

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

HARMONISATION

OFFRE DE FORMATION

MASTER ACADEMIQUE

Etablissement	Faculté / Institut	Département
Université de M'sila	Mathématiques et Informatique	Mathématiques

Domaine : Mathématiques et informatique

Filière : Mathématiques

Spécialité : **Analyse Mathématique et Applications**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مواظمة عرض تكوين

ماستر أكاديمي

القسم	الكلية/ المعهد	المؤسسة
الرياضيات	الرياضيات والاعلام الالي	جامعة المسيلة

الميدان: رياضيات واطلام الي

الشعبة: رياضيات

التخصص: تحليل رياضي وتطبيقات

SOMMAIRE

I - Fiche d'identité du Master	-----
1 - Localisation de la formation	-----
2 - Partenaires de la formation	-----
3 - Contexte et objectifs de la formation	-----
A - Conditions d'accès	-----
B - Objectifs de la formation	-----
C - Profils et compétences visées	-----
D - Potentialités régionales et nationales d'employabilité	-----
E - Passerelles vers les autres spécialités	-----
F - Indicateurs de suivi de la formation	-----
G - Capacités d'encadrement	-----
4 - Moyens humains disponibles	-----
A - Enseignants intervenant dans la spécialité	-----
B - Encadrement Externe	-----

5 - Moyens matériels spécifiques disponibles	-----
A - Laboratoires Pédagogiques et Equipements	-----
B- Terrains de stage et formations en entreprise	-----
C - Laboratoires de recherche de soutien au master	-----
D - Projets de recherche de soutien au master	-----
E - Espaces de travaux personnels et TIC	-----
II - Fiche d'organisation semestrielle des enseignements	-----
1- Semestre 1	-----
2- Semestre 2	-----
3- Semestre 3	-----
4- Semestre 4	-----
5- Récapitulatif global de la formation	-----
III - Programme détaillé par matière	-----
IV – Accords / conventions	-----

I – Fiche d'identité du Master
(Tous les champs doivent être obligatoirement remplis)

1 - Localisation de la formation :

Faculté : Mathématiques et Informatique

Département : Mathématiques

2- Partenaires de la formation *:

- autres établissements universitaires :

- entreprises et autres partenaires socioéconomiques :

- Partenaires internationaux :

* = Présenter les conventions

3 – Contexte et objectifs de la formation

A–Conditions d'accès (*indiquer les spécialités de licence qui peuvent donner accès au Master*)

1. Licence LMD de mathématiques
2. Licence LMD de mathématiques appliquées

B - Objectifs de la formation (*compétences visées, connaissances pédagogiques acquises à l'issue de la formation- maximum 20 lignes*)

Le master Analyse Mathématique et Applications a pour objectif de doter l'étudiant d'une maîtrise approfondie des outils théoriques de l'analyse moderne ainsi que de leurs applications dans divers domaines scientifiques. La formation met l'accent sur les méthodes avancées d'analyse fonctionnelle, d'équations différentielles ordinaires et aux dérivées partielles, d'optimisation, ainsi que sur les techniques d'approximation et de modélisation mathématique.

Elle vise également à développer la capacité de l'étudiant à formuler, analyser et résoudre des problèmes complexes issus des sciences de l'ingénieur, de la physique, de la mécanique des fluides, ou encore du traitement du signal. Les enseignements combinent rigueur théorique et ouverture vers les applications, permettant aux étudiants d'acquérir des compétences solides en modélisation, calcul scientifique, simulation numérique, et analyse qualitative des systèmes.

Cette spécialité prépare ainsi aux métiers de l'enseignement supérieur et de la recherche, du calcul scientifique, de la modélisation mathématique et de l'analyse appliquée dans les secteurs technologiques et industriels.

C – Profils et compétences métiers visés *(en matière d'insertion professionnelle - maximum 20 lignes) :*

Le parcours de la formation se caractérise par deux ans de formation, M1 et M2. Dans la première année M1, le cursus a pour objectif de donner une formation approfondie en analyse mathématique, préparant directement aux métiers de la recherche fondamentale et appliquée dans un sens large. Une spécialisation poussée en M2 est ensuite proposée ; elle couvre essentiellement plusieurs axes importants de l'analyse moderne et de ses applications.

La formation contient principalement :

Analyse réelle et fonctionnelle, équations différentielles ordinaires et aux dérivées partielles, analyse numérique, optimisation, probabilités appliquées, modélisation mathématique, méthodes variationnelles, ... etc.

L'objectif de cette spécialité est de fournir aux étudiants un cursus solide et diversifié pour une formation à la recherche dans le domaine de l'analyse mathématique et de ses applications, motivées par des problèmes issus de la modélisation, des équations différentielles, de l'optimisation et des sciences appliquées.

D- Potentialités régionales et nationales d'employabilité

Il est clair que l'orientation de la formation du master des mathématiques vers les parcours contenant les mathématiques discrètes qui s'intéressent à l'étude des problèmes mathématiques liés à l'application dans divers domaines scientifiques et technologiques méritent d'être soutenue et encouragée dans le sens de permettre à la nouvelle génération de mathématiciens algériens de s'orienter vers les problèmes concrets liés de près ou de loin aux préoccupations économiques et industrielles de notre pays. Cette formation de Master proposée s'implique dans cette logique en permettant à nos étudiants en mathématiques d'acquérir les outils nécessaires de modélisation mathématiques.

Les débouchés :

- Enseignement de mathématiques pures et appliquées.
- Poursuite d'études doctorales dans plusieurs spécialités dont celles liées aux domaines informatique, etc.
- Une meilleure insertion dans le monde actuel s'orientant de plus en plus vers une société de services, avec la possibilité d'intégrer le domaine de l'ingénierie mathématique qui sont multiples : les Sociétés de services,

l'Industrie, les Bureaux d'Études, les grands organismes publics ou privés, etc.

E – Passerelles vers d'autres spécialités

Une passerelle en M1 et en M2 sera éventuellement accordée à d'autres parcours qui assurent un parcours M1 semblable ou près.

F – Indicateurs de suivi de la formation

En plus du comité pédagogique du Master qui sera composée de l'ensemble des enseignants responsables des unités d'enseignement, un comité de suivi sera installé, composé du responsable du Master, du domaine, du chef de département et du président du comité scientifique son rôle est de veiller sur le bon déroulement de la formation.

G – Capacité d'encadrement (donner le nombre d'étudiants qu'il est possible de prendre en charge)

De 20 à 30 étudiants.

4 – Moyens humains disponibles

A : Enseignants de l'établissement intervenant dans la spécialité :

4 – Moyens humains disponibles

A : Enseignants de l'établissement intervenant dans la spécialité :

Nom, prénom	Diplôme graduation + Spécialité	Diplôme Post graduation + Spécialité	Grade	Type d'intervention *	Emergement
NADIR mostefa	Doctorat d'état	Mathématiques	Prof.	Cours-TD-TP-Encad.	
GASMI Abdelkader	Doctorat d'état	Mathématiques	Prof.	Cours-TD-TP-Encad.	
NOUIRI Brahim	Doctorat sciences	Mathématiques	Prof.	Cours-TD-TP-Encad.	
DJERIOU Aissa	Doctorat sciences	Mathématiques	Prof.	Cours-TD-TP-Encad.	
GAGUI Bachir	Doctorat sciences	Mathématiques	M.C.A.	Cours-TD-TP-Encad.	
KHIRANI Amina	Doctorat sciences	Mathématiques	M.C.A.	Cours-TD-TP-Encad.	
ABDELKEBIR Saad	Doctorat sciences	Mathématiques	M.C.A.	Cours-TD-TP-Encad.	
DJAIDJA Noui	Doctorat sciences	Mathématiques	M.C.A.	Cours-TD-TP-Encad.	
LAKHAL Aissa	Doctorat sciences	Mathématiques	M.C.B.	Cours-TD-TP-Encad.	
BOUNAB Noura	Doctorat sciences	Mathématiques	M.C.B.	Cours-TD-TP-Encad.	
BLIZAK Tahar	Doctorat sciences	Mathématiques	M.C.B.	Cours-TD-TP-Encad.	
HERAIZ Toufik	Doctorat sciences	Mathématiques	M.C.A.	Cours-TD-TP-Encad.	

* = Cours, TD, TP, Encadrement de stage, Encadrement de mémoire, autre (à préciser)

Etablissement :
Année universitaire : 2025-2026

Intitulé du master : Analyse Mathématique et Applications

* = Cours, TD, TP, Encadrement de stage, Encadrement de mémoire, autre (à préciser)

Etablissement :

Intitulé du master : Analyse Mathématique et Applications
Année universitaire : 2026-2027

B : Encadrement Externe :

Etablissement de rattachement :

Nom, prénom	Diplôme graduation + Spécialité	Diplôme Post graduation + Spécialité	Grade	Type d'intervention *	Emargement

Etablissement de rattachement :

Nom, prénom	Diplôme graduation + Spécialité	Diplôme Post graduation + Spécialité	Grade	Type d'intervention *	Emargement

Etablissement de rattachement :

Nom, prénom	Diplôme graduation + Spécialité	Diplôme Post graduation + Spécialité	Grade	Type d'intervention *	Emargement

* = Cours, TD, TP, Encadrement de stage, Encadrement de mémoire, autre (à préciser)

C- Laboratoire(s) de recherche de soutien au master :

C- Laboratoire(s) de recherche de soutien au master :

Laboratoire de Mathématiques Pures et Appliquées, Université de M'sila

Chef du laboratoire
N° Agrément du laboratoire : N° 88 du 25/07/2000

Date :

Avis du chef de laboratoire :



عسوية ياسين

Chef du laboratoire
N° Agrément du laboratoire

Date :

Avis du chef de laboratoire:

D- Projet(s) 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 :

- Salle centrale des TIC
- Salle de TP de département

Etablissement
 Année universitaire : 2025-2026

intitulé du master : Analyse Mathématique et Applications

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
UEF 1 (Fondamentale)						09	18		
UEF11		9h	4h30						
Analyse fonctionnelle	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Distributions et Analyse de Fourier 1	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Calcul différentiel	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
UEM1(Méthodologie)						05	09		
UEM11		4h30	3h						
Analyse convexe	63h	3h	1h30		62h	3	5	40%	60%
Optionnel X (Théorie de l'approximation)	42h	1h30	1h30		58h	2	4	40%	60%
UED1 (Découverte)						02	02		
UED11		1h30	1h30						
Modélisation mathématique	42h	1h30	1h30		8h	2	2	40%	60%
UET1 (Transversale)		UE Transversale 1				01	01		
UET11									
Choisir parmi : Entrepreneuriat et Ateliers de créativité, Éthique de l'intelligence artificielle	21h	1h30			4h	1	1		100%
Total Semestre 1	357h	16h30	9h		393	17	30		

Le module optionnel X à choisir parmi : Théorie de l'approximation, Analyse multivoque, Analyse matricielle, Introduction au traitement d'image, Fonctions spéciales et applications.

Etablissement :

Intitulé du master : **Analyse Mathématique et Applications**
Année universitaire : **2026-2027**

2- Semestre 2 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	14-16sem	C	TD	TP	Autres			Continu	Examen
UEF2 (Fondamentale)	UE fondamentale 2					09	18		
UEF21		9h	4h30						
Analyse fonctionnelle 2	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Distributions et Analyse de Fourier 2	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Analyse complexe avancée	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
UEM2 (Méthodologie)	UE Méthodologique 2					05	09		
UEM21		4h30	3h						
Optimisation convexe	63h	3h	1h30		62h	3	5	40%	60%
Optionnel Y (Méthode des éléments finis)	42h	1h30	1h30		58h	2	4	40%	60%
UED2 (Découverte)	UE Découverte 2					02	02		
UED21		1h30		1h30					
Choisir entre: Calcul scientifique, Deep learning for approximation theory	42h	1h30		1h30	8h	2	2	40%	60%
UET2 (Transversale)	UE Transversale 2					01	01		
UET21		1h30							
Outils de Simulation numériques	21h	1h30			4h	1	1		100%
Total Semestre 2	357h	16h30	7h30	1h30	393	17	30		

Le module optionnel Y à choisir parmi : Calcul fractionnaire, Méthode des éléments finis, Théorie du contrôle, Inéquations variationnelles, Vision artificielle.

3- Semestre 3 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	14-16 sem	C	TD	TP	Autres			Continu	Examen
UEF3 (Fondamentale)	UE fondamentale 3					09	18		
UEF31		9h	4h30						
Équations intégrales	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Théorie spectrale	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Théorie des semi-groupes	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
UEM 3 : UE méthodologie						05	09		
UEM31		4h30	3h						
Introduction aux EDP non linéaires	63h	3h	1h30		62h	3	5	40%	60%
Optionnel Z (Analyse numérique des EDP)	42h	1h30	1h30		58h	2	4	40%	60%
UE découverte						03	03		
UED31		1h30	1h30						
Séminaire de recherche scientifique	42h	1h30	1h30		8h	2	2	40%	60%
UET3 (Transversale)						01	01		
UET31		1h30							
Méthodologie et Rédaction scientifique	21h	1h30			4h	1	1		100%
Total Semestre 3	357h	16h30	9h		393	17	30		

Le module optionnel Z à choisir parmi : Inclusions différentielles, Modèles avancés pour le traitement d'images, Analyse asymptotique, Analyse numérique des EDP.

4- Semestre 4 :

Domaine : Mathématiques-informatique

Filière : Mathématiques

Spécialité : Analyse Mathématique et Applications

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

	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)

VH	UE	UEF	UEM	UED	UET	Total
Cours		378h	189h	63h	63h	693h
TD		189 h	126h	21h	-	336h
TP			-	21h	-	21h
PFE avec Mémoire		750h	-	-	-	750h
Stage dans l'entreprise		-	-	-	-	-
Ateliers		-	-	-	-	-
Travail Personnel		783h	360h	24h	12h	1179h
Total		2100h	675h	129h	75h	2979h
Crédits		84	27	6	3	120
%en crédits pour chaque UE		70%	22.5%	5%	2.5%	100,00

III - Programme détaillé par matière (1 fiche détaillée par matière)

Semestre : 1

Unité d'enseignement : Fondamentale

Intitulé de la matière : Analyse fonctionnelle 1

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30

Crédits : 6

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Introduire les structures fondamentales des espaces de dimension infinie (Banach et Hilbert) et maîtriser les grands théorèmes de l'analyse fonctionnelle qui constituent le socle de l'analyse moderne et de la théorie des EDP.

Connaissances préalables recommandées :

Topologie générale, théorie de l'intégration (Lebesgue), algèbre linéaire.

Contenu de la matière :

- **Chapitre 1 : Espaces de Banach**
 1. Espaces vectoriels normés, complétude, exemples (ℓ^p , $C(K)$).
 2. Opérateurs linéaires continus, norme d'opérateur.
 3. Lemme de Baire et ses conséquences.
- **Chapitre 2 : Espaces de Hilbert**
 1. Produit scalaire, orthogonalité, théorème de projection sur un convexe fermé.
 2. Bases hilbertiennes (systèmes orthonormaux complets), inégalité de Bessel, identité de Parseval.
 3. Le théorème de Représentation de Riesz.
- **Chapitre 3 : Les théorèmes fondamentaux de l'analyse fonctionnelle**
 1. Le théorème de Hahn-Banach (formes analytique et géométrique).
 2. Le théorème de Banach-Steinhaus (principe de la borne uniforme).
 3. Le théorème de l'application ouverte et le théorème du graphe fermé.
 4. Le théorème du graphe fermé.

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- H. Brezis, *Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations*. Springer, 2011.
- W. Rudin, *Functional Analysis*. McGraw-Hill, 1991.
- P. D. Lax, *Functional Analysis*. Wiley-Interscience, 2002.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 1

Unité d'enseignement : Fondamentale

Intitulé de la matière : Distributions et Analyse de Fourier 1

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30

Crédits : 6

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Généraliser les notions de fonction et de dérivation. Maîtriser la transformée de Fourier comme outil de "diagonalisation" des opérateurs différentiels à coefficients constants et l'appliquer à la résolution d'EDP.

Connaissances préalables recommandées :

Analyse réelle, théorie de l'intégration, topologie.

Contenu de la matière :

- **Chapitre 1 : Théorie des Distributions**

1. Motivation (solutions faibles), espaces de fonctions-test $D(\Omega)$.
2. Définition des distributions et opérations (dérivation, multiplication, convolution).

- **Chapitre 2 : Espace de Schwartz et Distributions Tempérées**

1. L'espace de Schwartz $S(\mathbb{R}^n)$ et ses propriétés.
2. Les distributions tempérées $S'(\mathbb{R}^n)$ comme cadre naturel pour la transformée de

Fourier.

- **Chapitre 3 : Transformation de Fourier**

1. Définition et propriétés sur $S(\mathbb{R}^n)$ et $S'(\mathbb{R}^n)$.
2. Application à la résolution d'EDP : solution élémentaire du Laplacien, équation

de Poisson sur \mathbb{R}^n .

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- C. Gasquet, P. Witomski, *Analyse de Fourier et applications*. Dunod, 2015.
- G. B. Folland, *Fourier Analysis and Its Applications*. Wadsworth & Brooks/Cole, 1992.
- L. Schwartz, *Théorie des distributions*. Hermann, 1966.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 1

Unité d'enseignement : Fondamentale

Intitulé de la matière : Calcul différentiel

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30

Crédits : 6

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Étendre les outils du calcul différentiel aux espaces de dimension infinie (espaces de Banach), un prérequis indispensable pour l'analyse non linéaire, l'optimisation et la géométrie différentielle.

Connaissances préalables recommandées :

Analyse réelle, algèbre linéaire, topologie.

Contenu de la matière :

- **Chapitre 1 : Différentiabilité dans les espaces de Banach**
 1. Différentielle de Gâteaux (directionnelle) et de Fréchet (forte). Lien entre les deux.
 2. Théorèmes fondamentaux : Règle de la chaîne, théorème des accroissements finis.
- **Chapitre 2 : Différentielles d'ordre supérieur**
 1. Applications multilinéaires continues.
 2. Symétrie de la différentielle seconde (Théorème de Schwarz). Formule de Taylor.
- **Chapitre 3 : Les grands théorèmes d'analyse non linéaire**
 1. Le Théorème d'inversion locale.
 2. Le Théorème des fonctions implicites.

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- H. Cartan, *Calcul différentiel*. Hermann, 1967.
- J. Lafontaine, *Introduction aux variétés différentielles*. EDP Sciences, 2010.
- E. Zeidler, *Nonlinear Functional Analysis and Its Applications I: Fixed-Point Theorems*. Springer, 1986.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 1

Unité d'enseignement : Méthodologique

Intitulé de la matière : Analyse convexe

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30

Crédits : 5

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Comprendre les propriétés géométriques et topologiques des ensembles convexes et les propriétés analytiques des fonctions convexes, outils fondamentaux de l'optimisation.

Connaissances préalables recommandées :

Analyse fonctionnelle (en parallèle), topologie.

Contenu de la matière :

- **Chapitre 1 : Géométrie des ensembles convexes**
 1. Enveloppe convexe, intérieur algébrique et topologique.
 2. Théorèmes de séparation (formes géométriques du théorème de Hahn-Banach).
- **Chapitre 2 : Fonctions convexes**
 1. Épigraphe, semi-continuité inférieure. Propriétés de continuité.
- **Chapitre 3 : Sous-différentiel et dualité**
 1. Définition du sous-différentiel. Règle de Fermat (condition d'optimalité).
 2. Conjugaison de Fenchel-Moreau et dualité.

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- J.-B. Hiriart-Urruty, C. Lemaréchal, *Convex Analysis and Minimization Algorithms I*. Springer, 1993.
- R. T. Rockafellar, *Convex Analysis*. Princeton University Press, 1970.
- S. Boyd, L. Vandenberghe, *Convex Optimization*. Cambridge University Press, 2004.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 1

Unité d'enseignement : Méthodologique

Intitulé de la matière : Théorie de l'approximation

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30

Crédits: 4

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Étudier l'approximation de fonctions par des fonctions plus simples (polynômes) et comprendre le lien entre la régularité d'une fonction et son approximation.

Contenu de la matière :

1. **Meilleure approximation dans les espaces normés :** Existence, unicité, caractérisation.
2. **Approximation polynomiale :** Théorème de Weierstrass. Théorème d'alternance de Tchebychev.
3. **Régularité et vitesse d'approximation :** Théorèmes de Jackson et Bernstein.

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- E. W. Cheney, *An Introduction to Approximation Theory*. McGraw-Hill/AMS.
- L. N. Trefethen, *Approximation Theory and Approximation Practice*. SIAM.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 1

Unité d'enseignement : Découverte

Intitulé de la matière : Modélisation mathématique **Volume**

Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30 **Crédits :**
2

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Apprendre le processus de traduction d'un problème concret en un modèle mathématique, analyser qualitativement le modèle et interpréter les résultats.

Contenu de la matière :

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

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

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

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 1

Unité d'enseignement : Transversale

Intitulé de la matière : Choisir parmi : Entrepreneuriat ou Éthique de l'IA

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30

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 (Option Entrepreneuriat) :

De l'idée au projet, Business Model Canvas, étude de marché, le Pitch.

Contenu (Option Éthique de l'IA) :

Biais et Équité (Fairness), Transparence et Explicabilité (XAI), Responsabilité.

Mode d'évaluation : Examen (100%)

Références :

- A. Osterwalder & Y. Pigneur, *Business Model Generation*. Pearson, 2011.
- C. O'Neil, *Weapons of Math Destruction*. Crown, 2016.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 2

Intitulé de la matière : Analyse fonctionnelle 2

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30

Crédits : 6

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Approfondir la théorie des espaces de Banach en introduisant la dualité et les topologies faibles, outils essentiels en calcul des variations et théorie des EDP non linéaires.

Connaissances préalables recommandées : Analyse Fonctionnelle 1.

Contenu de la matière :

- **Chapitre 1 : Dualité Topologique :** Espace dual E' , bidual E'' , injection canonique, opérateur adjoint.
- **Chapitre 2 : Topologies Faibles :** Définition des topologies faible $\sigma(E, E')$ et faible-* $\sigma(E', E)$, convergence forte, convergence faible et convergence faible étoile.
- **Chapitre 3 : Compacité Faible :** Théorème de Banach-Alaoglu, espaces réflexifs, théorème de Kakutani.

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- H. Brezis, *Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations*. Springer, 2011.
- W. Rudin, *Functional Analysis*. McGraw-Hill, 1991.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 2

Unité d'enseignement : Fondamentale

Intitulé de la matière : Distributions et Analyse de Fourier 2

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30

Crédits : 6

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Appliquer la théorie des distributions à la construction des espaces de Sobolev, cadre fonctionnel naturel pour l'étude des solutions faibles des EDP, et maîtriser leurs propriétés fondamentales.

Connaissances préalables recommandées : Analyse Fonctionnelle 1, Distributions 1.

Contenu de la matière :

- **Chapitre 1 : Construction des Espaces de Sobolev $W^{k,p}(\Omega)$.**
- **Chapitre 2 : Propriétés de Densité et d'Extension.**
- **Chapitre 3 : Théorèmes d'Injection de Sobolev et de Compacité de Rellich-Kondrachov.**
- **Chapitre 4 : Théorème de Trace.**

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- R. A. Adams, J. J. F. Fournier, *Sobolev Spaces*. Academic Press, 2003.
- L. C. Evans, *Partial Differential Equations*. AMS, 2010 (Chapitre 5).

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 2

Unité d'enseignement : Fondamentale

Intitulé de la matière : Analyse complexe avancée

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30

Crédits : 6

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Maîtriser des outils puissants comme le théorème des résidus et la théorie des applications conformes, et comprendre leurs applications en analyse.

Connaissances préalables recommandées : Analyse complexe de base.

Contenu de la matière :

- **Chapitre 1 : Théorie des Résidus :** Points singuliers isolés, théorème des résidus, application au calcul d'intégrales réelles.
- **Chapitre 2 : Principe de l'Argument et Théorème de Rouché.**
- **Chapitre 3 : Applications Conformes :** Transformations de Möbius, lemme de Schwarz, Théorème de l'application conforme de Riemann (énoncé).
- **Chapitre 4 : Prolongement Analytique et Fonctions Spéciales.**

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- L. V. Ahlfors, *Complex Analysis*. McGraw-Hill, 3rd Ed., 1979.
- J. B. Conway, *Functions of One Complex Variable I*. Springer, 2nd Ed., 1978.
- H. Cartan, *Théorie élémentaire des fonctions analytiques*. Hermann, 1961.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 2

Unité d'enseignement : Méthodologique

Intitulé de la matière : Optimisation convexe

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30

Crédits : 5

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Se concentrer sur les algorithmes pour résoudre les problèmes d'optimisation convexe, avec et sans contraintes.

Connaissances préalables recommandées : Analyse convexe, calcul différentiel.

Contenu de la matière :

- **Chapitre 1 : Conditions d'optimalité :** Conditions pour problèmes sans contraintes et avec contraintes (Karush-Kuhn-Tucker - KKT).
- **Chapitre 2 : Algorithmes pour l'optimisation sans contraintes :** Descente de gradient, méthode de Newton.
- **Chapitre 3 : Algorithmes pour l'optimisation avec contraintes :** Gradient projeté, méthodes de pénalisation et de barrière.
- **Chapitre 4 : Introduction aux Méthodes de Points Intérieurs.**

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- S. Boyd, L. Vandenberghe, *Convex Optimization*. Cambridge University Press, 2004.
- J. Nocedal, S. J. Wright, *Numerical Optimization*. Springer, 2nd Ed., 2006.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 2

Unité d'enseignement : Méthodologique

Intitulé de la matière : Optionnel Y : Méthode des éléments finis

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30

Crédits: 4

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Établir les fondements mathématiques rigoureux et les aspects d'implémentation de la MEF pour les problèmes elliptiques.

Contenu de la matière :

1. **Formulation variationnelle et approximation de Galerkin.**
2. **Construction des éléments finis de Lagrange (P_1 , P_2).**
3. **Analyse de l'erreur :** Lemme de Céa et estimations a priori H^1 et L^2 .

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- P. G. Ciarlet, *The Finite Element Method for Elliptic Problems*. SIAM, 2002.
- S. C. Brenner, L. R. Scott, *The Mathematical Theory of Finite Element Methods*. Springer, 3rd Ed., 2008

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 2

Unité d'enseignement : Découverte

Intitulé de la matière : Choisir entre: Calcul scientifique ou Deep learning for approximation theory

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TP : 1h30

Crédits : 2

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Soit acquérir des compétences pratiques en implémentation d'algorithmes, soit explorer les liens entre réseaux de neurones et théorie de l'approximation.

Contenu (Calcul scientifique) :

Implémentation en Python d'algorithmes d'algèbre linéaire numérique et de discrétisation d'EDP.

Contenu (Deep learning) :

Théorèmes d'approximation universelle, réseaux ReLU comme fonctions affines par morceaux.

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, *Deep Learning*. MIT Press.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 2

Unité d'enseignement : Transversale

Intitulé de la matière : Outils de Simulation numériques

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30 **Crédits**

: 1

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Acquérir une maîtrise pratique d'un logiciel de calcul scientifique (ex: FreeFEM++, COMSOL) pour résoudre des EDP par la méthode des éléments finis.

Contenu de la matière :

1. **Prise en main d'un environnement de simulation.**
2. **Workflow d'une simulation :** Pré-traitement (maillage), définition du problème, résolution, post-traitement (visualisation).
3. **Projet de simulation** sur un problème concret.

Mode d'évaluation : Examen (100%)

Références :

- La documentation officielle du logiciel choisi.
- A. Quarteroni, *Modélisation Mathématique et Calcul Scientifique*. PPUR, 2012.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 3

Unité d'enseignement : Fondamentale

Intitulé de la matière : Équations intégrales

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30

Crédits : 6

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Étudier la théorie et les méthodes de résolution des équations intégrales, et comprendre leur lien profond avec la théorie des opérateurs compacts.

Connaissances préalables recommandées : Analyse fonctionnelle 1.

Contenu de la matière :

- **Chapitre 1 : Classification et origines :** Équations de Volterra et de Fredholm, lien avec les problèmes différentiels (fonction de Green).
- **Chapitre 2 : Équations de Volterra :** Méthode des approximations successives.
- **Chapitre 3 : Théorie de Fredholm :** Noyaux séparables, Alternative de Fredholm, lien avec les opérateurs compacts.

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- R. Kress, *Linear Integral Equations*. Springer, 3rd Ed., 2014.
- F. G. Tricomi, *Integral Equations*. Dover, 1985.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 3

Unité d'enseignement : Fondamentale

Intitulé de la matière : Théorie spectrale

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30

Crédits : 6

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Généraliser la notion de valeurs propres aux opérateurs sur les espaces de dimension infinie, en particulier les opérateurs non bornés qui modélisent les observables physiques.

Connaissances préalables recommandées : Analyse fonctionnelle 1 & 2.

Contenu de la matière :

- **Chapitre 1 : Spectre des opérateurs bornés :** Spectre ponctuel, continu, résiduel.
- **Chapitre 2 : Opérateurs compacts et auto-adjoints :** Théorème spectral.
- **Chapitre 3 : Opérateurs non bornés :** Domaine, graphe, adjoint, opérateurs symétriques et auto-adjoints.
- **Chapitre 4 : Le Théorème Spectral pour les opérateurs auto-adjoints (non bornés).**

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- M. Reed, B. Simon, *Methods of Modern Mathematical Physics, Vol. 1: Functional Analysis*. Academic Press, 1980.
- J. Weidmann, *Linear Operators in Hilbert Spaces*. Springer, 1980.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 3

Unité d'enseignement : Fondamentale

Intitulé de la matière : Théorie des semi-groupes **Volume**

Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30 **Crédits :**

6

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Construire le cadre mathématique rigoureux pour la résolution des problèmes d'évolution linéaires (EDP paraboliques et hyperboliques).

Connaissances préalables recommandées : Analyse Fonctionnelle, Théorie spectrale.

Contenu de la matière :

- **Chapitre 1 : Le Problème de Cauchy Abstrait et les C_0 -Semigroups.**
- **Chapitre 2 : Les Théorèmes de Hille-Yosida et Lumer-Phillips.**
- **Chapitre 3 : Semi-groupes analytiques et application aux équations paraboliques.**
- **Chapitre 4 : Groupes unitaires et application aux équations conservatives (Théorème de Stone).**

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- A. Pazy, *Semigroups of Linear Operators and Applications to Partial Differential Equations*. Springer, 1983.
- K.-J. Engel, R. Nagel, *A Short Course on Operator Semigroups*. Springer, 2006.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 3

Unité d'enseignement : Méthodologique

Intitulé de la matière : Introduction aux EDP non linéaires

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30

Crédits : 5

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Introduire les principales classes d'EDP non linéaires et les méthodes mathématiques pour prouver l'existence de solutions.

Connaissances préalables recommandées : Analyse fonctionnelle 2, Espaces de Sobolev.

Contenu de la matière :

- **Chapitre 1 : Méthodes Topologiques :** Application du théorème du point fixe de Schauder, introduction au degré topologique.
- **Chapitre 2 : Méthodes Variationnelles :** Minimisation directe, introduction au Théorème du col (Min-Max).
- **Chapitre 3 : Méthodes de Monotonie :** Opérateurs monotones, Théorème de Minty-Browder.

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- L. C. Evans, *Partial Differential Equations*. AMS, 2010 (Chapitre 9).
- M. Struwe, *Variational Methods*. Springer, 4th Ed., 2008.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 3

Unité d'enseignement : Méthodologique

Intitulé de la matière : Analyse numérique des EDP

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30

Crédits: 4

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Approfondir la théorie mathématique des méthodes numériques pour différentes classes d'EDP.

Contenu de la matière :

1. **Méthode des éléments finis :** Analyse de l'erreur a posteriori, maillage adaptatif.
2. **Méthode des volumes finis :** Schémas pour les lois de conservation hyperboliques.
3. **Discrétisation temporelle :** Analyse de la stabilité des schémas (Runge-Kutta, BDF) pour les EDP.

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- A. Quarteroni, A. Valli, *Numerical Approximation of Partial Differential Equations*. Springer, 2008.
- R. Verfürth, *A Posteriori Error Estimation Techniques for Finite Element Methods*. Oxford University Press, 2013.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 3

Unité d'enseignement : Découverte

Intitulé de la matière : Séminaire de recherche scientifique

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30

Crédits : 2

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Immerger les étudiants dans la culture de la recherche, développer leur capacité à synthétiser et présenter des sujets avancés.

Contenu de la matière :

1. **Lecture d'articles de recherche** ou de chapitres de monographies.
2. **Préparation et réalisation de présentations orales.**
3. **Participation active aux discussions scientifiques.**

Mode d'évaluation : Examen final (60%), Contrôle Continu (40%)

Références :

- Articles de recherche récents dans les journaux spécialisés (*SIAM Journal on Numerical Analysis, Journal of Functional Analysis, etc.*).

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications

Semestre : 3

Unité d'enseignement : Transversale

Intitulé de la matière : Méthodologie et Rédaction scientifique

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30

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 de la gestion de bibliographie (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.

V- Accords ou conventions

NON

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

VI - Avis et Visas des organes administratifs et consultatifs

Intitulé du Master : Analyse Mathématique et Applications

Le Chef de département domaine	Responsable du
Date et Signature:	Date et Signature:

Le Doyen de la faculté / Directeur d'institut
Date et Signature:

Le Président de l'université
Date et signature :

VIII - Visa de la Conférence Régionale

(Uniquement à renseigner dans la **version finale** de l'offre de formation)