REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

OFFRE DE FORMATION MASTER

ACADÉMIQUE

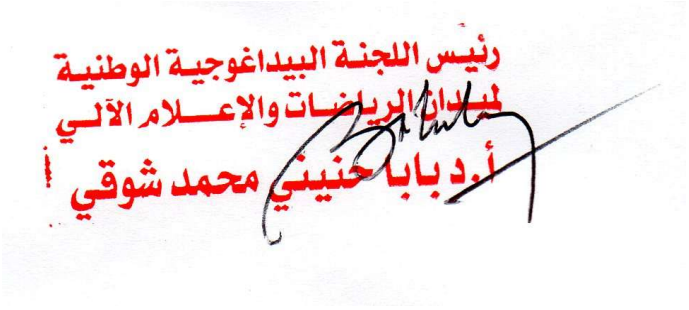
Etablissement	Faculté / Institut	Département

Domaine : Mathématiques et Informatique (MI)

Filière : Mathématiques

Spécialité : Probabilités, Statistique et Applications

Le 02/09/2026



Année universitaire : 2026- 2027

عرض تكوين ماستر

أكاديمي

2027/2026

المؤسسة	الكلية/ المعهد	القسم

Le 02/09/2026

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

الميدان :رياضيات و إعلام آلي

الشعبة :رياضيات

التخصص : احتمالات، إحصاء و تطبيقات

السنة الجامعية : 2027/2026

II – Fiche d'organisation semestrielle des enseignements

(Prière de présenter les fiches des 4 semestres)

1- Semestre 1 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	14 sem	C	TD	TP	Travail pers.			Continu	Examen
UE Fondamentales						**10**	**18**		
UEF11									
Probabilités avancées	63h	3h	1h30		87h	3	5	40%	60%
Complément de la théorie de la mesure	42h	1h30	1h30		58h	2	4	40%	60%
UEF12									
Statistique inférentielle 1	63h	3h	1h30		87h	3	5	40%	60%
Analyse des données	42h	1h30	1h30		58h	2	4	40%	60%
UE Méthodologique						**5**	**9**		
UEM11									
Programmation sous logiciel R / Python	42h	1h30		1h30	58h	2	4	40%	60%
Statistiques des valeurs extrêmes	42h	1h30	1h30		58h	3	5	40%	60%
UE Découverte						**2**	**2**		
UED11									
Modélisation mathématique	42h	1h30		1h30	8h	2	2	40%	60%
UE Transversale						**1**	**1**		
UET11									
Choisir parmi : Entrepreneuriat ou Ethique de l'IA	21h	1h30			4h	1	1	0%	100%
Total Semestre 1	**357h**	**15h**	**7h30**	**3h**	**393**	**18**	**30**		

.

2- Semestre 2 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	14 sem	C	TD	TP	Travail pers.			Continu	Examen
UE Fondamentales						**9**	**18**		
UEF21									
Processus stochastiques	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Statistique inférentielle 2	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Théorie des martingales	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
UE Méthodologique						**6**	**9**		
UEM21									
Simulation et méthodes de Monte Carlo	63h	1h30	1h30	1h30	62h	3	5	40%	60%
Modèles linéaires	42h	1h30	1h30		58h	3	4	40%	60%
UE Découverte						**1**	**1**		
UED21									
Un module au choix : Calcul scientifique ou Réseaux de neurones	42h	1h30			1h30	1	1	40%	60%
UE Transversale						**2**	**2**		
UET21									
Lean Startup	42h	1h30	1h30		1h30	2	2	80%	20%
Total Semestre 2	357h	15h	9h	1h30	**393**	**18**	**30**		

3- Semestre 3 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	14 sem	C	TD	TP	Travail pers.			Continu	Examen
UE Fondamentales						**9**	**18**		
UEF31									
Statistiques non paramétriques	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Séries chronologiques	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Calcul stochastique	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
UE Méthodologique						**5**	**9**		
UEM31									
Fiabilité des systèmes	63h	3h	1h30		62h	3	5	40%	60%
Analyse de survie	42h	1h30	1h30		58h	2	4	40%	60%
UE Découverte						**2**	**2**		
UED31									
Choisir parmi : machine learning, Deep learning	42h	1h30		1h30	8h	2	2	40%	60%
UE Transversale						**1**	**1**		
UET31									
Méthodologie de recherche et Rédaction scientifique	21h	1h30			4h	1	1		100%
Total Semestre 3	357h	15h	9h		**393**	**17**	**30**		

4- Semestre 4 :

Domaine : Mathématiques informatique
Filière : Mathématiques
Spécialité : Probabilités, Statistique et Applications

	VHS	Coeff	Crédits
UEF 4.1 : PFE avec Mémoire	750h00	17	30
Stage dans l'entreprise			
Ateliers			
Travail Personnel			
Autres			
Total Semestre 4	**750h00**	**17**	**30**

5- Récapitulatif global de la formation : (indiquer le VH global séparé en cours, TD, pour les 04 semestres d'enseignement, pour les différents types d'UE)

UE / VH	UEF	UEM	UED	UET	Total
Cours	378	147	63	63	**651**
TD	210	105	-	-	**315**
TP	-	42	63	-	**105**
PFE avec Mémoire	750	-	-	-	**750**
Stage dans l'entreprise	-	-	-	-	-
Ateliers	-	-	-	-	-
Travail Personnel	784	378	42		**1204**
Autres	-	-	-	-	-
Total	**2122**	**672**	**168**	**63**	**3025**
Crédits	**84**	**27**	**6**	**3**	**120**
% en crédits pour chaque UE	**70%**	**22,5%**	**5%**	**2,5%**	**100**

III - Programme détaillé par matière

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre : 1
Intitulé de l'UE : UEF11
Intitulé de la matière : Probabilités Avancées
Crédits : 5
Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Ce cours présente de manière détaillée les grandes notions et méthodes du calcul de probabilité (probabilité des évènements, loi et moments des variables aléatoires, conditionnement et régressions, transformées des variables aléatoires, lois gaussiennes).

Connaissances préalables recommandées : Analyse1, analyse2, analyse3, Probabilités 1

Contenu de la matière :

Chapitre1 : Rappels fondamentaux sur les variables aléatoires

- Caractéristiques numériques (espérance, variance, etc.)
- Lois de probabilité
- Variables aléatoires et principales lois de probabilité
- Opérations sur les variables aléatoires

Chapitre 2 Fonctions caractéristiques et génératrices

- Fonction génératrice des moments-
- Fonctions génératrices des lois discrètes et continues usuelles
- Fonction caractéristique
- Propriétés des fonctions caractéristiques
- Fonctions caractéristiques des lois usuelles

Chapitre 3 : Modes de convergence

- Différents types de convergence
- Liens entre différents types de convergence

Chapitre 4 Théorèmes limites

- Loi faible des grands nombres
- Loi forte des grands nombres
- Théorème Central Limite

Chapitre 5 : Vecteurs aléatoires

- Loi de probabilités discrètes, vecteurs aléatoires
- Caractéristiques numériques (espérance, matrice de variance covariance,..)
- Fonction génératrice et caractéristique
- Espérance conditionnelle
- Lois de probabilités vectorielles : la loi normale dans Rn.
- Convergences et théorème central limite dans le cas vectoriel

Mode d'évaluation : Examen (60%), contrôle continu (40%)

Références

1. Rabi Bhattacharya and Edward C. Waymire. , A Basic Course in Probability Theory. 2007 Springer

Science+Business

2. Anirban DasGupta, Fundamentals of Probability: A First Course. Springer Science+Business Media, LLC 2010
3. Géza Schay, Introduction to Probability with Statistical Applications. 2007, Birkhäuser Boston
4. Chung, K.L. First course in Probability theory, Markov Chains, Springer-Verlag, Berlin.

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 1*

Intitulé de l'UE : UEF11
Intitulé de la matière : Compléments de la théorie de la mesure
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement : Maîtriser le formalisme des probabilités modernes.
Connaissances préalables recommandées : Théorie de la mesure de L3**.**
Contenu de la matière :

1) **Rappels et approfondissement sur la mesure :** Tribus, mesures de Lebesgue- Mesure produit- Mesure de Lebesgue multidimensionnelle- Produit de tribus- Construction de la mesure produit-Théorème de Fubini

2) **Les espaces L^p** : Théorèmes limites, espace L^ L'espace L^1-L'espace de Hilbert L^p Les espaces L^p Intégrabilité uniforme

3) **Décomposition des mesures** : Théorème de Radon Nikodym- mesure de Lebesgue-Stieltjes-Convergences de mesure-Convergence presque partout- Convergence en mesure-Convergence dans L^p-Convergence faible.

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

Références :

1) M. Briane et G. Pagès, *Théorie de l'intégration* (Vuibert) 2018

2) R. Schilling, *Measures, Integrals and Martingales* (Cambridge University Press, 2e éd. 2017) :

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 1*
Intitulé de l'UE : UEF12
Intitulé de la matière : Statistique inférentielle 1
Crédits : 5
Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement.
Savoir construire des estimateurs, étudier leurs performances et les comparer. Construire des tests et en tirer des conclusions.
Connaissances préalables recommandées
Probabilités, Algèbre linéaire et Analyse1, 2, 3 et 4.
Chapitre 1 : Echantillonnage et distributions associées et Plans d'expériences
Définitions fondamentales : population, échantillon, paramètre vs. statistique. Méthodes de collecte de données dans un échantillon. Pour quoi échantillon au lieu de la population complète. Type d'échantillonnage. Plans d'expériences. Distributions d'échantillonnage : de la moyenne, d'une proportion, de la différence de moyennes, de la variance. Application du théorème central limite.
Chapitre 2 : Estimation ponctuel
Notions fondamentales : Estimation paramétrique Vs Non-paramétrique, Définition d'un estimateur ponctuel. Variables aléatoires vs. Estimateurs. Paramètres inconnus. Méthodes d'estimation : Méthode de maximum de vraisemblance. Exemple introductif, Fonction de vraisemblance, Log-vraisemblance, Fonctions de vraisemblance des modèles usuels, EMV. Méthode des moments. LFGN et LFGN, EM. Propriétés des estimateurs : Biais, Biais asymptotique, variance, efficacité, admissibilité, consistance, exhaustivité, suffisance Convergence en probabilités, convergence en Moyenne d'ordre k, Estimateurs usuels : Cas quantitatifs, Moyenne, Variance et Ecart-type. Cas qualitatifs (proportion inconnue). Information de Fisher et Score : efficacité, exhaustivité. La borne CRFD, ESBVM.
Chapitre 3 : Estimation par Intervalle de Confiance
Estimation ponctuel Vs Estimation par I.C. Seuil de confiance (risque). Construction d'intervalles de confiance (IC) : I.C pour la moyenne (σ connue ou inconnue), I.C pour une variance. IC pour une proportion, Influence de la taille de l'échantillon sur la précision. Détermination de la taille optimale pour une estimation donnée.
Chapitre 4 : Introduction aux Tests Statistique
Objectifs des tests, hypothèses nulle et alternative, types de tests, méthode de Neyman et Pearson, régions critique et d'acceptation, seuil de signification. Erreur de première et de deuxième espèce, puissance d'un test, tableau de décision, étapes d'effectuation d'un test statistique. Table Statistique de la : Loi Normale, loi de Student, du Khi-deux et de Fisher-Snedecor. **Tests paramétrique** : a) Tests sur une moyenne, une variance et une proportion. b) Tests de différence de deux moyennes, de différence deux variances et de différence deux proportions.

Mode d'évaluation : Contrôle continu (40%), Examen (60%).

Bibliographie :

1. **Saporta, G. (2011)** *Probabilités, analyse des données et statistique.* Éditions Technip, Paris.
2. **Held, L. & Sabanés Bové, D. (2020)** *Likelihood and Bayesian Inference: With Applications in Biology and Medicine* (2nd ed.) Springer — Statistics for Biology and Health.
3. **Li, B. & Babu, G.J. (2019)** *A Graduate Course on Statistical Inference* Springer Texts in Statistics.
4. **Wasserman, L. (2004, reprinted 2013)** *All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference* Springer Texts in Statistics.

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 1*
Intitulé de l'UE : UEF12
Intitulé de la matière : Analyse de données
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement
Fournir les bases essentielles de l'analyse des données avec mise en œuvre sur logiciel.

Connaissances préalables recommandées
Cours de base de calcul des probabilités et statistique et d'algèbre

Contenu de la matière :
• Analyse en composantes principales
• Analyse factorielle des correspondances
• Classification hiérarchique
• Centres mobiles et nuées dynamiques
• Variables supplémentaires, valeurs tests

Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et examen 60%

Références
(1) Anderson T.W. - An introduction to Multivariate statistical analysis – Wiley and Son, New York
(2) Benzecri J.P. – L'analyse des données, Tome 1 : la taxinomie, tome 2 : l'analyse des correspondances, Dunod, (2 editon 1976)
(3) Bouroche J.M. – L'analyse des données – P.U.F. Que sais-je ? 1980
(4) Cegessat R. Exercices commentés de statistique et informatique appliquée – Dunod, 2 edition, 1981
(5) Lebart L., Morineau A., Fenelon J.P. – Traitement des données statistiques , Dunod, 1982
(6) Saporta G. – Probabilités, analyse des données et statistique – Technip, 1990

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 1*

Intitulé de l'UE : UEM11

Intitulé de la matière : Programmation sous logiciels R / Python
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement
Préparer l'étudiant à la programmation. Sachant que la programmation désigne l'ensemble des activités qui permettent l'écriture de programmes informatiques. Cette écriture de programmes se fait dans un langage de programmation. R ou python sont des langages de programmation en libre accès et destinés aux statistiques et à la science de données.

Connaissances préalables recommandées : Des notions d'Algorithme

Contenu de la matière

1. Initiation au logiciel R
Présentation, installation et prise en main de R. Introduction aux bases du langage : commandes essentielles, types et conversions de données, opérations de base.
2. Structure de données sous R
Manipulation des principales structures : vecteurs, listes, matrices, facteurs et tableaux de données (data frames). Utilisation des packages : installation, chargement et gestion.
3. Boucles, Structures conditionnelles et fonctions sous R
Utilisation des boucles (for, while, repeat), des structures conditionnelles et création de fonctions personnalisées avec exemples d'application**.**
4. Traitement statistique des données
Calcul et interprétation des indicateurs statistiques, visualisation graphique, et utilisation des lois de probabilité, incluant la génération de nombres aléatoires**.**

Mode d'évaluation : continu 40% + examen 60%
Références
[1] Introduction à la programmation en R, Christophe Genolini
[2] The Art of R Programming, Norman Matloff
[3] Statistique avec R, Pierre-André Cornillon et al.
[4] R for Data Science, Hadley Wickham & Garrett Grolemund
[7] Analyse des données avec R, Bruno Falissard
[8] R pour les statisticiens, Eric Matzner-Løber

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 2*

Intitulé de l'UE : UEM12

Intitulé de la matière : Statistique des valeurs extrêmes
Crédits : 5
Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement.
Introduction des différentes techniques statistiques pour l'analyse et la modélisation des données entachées de valeurs extrêmes.

Connaissances préalables recommandées
Probabilités Statistique

Contenu de la matière :

1) Modèles de valeurs extrêmes.
2) Distribution de Pareto généralisées (PG).
3) Estimateurs paramétriques des distributions de PG.
4) Applications

Mode d'évaluation : Continu 40%, Examen 60%

Références : *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

[1] R. D. Reiss, M. Thomas. Statistical analysis of exttreme values. Birkhauser. Basel. 1997

[2] M. Falk, J. Husler, and R. D. Reiss. Laws of small numbers : extremes and rare events. DMV-Seminar. Birkhauser. Basel. 1994

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 1*
Intitulé de l'UE : UED11

Intitulé de la matière : Modélisation Mathématique
Crédits : 2
Coefficients : 2
Objectifs de l'enseignement
L'objectif est d'apprendre à traduire un phénomène observé en équations, à résoudre ces équations, puis à interpréter les résultats.

Contenu de la matière :

1) **Principe de la modélisation :** Etapes, simplification, hypothèses.
2) **Principes de modélisation :** Modèles discrets (suites), modèles continus (EDO).
3) **Etude des cas :** Dynamique des populations (Lotka-Volterra), physique (pendule), épidémiologie (SIR).
4) **Analyse du modèle :** Points d'équilibre, stabilité

Mode d'évaluation : Contrôle continu **40%,** Examen final **60%**

Références

M. Braun, *Differential Equations and Their Applications*. Springer, 1993.
•
N. Bacaër, *Histoires de mathématiques et de populations*. Cassini, 2009

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 1*
Intitulé de l'UE : UET11

Intitulé de la matière : Choisir parmi : **Entrepreneuriat** ou **Éthique de l'IA**
Crédits : 1
Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :
Développer des compétences transversales : soit un état d'esprit entrepreneurial, soit un regard critique sur les enjeux éthiques des algorithmes.

Contenu de la matière (Option Entrepreneuriat)
De l'idée au projet, Business Model Canvas, étude de marché, le Pitch.

Contenu de la matière (Ethique de l'IA)
Biais et Équité (Fairness), Transparence et Explicabilité (XAI), Responsabilité.

Mode d'évaluation : Examen **100%**

Références

Osterwalder & Y. Pigneur, *Business Model Generation*. Pearson, 2011.

C. O'Neil, *Weapons of Math Destruction*. Crown, 2016

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *:* 2

Intitulé de l'UE : UEF21

Intitulé de la matière : Processus stochastiques
Crédits : 6
Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement (*Décrire ce que l'étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

Le but de l'enseignement de cette matière est de maîtriser les différents processus stochastiques et montrer leur application à des problèmes pratiques.

Connaissances préalables recommandées (*descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

Calcul de probabilités. Algèbre linéaire. Analyse mathématique (fonctions génératrices et transformée de Laplace, équations différentielles et équations aux dérivées partielles).

Contenu de la matière *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

1) Rappels et généralités sur les processus stochastiques.
2) Chaînes de Markov à temps discret : matrice et graphe de transition, classification des états, comportement asymptotique, Chaînes de Markov absorbantes
3) Processus de Poisson : processus aléatoires à temps continu, processus de Poisson et loi exponentielle, processus de Poisson composé.
4) Processus de renouvellement : description et propriétés, comportement asymptotique d'un processus de renouvellement.
5) Processus de naissance de naissance et de mort et phénomènes d'attente :
   Systèmes de files d'attente Markoviens : M/M/1, M/M/M/1 G/M/1/K, M/M/s, M/M/s/s, M/M/∞, Systèmes d'attentes non markoviens : M/G/1, M/G/∞, G/M/1, G/G/1.

Mode d'évaluation : *Continu **40%** Examen, **60%***
Références
[1] **Alain Rugg,** Processus Stochastiques (1989) Presses polytechniques romandes.
[2] **Samuel Karlin,** A First Course in Stochastic Processes, second Edition (1974) Academic Press San Fransisco, London.
[3] **Yves Caumel** Probabilités et processus stochastiques. Springer 2011.
[4] Bruno Baynat. Théorie des files d'attente. Hermes, Science Europe, 2000.
[5] Shortle, J. F., Thompson, J. M., Gross, D., & Harris, C. M. (2023). *Fundamentals of Queueing Theory* (6ème édition). Wiley.

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 2*
Intitulé de l'UE : UEF21
Intitulé de la matière : Statistique inférentielle 2
Crédits : 6
Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement.
Construire des tests et en tirer des conclusions. Principe de bayes, Statistique d'ordre. Applications des résultats dans différents domaines.

Connaissances préalables recommandées
Probabilités avancées, Algèbre linéaire, Analyse Mathématiques et Statistique Inférentielle 1.

Chapitre 1 : Tests Statistique

Propriétés et applications des distributions statistiques **:** Loi Normale, loi de Student, du Khi-deux, loi de Fisher-Snedecor. Rapport de vraisemblance, puissance d'un test, **Tests non paramétriques et analyses d'association** : a) Tests d'adéquation : Khi-deux, Kolmogorov-Smirnov, Normalité. b) Tests d'indépendance. c) Tests de corrélation : Pearson, Spearman.

Chapitre 2 : Statistique d'ordre

Définition de la statistique d'ordre : X(1)≤X(2)≤⋯≤X(n). Minimum, maximum, Loi Inf , Loi Sup, médiane, quartiles. Fonction de répartition et densité de X(k)X_{(k)}X(k). Estimation de quantiles dans une population. Estimateurs robustes : comparaison entre moyenne et médiane. Utilisation dans la détection des données aberrantes (outliers).

Chapitre 3 : Statistique Bayesienne

Introduction à la philosophie bayésienne de l'inférence (vs Statistique fréquentiste). Loi a priori, loi a posteriori. Estimateur bayésien : moyenne a posteriori, maximum a posteriori. Cas particuliers : Estimation d'une proportion inconnue : loi binomiale avec a priori bêta. Estimation d'une moyenne : loi normale avec variance connue et a priori normal. Comparaison des estimateurs bayésiens et fréquentistes. Avantages, limites et applications de l'estimation bayésienne.

Chapitre 4 : Applications de la Statistique Inférentielle (Estimation ponctuel, IC , Tests statistique) dans différents domaines : médecine, agronomie, économétrie, Finance, Education, Sciences sociales, …..etc.

Mode d'évaluation : Contrôle continu (40%), Examen (60%).

Bibliographie :

1. **Saporta, G. (2011)** *Probabilités, analyse des données et statistique.* Éditions Technip, Paris.
2. **Held, L. & Sabanés Bové, D. (2020)** *Likelihood and Bayesian Inference: With Applications in Biology and Medicine* (2nd ed.) Springer — Statistics for Biology and Health.
3. **Hollander, M., Wolfe, D.A. & Chicken, E. (2014)** *Nonparametric Statistical Methods* (3rd ed.) Wiley Series in Probability and Statistics.
4. **David, H.A. & Nagaraja, H.N. (2003)** *Order Statistics* (3rd ed.) Wiley Series in Probability and Statistics.

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 2*

Intitulé de l'UE : UEF21

Intitulé de la matière : Théorie des martingales
Crédits : 6
Coefficients : 3
Objectifs de l'enseignement : fournir aux étudiants une **rigueur mathématique** pour modéliser l'incertitude qui évolue dans le temps et les préparer au calcul stochastique.

Contenu de la matière :

1) **Espérance conditionnelle :** Rappels sur les tribus, conditionnement par rapport à un événement, à une, à une variable aléatoire, à une tribu- Propriétés de l'espérance conditionnelle.

2) **Martingales discrètes** : filtrations en temps discret**,** modélisation de l'informations, martingales, sous martingale et sur martingale, exemples usuels de martingales, temps d'arrêt

3) **Martingales continues** : Filtrations en temps continu, martingales sous martingales, temps d'arrêt.

4) **Convergences et théorèmes d'arrêt en temps discret et en temps continu**.

Mode d'évaluation : Continu 40%, Examen 60%

Références :

- **B. de Saporta et M. Zili**, *Martingales et mathématiques financières en temps discret*, ISTE Editions, **2022**.
- **P. Baldi, L. Mazliak et P. Priouret**, *Martingales et chaînes de Markov : Théorie élémentaire et exercices corrigés*, Hermann, **2023**.

- **J.-F. Le Gall**, *Brownian Motion, Martingales, and Stochastic Calculus*, Springer (Graduate Texts in Mathematics), **2016**.

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 2*

Intitulé de l'UE : UEM21

Intitulé de la matière : Simulation et méthodes de méthodes de Monté Carlo
Crédits : 5
Coefficients : 3
Objectifs de l'enseignement

Le but de l'enseignement de cette matière est de maîtriser les approximations par simulation quand le problème n'a pas de solution.

- ✓ Initier l'étudiant à la simulation et particulièrement à la simulation de Monté Carlo en utilisant différentes méthodes d'échantillonnages.
- ✓ Utiliser et comparer les méthodes d'échantillonnages déterministes avec Monté Carlo.

Connaissances préalables recommandées

Calcul de probabilités, Simulation à événements discrets, Statistique Inférentielle

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Génération d'échantillons suivant différentes lois de probabilités : Applications aux lois de probabilités classiques. La méthode d'Inversion, de Rejet et de Composition. Méthode Box Muller pour la génération d'une loi gaussienne.

Chapitre 2 : Simulation de Monte Carlo : Méthodes classiques de simulation de Monte Carlo, principe de la méthode, méthodes de réduction de variance, Autres méthodes d'échantillonnage utilisées en simulation de Monté Carlo, application aux calculs d'intégral

Chapitre 3 : **Les méthodes de simulation de Monté Carlo par chaîne de Markov**, le principe de la méthode, algorithme de Gibbs, algorithme de Hastings-Metropolis.

Mode d'évaluation : Continu **40%**, Examen **60%**
Références :
(1) Bouleau N., Lepingle D. – Numerical methods for stochastic processes – Wiley Series in Probability and mathematical statistics, 1994
(2) Karatzas I., Shreve S.E. – Brownian motion and stochastic calculus – Springer Verlag, 1991
(3) Lapeyre B., Pardoux E., Sentis R. – Méthodes de Monte Carlo pour les équations de transport et de diffusion – Mathématiques et Applications 29 - Springer Verlag, 1998
(4) Ycart B. – Modèles et algorithmes Markoviens - Mathématiques et Applications 39 Springer Verlag, 2002

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 2*

Intitulé de l'UE : UEM22

Intitulé de la matière : Modèles linéaires
Crédits : 4
Coefficients : 3
Objectifs de l'enseignement
Présenter les principaux modèles linéaires statistiques, tests fondamentaux ainsi que l'analyse de la variance.

Connaissances préalables recommandées
Cours de base de calcul des probabilités et statistique.

Contenu de la matière :
• **Introduction au modèle linéaire statistique :** régression simple, analyse de la variance à un facteur, régression linéaire multiple, tests fondamentaux, compléments asymptotiques des statistiques.
• **Problèmes spécifiques à la régression.** Contrôle graphique à posteriori
• **Critères de sélection de modèles prédictifs**
• **Problèmes spécifiques à l'analyse de la variance**
• **Analyse de la covariance**

Mode d'évaluation : Contrôle continu **40%** Examen **60%**

Références
(6) Arnold S.F. – The theory of linear Models and Multivariate Analysis - John Wiley and Sons,New York, 1981
(7) Dagnélie P. – Théorie et Méthodes Statistiques, vol.1, 2 Edition – Les Presses Universitaires de Gembloux, 1984
(8) Dagnélie P. – Théorie et Méthodes Statistiques, vol.2, 2 Edition – Les Presses Universitaires de Gembloux, 1986

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 2*

Intitulé de l'UE : UET21

Intitulé de la matière : Calcul Scientifique
Crédits : 2
Coefficients : 2
Objectifs pédagogiques
Permettre à l'étudiant de maîtriser les environnements R et Matlab pour la résolution numérique de problèmes statistiques, l'analyse de données, la simulation et la modélisation, dans un contexte professionnel**.**

Connaissances préalables
Algèbre linéaire, analyse numérique de base, probabilités, statistique descriptive**.**

Contenu de la matière

Chapitre 1 — Environnement de calcul scientifique
1) Présentation de R et Matlab
2) Manipulation de données, structures, import/export
3) Visualisation scientifique et graphique avancée

Chapitre 2 — Calcul numérique et algèbre linéaire
1) Résolution de systèmes linéaires
2) Décomposition matricielle
3 Problèmes de moindres carrés
4) Conditionnement et stabilité numérique

Chapitre 3 — Modélisation et applications
1) Implémentation de modèles statistiques
2) Analyse de données réelles
3) Résolution de problèmes issus de l'industrie, finance, ingénierie
4) Rédaction et communication de résultats
Évaluation
Mode d'évaluation : TP : 40 % Examen : 60 %
Références
1. Chapman — Practical R for Data Analysis
2. Higham — Accuracy and Stability of Numerical Algorithms
3. Molchanov — Computational Mathematics and Data Analysis
4. Quarteroni — Numerical Models for Differential Problems

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 2*
Intitulé de l'UE : UED21
Intitulé de la matière : Réseaux de neurones
Crédits : 2
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement

Cette matière a pour objectif d'initier les étudiants aux concepts fondamentaux des réseaux de neurones artificiels et à leurs applications en analyse de données et en modélisation statistique. Les étudiants découvriront les principes de l'apprentissage supervisé, les architectures simples de réseaux neuronaux ainsi que les principales méthodes d'entraînement.

Connaissances préalables recommandées

- Algèbre linéaire
- Probabilités et statistiques de base
- Analyse mathématique
- Notions élémentaires en programmation

Contenu de la matière

1. **Chapitre 1 : Introduction à l'intelligence artificielle et aux réseaux de neurones**
   Historique, domaines d'application, notions d'apprentissage automatique.
2. **Chapitre 2 : Neurone artificiel et perceptron**
   Fonctionnement d'un neurone, fonctions d'activation, classification binaire.
3. **Chapitre 3 : Réseaux multicouches**
   Architecture des réseaux, propagation avant, rétropropagation de l'erreur.
4. **Chapitre 4 : Apprentissage et optimisation**
   Fonction coût, descente de gradient, sur apprentissage et régularisation.
5. **Chapitre 5 : Applications pratiques**
   Classification, régression, reconnaissance de motifs, initiation aux outils logiciels.

Mode d'évaluation

- Examen semestriel en présentiel (60%).
- Évaluation continue (CC) (40%) : Contrôles continus, mini-projets, travail personnel.

Références bibliographiques

1. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville, Deep Learning, MIT Press.
2. Simon Haykin, Neural Networks and Learning Machines, Pearson.
3. Charu Aggarwal, Neural Networks and Deep Learning, Springer.
4. Aurélien Géron, Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow, O'Reilly.

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 2*
Intitulé de l'UE : UEDT21
Intitulé de la matière : Outils de simulation numérique
Crédits : 1
Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement : Acquérir une maîtrise pratique d'un logiciel de calcul scientifique (ex: Matlab, Python)

Contenu de la matière

- Prise en main d'un environnement de simulation.
- Workflow d'une simulation : Maillage, définition du problème, résolution, post-traitement.
- Projet de simulation sur un problème concret.

Mode d'évaluation : Contrôle continu 100%

Références :

La documentation officielle du logiciel choisi.

A. Quarteroni, *Modélisation Mathématique et Calcul Scientifique*. PPUR, 2012

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 3*

Intitulé de l'UE : UEF31

Intitulé de la matière : Statistique non paramétrique
Crédits : 6
Coefficients : 3
Objectifs de l'enseignement
Introduction aux méthodes non paramétrique et présentation des tests non paramétriques ainsi que les tests d'associations
Connaissances préalables recommandées
Cours de base de calcul des probabilités et statistique

Contenu de la matière :
• **Introduction :** motivation des statistiques non paramétriques, limitation des méthodes paramétriques
• **Méthode d'estimation non paramétrique à noyaux :** Estimateur de Parzen-Rosemblatt pour la densité- Estimateur de Nadaraya et Watson pour la fonction de régression.
• **Tests non paramétriques :** généralités, rangs, intervalle de confiance, intervalle de tolérance, tests de Wilcoxon, apparié, Kolmogorov-Smirnov, symétrie de Friedman, tests de dispersion
• **Tests d'association :** tests de Kendall, de Spearman, coefficient de concordance, efficacité des tests non paramétriques.

Mode d'évaluation : Contrôle continu 40%, examen 60%
Références
(1) Barra J.R., Baille A. – Problèmes de statistique mathématique – Dunod , Paris
(2) Cramer H. – Mathematical methods of statistics – Princeton University Press (Princeton)
(3) Lehman – Testing statistical hypotheses – John Wiley and Sons, New York
(4) Gibbons J.D. - Non parametric statistical inference - John Wiley and Sons, New York Ellipses.
(5) Rao C.R. - Linear statistical inference an dits applications - John Wiley and Sons, New York
(6) Vo Khac K. – Estimateurs et tests paramétriques et non paramétriques – Ellipses,1985
(7) Wilks S.S. – Mathematical statistica - John Wiley and Sons, New York.

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 3*
Intitulé de l'UE : UEF31
Intitulé de la matière : Séries Chronologiques
Crédits : 6
Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement.
Ce cours permet aux étudiants d'acquérir des connaissances opérationnelles des séries chronologiques afin de comprendre l'évolution passée d'un phénomène et prévoir son évolution future.

Connaissances préalables recommandées
Probabilités avancées, Statistique Inférentielle 1 et 2, et Modèles linéaires..

PARTIE I : Analyse des S.C et Décomposition en Composantes

Chapitre 1 : Structure et Modèles de Décomposition

Définition d'une série temporelle, Processus stochastique à temps discret, Représentation graphique, Types de séries, Objectifs de l'analyse. **Les composantes fondamentales :** La tendance (trend), La composante saisonnière, La composante cyclique, Le résidu. **Modèles de décomposition :** Modèle additif, Modèle multiplicatif, Modèle mixte. Estimation de la tendance. Estimation de la composante saisonnière, estimation des coefficients d'autocorrélation et autocorrélation partiel, Tests sur les coefficients estimés.

Chapitre 1 : Méthodes de Lissage et Prévision

Lissage exponentiel simple (SES), Lissage exponentiel double — Méthode de Holt, Méthode de Holt-Winters, Qualité de prévision et critères de validation, MAE, RMSE, MAPE, MASE, Comparaison des méthodes de lissage, Application pratique.

PARTIE II — Les Processus Autorégressifs

Chapitre 3 — Processus Stationnaires et Fondements des Modèles ARMA

Stationnarité, Inversibilité, Tests de stationnarité, Bruit blanc et processus linéaires, Fonction d'autocorrélation (ACF) et autocorrélation partielle (PACF), corrélogrammes, Processus MA(q), Processus AR(p), Processus ARMA(p,q)

Chapitre 4 — Modélisation, Estimation et Extensions

Méthodologie de Box-Jenkins, Identification, Estimation, Validation. Processus ARIMA(p,d,q). Processus SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)s_s s, Saisonnalité stochastique vs saisonnalité déterministe, Sélection et validation du modèle, Modèles à hétéroscédasticité conditionnelle. Processus ARCH(p), Processus GARCH(p,q). Application.

Mode d'évaluation : Contrôle continu (40%), Examen (60%).
Bibliographie :

1. **Hyndman, R.J. & Athanasopoulos, G. (2021)** *Forecasting: Principles and Practice* (3rd ed.) OTexts, Monash University, Australia.
2. **Shumway, R.H. & Stoffer, D.S. (2017)** *Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples* (4th ed.) Springer Texts in Statistics.
3. **Brockwell, P.J. & Davis, R.A. (2016)** *Introduction to Time Series and Forecasting* (3rd ed.) Springer Texts in Statistics.

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications

Semestre *: 3*

Intitulé de l'UE : UEF32

Intitulé de la matière : Calcul stochastique
Crédits : 6
Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement.

Analyser, modéliser des processus aléatoires à temps continu.
Résoudre des problèmes issus de la physique, de la biologie, de la finance et de l'économie par des méthodes stochastiques.

Connaissances préalables recommandées

Probabilités avancées, Processus Stochastique, Martingales.

Contenu de la matière :

1. Rappels : Vecteurs et processus gaussiens.
2. Le mouvement brownien
3. Intégrale stochastique
4. Formules d'Itô et application : Théorème de Girsanov
5. Equations différentielles stochastiques d'Itô.

Mode d'évaluation : Continu 40%, Examen 60%

Références

[1] Le Gall, Jean Francois. Mouvement brownien, martingales et Calcul Stochastique. Springer 2013
[2] D. Revuz, M. Yor. Continuous Martingales and Brownian Motion. Springer Verlag, 1999.
[3] Ph. Protter. Stochastic integration and differential equations. A new Approach. Springer Verlag 1990
[4] Olivier Lévêque. Cours de probabilités et calcul stochastique. EPFL. (2004-2005)

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 2*

Intitulé de l'UE : UEF22

Intitulé de la matière : Fiabilité des systèmes
Crédits : 5
Coefficients : 3
Objectifs de l'enseignement

Acquérir quelques notions fondamentales sur les graphes et les mathématiques appliquées.

Connaissances préalables recommandées

Statistique, Probabilité et Processus Aléatoires.

Contenu de la matière

1) Principes de base
2) Modèles paramétriques usuels.
3) Fiabilité des systèmes non réparables
4) Fiabilité des systèmes réparables
5) Maintenance.

Mode d'évaluation : *Contrôle continu **40%,** examen **60%***

Références

[1] Roseaux. Exercices et problèmes résolus de recherche opérationnelle. Tome2 : Phénomènes aléatoires en recherche opérationnelle. Masson, 1983

[2] J. L. Bon, Fiabilités des systèmes : méthodes mathématiques, Masson 1995

[3] C. Cocozza-Thivent, Processus stochastique et fiabilité des systèmes, Springer 1997

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 3*

Intitulé de l'UE : UEF32

Intitulé de la matière : Analyse de données de survie
Crédits : 4
Coefficients : 2
Objectifs de l'enseignement :
Maîtriser les principales méthodes et modèles statistiques avancés pour l'analyse de données de survie.
Connaîtrons les principales méthodes et modèles statistique pour analyser des données de survie complexes
Connaissances préalables recommandées : Probabilités et statistique, processus stochastiques et fiabilité.
Contenu de la matière :
Chapitre 1 : Préliminaires : Fonction de survie, troncature et censure.
Chapitre 2 : Estimation non paramétrique
Estimateur de Kaplan Meier de la survie-Estimateur de Nelson-Aalen du risque cumulé
Chapitre 3 : Modèles semi-paramétriques : Modèles à hasard proportionnels- Modèles de Cox
Chapitre 4 : Comparaison de deux ou plusieurs fonctions de survie.
Comparaison de deux groupes, comparaison de plusieurs groupes.
Mode d'évaluation : Continu 40% et Examen 60%

Références :
[1] J. Klein , M. Moeschberger., Survival Analysis, Springer, 2003.
[2] Cox, D. R., Oakes, D. (1984), Analyse des données de survie, éd. Chapman Hall
[3] Saint-Pierre. P, (2015), Introduction à l'analyse des durées de survie, http://www . lsta.upmc.fr/psp/Cours Survie 1.pdf
[4] John P. Klein, Melvin L. Moeschberger, (2003), Techniques d'analyse de survie pour les données censurées et tronquées, éd. Springer

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 3*

Intitulé de l'UE : UED31

Intitulé de la matière : Machine Learning
Crédits : 2
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement
Cette matière vise à introduire les méthodes fondamentales de l'apprentissage automatique appliquées à l'analyse des données. L'étudiant apprendra à comprendre les principaux algorithmes de classification et de régression ainsi que leurs applications dans différents domaines scientifiques.

Connaissances préalables recommandées
- Probabilités et statistiques
- Algèbre linéaire
- Analyse numérique
- Bases de programmation scientifique

Contenu de la matière

1. **Chapitre 1 : Introduction au Machine Learning**
   Concepts généraux, types d'apprentissage, cycle d'un projet d'apprentissage.
2. **Chapitre 2 : Préparation et analyse des données**
   Nettoyage des données, normalisation, séparation apprentissage/test.
3. **Chapitre 3 : Méthodes de classification**
   k plus proches voisins, arbres de décision, régression logistique.
4. **Chapitre 4 : Méthodes de régression et évaluation**
   Régression linéaire, mesures de performance, validation croisée.
5. **Chapitre 5 : Applications et outils logiciels**
   Introduction à Python et Scikit-learn, études de cas simples.

Mode d'évaluation
- Examen semestriel en présentiel (60%).
- Évaluation continue (CC) (40%) : Exercices, mini-projets, exposés et travail personnel.

Références bibliographiques

1. Christopher Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer.
2. Aurélien Géron, Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow, O'Reilly.
3. Ethem Alpaydin, Introduction to Machine Learning, MIT Press.
4. Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman, The Elements of Statistical Learning, Springer.

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 3*

Intitulé de l'UE : UED31

Intitulé de la matière : Deep Learning
Crédits : 2
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière propose une initiation aux techniques modernes de l'apprentissage profond et à leurs applications dans l'analyse des données complexes. L'étudiant découvrira les architectures profondes les plus utilisées et les principes mathématiques associés.

Connaissances préalables recommandées

- Probabilités et statistiques
- Réseaux de neurones de base
- Algèbre linéaire
- Notions de programmation scientifique

Contenu de la matière

1. **Chapitre 1 : Introduction au Deep Learning**
   Évolution de l'intelligence artificielle, différences entre Machine Learning et Deep Learning.
2. **Chapitre 2 : Réseaux neuronaux profonds**
   Architectures profondes, couches cachées, fonctions d'activation.
3. **Chapitre 3 : Entraînement des modèles profonds**
   Optimisation, rétropropagation, problèmes de convergence.
4. **Chapitre 4 : Réseaux spécialisés**
   Introduction aux CNN et RNN, applications en vision et séries temporelles.
5. **Chapitre 5 : Applications et perspectives**
   Reconnaissance d'images, traitement du langage, enjeux éthiques et limites.

Mode d'évaluation

- Examen semestriel en présentiel (60%).
- Évaluation continue (CC) (40%) : Travaux pratiques, mini-projets, exposés.

Références bibliographiques

1. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville, *Deep Learning*, MIT Press.
2. François Chollet, *Deep Learning with Python*, Manning Publications.
3. Aurélien Géron, *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow*, O'Reilly.
4. Simon Haykin, *Neural Networks and Learning Machines*, Pearson.

Intitulé du Master : Probabilités Statistique et Applications
Semestre *: 3*

Intitulé de l'UE : UET31

Intitulé de la matière : Méthodologie et Rédaction scientifique avancée
Crédits : 1
Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement : Acquérir les compétences pratiques pour la rédaction d'un mémoire de Master et la communication scientifique.

Contenu de la matière :
1) Recherche bibliographique (MathSciNet, arXiv).
2) Structure d'un document scientifique.
3) Maîtrise de LaTeX et BibTeX.
4) Éthique et présentation orale.

Mode d'évaluation : Examen **(100%)**

Références :

•
N. J. Higham, *Handbook of Writing for the Mathematical Sciences*. SIAM, 3rd Ed., 2019.
•
M. Goossens, F. Mittelbach, A. Samarin, *The LaTeX Companion*. Addison-Wesley, 2nd Ed., 2004.