4.

Objectifs de l'enseignement : Cette matière permet à l'étudiant de connaître l'importance des techniques formelles dans le développement des protocoles de communication. Elle décrit l'utilisation de telles techniques dans le cycle de vie relatif au monde de protocoles de communication (Protocol Engineering).

Connaissances préalables recommandées : Notions du cycle de vie du Génie Logiciels.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Introduction

- Rappel : cycle de développement des protocoles de communication.
- Limites du test d'implémentations de protocoles.

2. Modélisation et vérification formelles

- Introduction aux méthodes formelles.
- Spécification des systèmes et spécification de propriétés
- Langages de spécification : Automates, RdP, Algèbre
- Techniques de vérification : Model-checking, Propriétés vérifiables, Problème de décidabilité.
- Cas d'étude : Alternating Bit Protocol, CSMA/CA, CSMA/CD
- Diagnostic des implémentations de protocoles.

3. Les outils de vérification de formelle

- Vérification qualitative vs quantitative et model-checking statistique
- Outils de Vérification : Uppaal, SPIN, ProVerif.

Mode d'évaluation : Examen 60 % + Contrôle Continu 40 %.

Références bibliographiques :

1. Gregor v. Bochmann: Protocol Engineering: An Historical Perspective. Hartmut König: « Protocol Engineering », Springer, 2003.
2. Carl. A. Sunschine: « Formal Methods for communication protocol: Specification a Verification », The Rand Publication Series, 1979.
3. Carl. A. Sunschine et al.: « Specification and Verification of Communication Protocols in AFFIRM Using State Transition Models », IEEE TRANSACTIONS ON SOFTWARE ENGINEERING, VOL. SE-8, NO. 5, pp: 460-489, SEPTEMBER 1982.
4. S. Htite, R. Dssouli et A.R. Ghedamsi : « Diagnostic Automatique avec l'outil MFDT », Actes de CFIP'97, pp. 287-300, Editions Hermès, 1997.

Intitulé de la matière : Méthodologie de Recherche. **Semestre :** 3. **Type :** UET3.
VHS : 21h00. **VHH :** 1h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 0h00.
VHS travail personnel : 21h00. **Coefficient :** 1. **Crédit :** 2.

Objectifs de l'enseignement : Cette matière vise à enseigner aux étudiants les compétences et les connaissances nécessaires pour mener des recherches scientifiques efficaces. Il couvre les étapes clés de la recherche, de la formulation du sujet à la rédaction du rapport final, en passant par la revue de littérature, la conception de la recherche, la collecte et l'analyse des données, ainsi que la présentation orale des résultats.

Connaissances préalables recommandées : Rédaction scientifique, langue utilisée.

Contenu de la matière :

Cours : 21h.

1. Introduction à la recherche scientifique

- Définition et objectifs de la recherche scientifique.
- Types de recherche (fondamentale, appliquée, etc.).
- Rôle de la méthodologie dans la recherche.
- L'importance de la maîtrise de la langue utilisée.
- Éthique de la recherche en informatique : plagiat, auto plagiat, IA générative (ChatGpt, Deepseek, etc.).

2. Formulation du sujet de recherche

- Identification et sélection d'un sujet de recherche pertinent.
- Revue de littérature :
 - Recherche de sources d'information pertinentes (articles scientifiques, livres, etc.).
 - Analyse critique de la littérature existante (état de l'art).
 - Identification des lacunes dans l'état de l'art.
- Définition de la problématique.
 - Formulation d'une question de recherche claire et précise.
 - Définition d'hypothèses de recherche.
- Objectifs de la recherche.
 - Définition des objectifs spécifiques de la recherche cible.
 - Identification des résultats attendus.

3. Conception de la recherche

- Choix des méthodes de recherche appropriées (expérimentale, qualitative, quantitative, etc.).
- Planification de la collecte des données (échantillonnage, outils de collecte, etc.).
- Élaboration d'un plan de recherche.

4. Collecte des données

- Mise en œuvre du plan de recherche.
- Utilisation des outils et techniques de collecte de données spécifiques à l'informatique.
- Gestion et organisation des données collectées.

5. Analyse des données

- Utilisation de logiciels d'analyse de données.
- Traitement et analyse des données collectées.
- Utilisation de méthodes statistiques ou d'autres techniques d'analyse appropriées.
- Interprétation des résultats et discussion des implications.

6. Rédaction du rapport de recherche

- Modes et structures de publication : Article, brevet, thèse, livre, poster, communication orale...
- Utilisation de logiciels de rédaction : LaTeX, overleaf, etc.
- Structure et organisation d'un rapport de recherche scientifique.
- Rédaction claire et concise des différentes parties du rapport.
- Présentation des résultats et discussion des conclusions.
- Rédaction et outils de gestion des références bibliographiques (APA, IEEE, Zotero, EndNote, etc.) et des annexes.

7. Présentation orale des résultats

- Préparation et réalisation d'une présentation orale des résultats de recherche.
- Maîtrise de la communication scientifique.

Mode d'évaluation :

- Examen semestriel en présentiel (100%).

Références bibliographiques :

1. Beaud, Michel (2020). L'art de la thèse. La Découverte.
2. Stefan Kottwitz (2021). LaTeX Beginner's Guide: Create visually appealing texts, articles, and books for business and science using LaTeX. 2nd Edition, Packt Publishing.
3. Jean-Marie Dubois (2005). La rédaction scientifique : mémoires et thèses : formes régulières et par articles. Estem.
4. Michèle Lenoble-Pinson (1996). La rédaction scientifique : conception, rédaction, présentation. Signalétique, De Boeck Université.
5. Christine Gérard, Jean Germain (1985). Recherche bibliographique et documentaire : généralités. Faculté de philosophie et Lettres.

Intitulé de la matière : Une Matière au Choix. **Semestre :** 3. **Type :** UED3.
VHS : 21h0. **VHH :** 1h30. **Cours :** 1h30. **TD :** 0h00. **TP :** 0h00.
VHS travail personnel : 0h00. **Coefficient :** 1. **Crédit :** 1.

Objectifs de l'enseignement : Cette matière permet aux étudiants d'acquérir une vision plus large de leur domaine d'études et favorise une meilleure compréhension des enjeux sociaux, économiques et éthiques liées à l'informatique, ainsi qu'une capacité à communiquer efficacement et à s'adapter à des situations diverses qui peuvent se présenter. En d'autres termes, cette matière permet :

- Une ouverture à d'autres disciplines en relation avec le quotidien, afin de comprendre l'importance de la collaboration dans un environnement pluridisciplinaire.
- L'élargissement des horizons, ce qui favorise la compréhension de la pensée humaine dans le temps et l'espace.
- Développement de compétences transversales : communication, vision holistique, analyse et synthèse, capacité d'adaptation, etc.

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :
Cours : 21h.

1. Introduction à la discipline concernée (matière choisie).
2. Présentation des concepts fondamentaux.
3. Applications croisées avec l'informatique.
4. Études de cas.

Liste des matières proposées pour le choix (Une matière par semestre).	
Catégorie : "Sciences et culture".	Catégorie : "Technique".
- Informatique verte (Green IT). - Gouvernance et transformation digitale. - L'impact des technologies sur le travail et les relations sociales. - Les technologies émergentes dans les services publics. - Biologie des systèmes et modélisation informatique. - Philosophie des sciences et de la technique. - Systèmes d'information environnementaux. - Droit du Numérique et Protection des Données (RGPD). - Psychologie cognitive.	- Intelligence Artificielle. - Génie logiciel. - Ingénierie des systèmes d'information. - Science des données. - Sécurité Informatique (Cybersécurité). - Informatique Fondamentale. - Systèmes Cyber-Physiques. - Informatique visuelle. - Bio-informatique. - Calcul haute performance. - Informatique quantique.

Mode d'évaluation :

- Examen semestriel en présentiel (100%).

Références bibliographiques : L'enseignant propose des références selon la matière choisie.

IV- Accords ou conventions.

Oui / Non.

(Si oui, transmettre les accords et/ou les conventions dans le dossier papier de la formation).

LETTRE D'INTENTION TYPE
(En cas de master coparrainé par un autre établissement universitaire)

(Papier officiel à l'entête de l'établissement universitaire concerné)

Objet : Approbation du coparrainage du master intitulé :

Par la présente, l'université (ou le centre universitaire) déclare coparrainer le master ci-dessus mentionné durant toute la période d'habilitation de ce master.

A cet effet, l'université (ou le centre universitaire) assistera ce projet en :

- Donnant son point de vue dans l'élaboration et à la mise à jour des programmes d'enseignement,
- Participant à des séminaires organisés à cet effet,
- En participant aux jurys de soutenance,
- En œuvrant à la mutualisation des moyens humains et matériels.

SIGNATURE de la personne légalement autorisée :

FONCTION :

Date :

LETTRE D'INTENTION TYPE

(En cas de master en collaboration avec une entreprise du secteur utilisateur)
(Papier officiel à l'entête de l'entreprise)

OBJET : Approbation du projet de lancement d'une formation de master intitulé :

Dispensé à :

Par la présente, l'entreprise déclare sa volonté de manifester son accompagnement à cette formation en qualité d'utilisateur potentiel du produit.

A cet effet, nous confirmons notre adhésion à ce projet et notre rôle consistera à :

- Donner notre point de vue dans l'élaboration et à la mise à jour des programmes d'enseignement,
- Participer à des séminaires organisés à cet effet,
- Participer aux jurys de soutenance,
- Faciliter autant que possible l'accueil de stagiaires soit dans le cadre de mémoires de fin d'études, soit dans le cadre de projets tuteurés.

Les moyens nécessaires à l'exécution des tâches qui nous incombent pour la réalisation de ces objectifs seront mis en œuvre sur le plan matériel et humain.

Monsieur (ou Madame).....est désigné(e) comme coordonnateur externe de ce projet.

SIGNATURE de la personne légalement autorisée :

FONCTION :

Date :

CACHET OFFICIEL ou SCEAU DE L'ENTREPRISE

V- Avis et Visa des organes Administratifs et Consultatifs.
Intitulé du Master : Réseaux et Systèmes Distribués.

Chef de Département	Responsable de l'Equipe de Domaine
Date et visa	Date et visa
Comité Scientifique de Département	
Date et visa	
Conseil Scientifique de la Faculté	
Date et visa	
Doyen de la Faculté	
Date et visa	
Chef d'Etablissement Universitaire	
Date et visa	

**VI- Avis et Visa de la Conférence Régionale.
(Uniquement dans la version définitive transmise au MESRS)**

**VII- Avis et Visa du Comité Pédagogique National de Domaine.
(Uniquement dans la version définitive transmise au MESRS).**