

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**OFFRE DE FORMATION MASTER
ACADÉMIQUE**

2026/2027

Etablissement	Faculté / Institut	Département
Université Mohamed Boudiaf - M'sila	Faculté de Mathématiques et de l'informatique	Mathématiques

Domaine : Mathématique et Informatique

Filière : Mathématiques

Spécialité : Analyse Fonctionnelle et Applications

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

عرض تكوين ماستر

أكاديمي

2027/2026

القسم	الكلية/ المعهد	المؤسسة
الرياضيات	كلية الرياضيات والإعلام الآلي	جامعة محمد بوضياف بالمسيلة

الميدان: رياضيات وإعلام آلي

الشعبة: رياضيات

التخصص: تحليل دالي و تطبيقاته

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

1 - Localisation de la formation :

Etablissement : Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Faculté (ou Institut) : Faculté des Mathématiques et de l'informatique

Département : Mathématiques

2- Partenaires de la formation *:

- Autres établissements universitaires :

- Entreprises et autres partenaires socio-économiques :

- 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*)

- Licence LMD de Mathématiques
- Licence LMD de Mathématiques appliquées ou professionnelle

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

Il s'agit de la continuité d'un Master en Analyse Fonctionnelle créé depuis quelques années dans le but de la création d'un pôle en mathématiques pures à l'université de M'sila.

Les objectifs pédagogiques sont alors doubles : apporter aux étudiants une vue d'ensemble des outils mathématiques de haut niveau et une maîtrise technique et conceptuelle pour une entrée dans la vie professionnelle, et aussi offrir aux étudiants intéressés par une formation doctorale un avant-goût des mathématiques contemporaines et des problèmes actuels de la recherche.

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

L'existence de plusieurs départements et laboratoires de recherches au niveau national demande un large besoin d'utilisateurs de techniques mathématiques où l'activité de recherche va de pair avec le développement de la recherche en mathématiques.

D- Potentialités régionales et nationales d'employabilité

Au niveau nationales : Enseignement secondaire, Enseignement universitaire (après une formation en doctorat)

Au niveau régionales : Enseignement secondaire, Enseignement universitaire (après une formation en doctorat), université Mohamed Boudiaf à M'sila et ENS à Boussaâda.

E – Passerelles vers d'autres spécialités

F – Indicateurs de suivi de la formation

L'équipe pédagogique composée par l'ensemble des enseignants responsables des unités d'enseignement, effectue le suivi des enseignements en organisant périodiquement des comités pédagogiques et établit un rapport d'évaluation semestriel.

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

30 étudiants

4 – Moyens humains disponibles

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

4 – Moyens humains disponibles




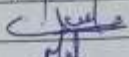

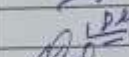



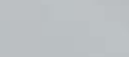

A : Enseignants de l'établissement intervenant dans la spécialité :

Nom, prénom	Diplôme graduation + Spécialité	Diplôme Post graduation + Spécialité	Grade	Type d'intervention *	Emargement
Moussai Madani	DES Maths	Doctorat d'Etat	Pr	Cours-TD-TP-Encad.	
Achour Dahmane	DES Maths	Doctorat en science	Pr	Cours-TD-TP-Encad.	
Drihem Douadi	DES Maths	Doctorat en science	Pr	Cours-TD-TP-Encad.	
Sengouga Abdelmouhcene	DES Maths	Doctorat en science	Pr	Cours-TD-TP-Encad.	
Tallab Abdelhamid	DES Maths	Doctorat en science	MCA	Cours-TD-TP-Encad.	
Bougherara Brahim	Licence Maths	Doctorat LMD	MCA	Cours-TD-TP-Encad.	
Dahmane Bouafia	Licence Maths	Doctorat en science	MCA	Cours-TD-TP-Encad.	
Mecheter Rahah	Licence Maths	Doctorat en science	MCA	Cours-TD-TP-Encad.	
Abdelkebir Saad	DES Maths	Doctorat en science	MCA	Cours-TD-TP-Encad.	
Hamidi Khaled	DES Maths	Doctorat en science	MCA	Cours-TD-TP-Encad.	
Yahi Rachid	Licence Maths	Doctorat LMD	MCA	Cours-TD-TP-Encad.	
Abdelaziz Hellal	DES Maths	Doctorat en science	MCB	Cours-TD-TP-Encad.	
Alouani Ahlem	DES Maths	Doctorat en science	MCB	Cours-TD-TP-Encad.	
Mekdour Fateh	Licence Maths	Doctorat LMD	MCB	Cours-TD-TP-Encad.	

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

Cours, TD, TP, Encadrement de stage, Encadrement de mémoire (En. Mé.), autre (à préciser)

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

Nom, prénom	Diplôme graduation + Spécialité	Diplôme Post graduation + Spécialité	Grade	Type d'intervention *	Emargement
Benmeddour Mohamed Ourabah	DES Maths	Doctorat en science	MCB	Cours-TD-TP-Encad.	
Delloum Wahiba	DES Maths	Doctorat en science	MCB	Cours-TD-TP-Encad.	
Mihoubi Hamza	DES Maths	Doctorat en science	MCB	Cours-TD-TP-Encad.	
Touahria Messaoud	DES Maths	Doctorat en science	MCB	Cours-TD-TP-Encad.	
Chadi khelifa	DES Maths	Doctorat en science	MCB	Cours-TD-TP-Encad.	
Meliani Saliha	DES Maths	Doctorat en science	MCB	Cours-TD-TP-Encad.	
Tahar Blizak	DES Maths	Doctorat en science	MCB	Cours-TD-TP-Encad.	
Dechoucha Noureddine	DES Maths	Doctorat en science	MAA	Cours-TD-TP-Encad.	
Mazouz Ahmed	DES Maths	Magistère Maths	MAA	Cours-TD-TP-Encad.	
Benmerrouche Soraya Amel	DES Maths	Magistère Maths	MAA	Cours-TD-TP-Encad.	
Bissar Samira	DES Maths	Magistère Maths	MAA	Cours-TD-TP-Encad.	

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

Cours, TD, TP, Encadrement de stage, Encadrement de mémoire (En. Mé.), autre (à préciser)

5 – Moyens matériels spécifiques disponibles

A-Laboratoires Pédagogiques et Equipements : Fiche des équipements pédagogiques existants pour les TP de la formation envisagée (1 fiche par laboratoire)

Intitulé du laboratoire : Laboratoire d'Analyse Fonctionnelle et Géométrie des Espaces (Université de M'Sila)

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	observations
1	Micro-ordinateurs	25	disponibles
2	Imprimantes	10	disponibles

B- Terrains de stage et formation en entreprise :

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

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

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
Descriptions fonctionnelles et applications sur des espaces Euclidien de type de Besov homogènes d'ordre fractionnaires	C00L03UN280120220005	01/01/2022	31/12/2025
Caractérisation des espaces fonctionnels de type de Besov et applications	COOL03UN280120220004	01/01/2022	31/12/2025
Sur la régularité et le comportement asymptotique des solutions de quelques problèmes d'évolution	C00L03UN280120220010	01/01/2022	31/12/2025
Relations Lipschitziennes et sommabilité des opérateurs non-linéaires	C00L03UN280120220014	01/01/2022	31/12/2025
Connexion entre certaines propriétés non linéaires de sommabilités et application à quelques espaces fonctionnels	COOL03UN280120220011	01/01/2022	31/12/2025
Développement des théories de factorisabilité et l'interpolation des espaces des opérateurs m-homogène, polynomiales et Lipchitziens et l'application sur les EDP et mécanique de fluide	COOL03UN280120220001	01/01/2022	31/12/2025

E- Espaces de travaux personnels et TIC :

Etablissement : Université de M'Sila Intitulé du master : Analyse Fonctionnelle et Applications Page 11
Année universitaire : 2026/2027

II – Fiche d'organisation semestrielle des enseignements

(Prière de présenter les fiches des 4 semestres)

1- Semestre1:

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Moded'évaluation	
	14 sem	C	TD	TP	Travail pers.			Continu	Examen
UE Fondamentales						9	18		
UEF11		9	4h30						
Analyse fonctionnelle 1	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Distribution et Analyse de Fourier 1	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Théorie du point fixe et applications	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
UE Méthodologique						5	9		
UEM11		4h30	3h						
Problèmes d'évolution	63h	3h	1h30		62h	3	5	40%	60%
Équations différentielles ordinaires	42h	1h30	1h30		58h	2	4	40%	60%
UE Découverte						2	2		
UED11		1h30	1h30						
Modélisation mathématique	42h	1h30	1H30		8h	2	2	40%	60%
UE Transversale						1	1		
UET11		1h30							
Éthique de l'intelligence artificielle	21h	1h30			4h	1	1		100%
Total Semestre 1	357h	16h30	9h		393	17	30		

2- Semestre2:

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Moded'évaluation	
	14 sem	C	TD	TP	Travailpers.			Continu	Examen
UE Fondamentales						9	18		
UEF21		9h	4h30						
Analysefonctionnelle2	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
DistributionsetAnalysede Fourier 2	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Théoriespectrale	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
UE Méthodologique						5	9		
UEM21		4h30	3h						
ThéorieduContrôle	63h	3h	1h30		62h	3	5	40%	60%
Théorie de l'approximation	42h	1h30	1h30		58h	2	4	40%	60%
UE Découverte						2	2		
UED21		1h30		1h30					
Deep learning for approximationtheory	42h	1h30		1h30	8h	2	2	40%	60%
UE Transversale						1	1		
UET21		1h30							
OutilsdeSimulation numériques	21h0	1h30			4h	1	1	0%	100%
TotalSemestre2	357h	16h30	7h30	1h30	393	17	30		

3- Semestre3:

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Moded'évaluation	
	14 sem	C	TD	TP	Travailpers.			Continu	Examen
UE Fondamentales						9	18		
UEF31		9h	4h30						
Théorie des Semi-groupes et Applications	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Opérateurs non bornés	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Théorie des Opérateurs Différentiels	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
UE Méthodologique						5	9		
UEM31		4h30	3h						
Méthodes Numériques pour EDP non linéaires	63h	3h	1h30		62h	3	5	40%	60%
Méthodes numériques pour EDO	42h	1h30	1h30		58h	2	4	40%	60%
UE Découverte						2	2		
UED31		1h30	1h30						
Séminaire de recherche scientifique	21h	1h30	1h30		8h	2	2	40%	60%
UE Transversale						1	1		
UET31		1h30							
Méthodologie et Rédactions scientifiques	42h	1h30			4h	1	1	0%	100%
Total Semestre 3	357h	16h30	9h		393	17	30		

4 - Semestre4:

4- Semestre4:

Domaine :Mathématiques et Informatique

Filière : Mathématiques

Spécialité :AnalyseFonctionnelleetapplications

	VHS	Coeff	Crédits
UEF4.1:PFEavecMémoire	750h00	17	30
Stagedansl'entreprise			
Ateliers			
Travail Personnel			
Autres			
TotalSemestre4	750h00	17	30

5- Récapitulatifglobaldelaformation:(indiquerleVHglobalséparéencours,TD,pourles04 semestresd'enseignement,pourlesdifférentstypes d'UE)

VH	UE	UEF	UEM	UED	UET	Total
Cours		378h	189h	63h	63h	693h
TD		189h	126h	-	-	315h
TP		-	-	21h	-	21h
PFEavecMémoire		750	-	-	-	750h
Stagedans l'entreprise		-	-	-	-	-
Ateliers		-	-	-	-	-
Travail Personnel		783h	360h	24h	12h	1179h
Autres		-	-	-	-	-
Total		2100h	675h	108h	75h	2958h
Crédits		84	27	6	3	120
%encréditspour chaque UE		70	22.5	5	2,5	100,00

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

(Tous les champs sont à renseigner obligatoirement)

Intitulé du Master: Analyse fonctionnelle et applications

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 ($\ell^p, C(K)$).
 2. Opérateurs linéaires continus, norme d'opérateur.
 3. Lemme de Baire et ses conséquences.
- **Chapitre 2: Espaces de Hilbert**
 1. Produits scalaire, orthogonalité, théorème de projections 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 (forme 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 fonctionnelle 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 fonctionnelle et applications
Semestre: 1
Unité d'enseignement: Fondamentale
Intitulé de la matière: Théorie du point fixe et applications
Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 3h, TD : 1h30
Crédits : 6
Coefficients: 3

Objectifs de l'enseignement:

Étudier les principaux théorèmes (métriques et topologiques) garantissant l'existence de points fixes, et les appliquer à la résolution d'équations différentielles, intégrales et algébriques.

Connaissances préalables recommandées:

Analyse fonctionnelle (en parallèle), topologie.

Contenu de la matière:

- **Chapitre 1: Théorèmes Métriques (Constructifs)**
 1. Le théorème du point fixe de Banach (principe de contraction).
 2. Applications: Théorème de Cauchy-Lipschitz pour les EDO, résolution d'équations intégrales.
- **Chapitre 2: Théorèmes Topologiques (Non-Constructifs)**
 1. Le théorème du point fixe de Brouwer en dimension finie.
 2. Applications: Théorème de la valeur intermédiaire, existence de l'équilibre de Nash en théorie des jeux.
- **Chapitre 3: Théorèmes en Dimension Infinie**
 1. Le théorème du point fixe de Schauder pour les applications continues sur un convexe compact.

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

Références:

- A. Granas, J. Dugundji, *Fixed Point Theory*. Springer, 2003.
- W.A. Kirk, B. Khamsi, *An Introduction to Metric Spaces and Fixed Point Theory*. Wiley, 2001.
- K. Deimling, *Nonlinear Functional Analysis*. Springer, 1985.

Intitulé du Master : Analyse fonctionnelle et applications

Semestre : 1

Unité d'enseignement : Méthodologique

Intitulé de la matière: Problèmes d'évolution

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

Crédits: 5

Coefficients: 3

Objectifs de l'enseignement:

Introduire l'étude des EDP dépendant du temps (chaleur, ondes) par des méthodes classiques d'analyse de Fourier, en préparation aux méthodes plus abstraites des semestres suivants.

Connaissances préalables recommandées:

Analyse de Fourier, EDO.

Contenu de la matière:

- **Chapitre 1: Séries de Fourier**
 1. Développement en séries de Fourier sur un intervalle. Convergence (Dirichlet, Fejér). Formule de Parseval.
- **Chapitre 2: Application à l'équation de la chaleur**
 1. Résolution de l'équation de la chaleur sur un segment avec conditions aux limites (Dirichlet, Neumann) par la méthode de séparation des variables.
- **Chapitre 3: Application à l'équation des ondes**
 1. Résolution de l'équation des ondes 1D (corde vibrante) par la même méthode.

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

Références:

- W.A. Strauss, *Partial Differential Equations: An Introduction*. Wiley, 2nd Ed., 2007.
- L.C. Evans, *Partial Differential Equations*. AMS, 2nd Ed., 2010 (Chapitres 2 et 4).
- H.F. Weinberger, *A First Course in Partial Differential Equations: with Complex Variables and Transform Methods*. Dover, 1995.

Intitulé du Master : Analyse fonctionnelle et applications

Semestre : 1

Unité d'enseignement : Méthodologique

Intitulé de la matière : Équations différentielles ordinaires

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

Crédits : 4

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Approfondir la théorie qualitative des EDO : existence, unicité, dépendance par rapport aux données, et stabilité.

Contenu de la matière :

1. **Théorèmes d'existence et d'unicité:** Cauchy-Lipschitz, Peano.
2. **Dépendance par rapport aux données:** Lemme de Gronwall.
3. **Systèmes différentiels linéaires et Stabilité de Lyapunov.**

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

Références:

- V.I. Arnold, *Équations différentielles ordinaires*. Mir/Springer.
- M.W. Hirsch, S. Smale, R.L. Devaney, *Differential Equations, Dynamical Systems, and an Introduction to Chaos*. Academic Press, 2013

Intitulé du Master : Analyse fonctionnelle 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).
3. **Étude de cas :** Dynamique des populations (Lotka-Volterra), physique (pendule), épidémiologie (SIR).
4. **Analyse du modèle :** Points d'équilibre, stabilité.

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 fonctionnelle et applications

Semestre : 1

Unité d'enseignement: Transversale

Intitulé de la matière: Éthique de l'intelligence artificielle

Volume Horaire Hebdomadaire: Cours: 1h30

Crédits: 1

Coefficients: 1

Objectifs de l'enseignement:

Développer des compétences transversales : un regard critique sur les enjeux éthiques des algorithmes

Contenu:

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 fonctionnelle et applications

Semestre: 2

Unité d'enseignement: Fondamentale

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 faibles $\sigma(E, E')$ et faible- $*$ $\sigma(E', E)$, convergence forte, convergence faible convergence faible-étoile.
- **Chapitre 3: Compacité Faible:** Théorème de Banach-Alaoglu, espaces réflexifs.

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 fonctionnelle 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 de 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 Rellic h- Kondrachov.
- **Chapitre 4:** Théorème de Trace.

Modé 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 fonctionnelle et applications

Semestre : 2

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 se concentrant sur les opérateurs compacts et auto-adjoints.

Connaissances préalables recommandées: Analyse fonctionnelle 1.

Contenu de la matière:

- **Chapitre 1: Spectre des opérateurs bornés:** Spectre ponctuel, continu, résiduel.
- **Chapitre 2: Opérateurs compacts:** Théorie de Riesz-Schauder et Alternative de Fredholm.
- **Chapitre 3: Opérateurs auto-adjoints sur un espace de Hilbert.**
- **Chapitre 4: Le Théorème Spectral pour les opérateurs compacts auto-adjoints.**

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 fonctionnelle et applications

Semestre : 2

Unité d'enseignement : Méthodologique

Intitulé de la matière: Théorie du Contrôle

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

Crédits: 5

Coefficients: 3

Objectifs de l'enseignement:

Maîtriser les concepts de contrôlabilité, d'observabilité et de stabilisation pour les systèmes dynamiques linéaires.

Connaissances préalables recommandées: EDO, algèbre linéaire.

Contenu de la matière:

- **Chapitre 1: Représentation d'état de systèmes linéaires.**
- **Chapitre 2: Contrôlabilité et observabilité:** Critères de rang de Kalman.
- **Chapitre 3: Stabilité de Lyapunov.**
- **Chapitre 4: Stabilisation par retour d'état:** Théorème de déplacement des pôles.

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

Références:

- E.D. Sontag, *Mathematical Control Theory*. Springer, 1998.
- J.P. Hespanha, *Linear Systems Theory*. Princeton University Press, 2009.

Intitulé du Master: Analyse fonctionnelle et applications

Semestre: 2

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 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.
2. Approximation polynomiale: Théorème de Weierstrass, théorème de Tchebychev.
3. Lien entre régularité et approximation: Théorèmes de Jackson et Bernstein.

Modalité 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 fonctionnelle et applications

Semestre : 2

Unité d'enseignement: Découverte

Intitulé de la matière: Deep learning for approximation theory

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

Crédits: 2

Coefficients: 2

Objectifs de l'enseignement:

Explorer les liens entre réseaux de neurones et théorie de l'approximation.

Contenu:

Théorèmes d'approximation universelle, réseaux ReLU.

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

Références:

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

Intitulé du Master: Analyse fonctionnelle 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.

Contenu de la matière:

1. Prise en main d'un environnement de simulation.
2. Workflow d'une simulation: Maillage, définition du problème, résolution, post-traitement.
3. Projet de simulations 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 fonctionnelle et applications

Semestre: 3

Unité d'enseignement: Fondamentale

Intitulé de la matière: Théorie des Semi-groupes et Applications

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

Crédits: 6

Coefficients: 3

Objectifs de l'enseignement:

Maîtriser 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 fonctionnelle et applications

Semestre: 3

Unité d'enseignement: Fondamentale

Intitulé de la matière: Opérateurs non bornés

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

Crédits: 6

Coefficients: 3

Objectifs de l'enseignement:

Étendre les outils de l'analyse fonctionnelle au cas des opérateurs non bornés, qui est le cadre naturel des opérateurs différentiels.

Connaissances préalables recommandées: Analyse fonctionnelle, Théorie spectrale (S2).

Contenu de la matière:

- **Chapitre 1: Fondements:** Domaine, graphe, opérateurs fermés et fermables.
- **Chapitre 2: Opérateur Adjoint:** Adjoint d'un opérateur à domaine dense.
- **Chapitre 3: Opérateurs symétriques et auto-adjoints:** Distinction cruciale, critères d'auto-adjonction.
- **Chapitre 4: Théorie spectrale des 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 & 2*. Academic Press.
- T. Kato, *Perturbation Theory for Linear Operators*. Springer, 1995.

Intitulé du Master: Analyse fonctionnelle et applications

Semestre: 3

Unité d'enseignement: Fondamentale

Intitulé de la matière: Théorie des Opérateurs Différentiels

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

Crédits : 6

Coefficients: 3

Objectifs de l'enseignement:

Synthétiser les connaissances acquises pour mener une étude mathématique rigoureuse de s équations aux dérivées partielles.

Connaissances préalables recommandées: Tous les modules d'analyse des semestres précédents.

Contenu de la matière:

- **Chapitre 1: Opérateurs elliptiques:** Formulation variationnelle (Lax-Milgram), théorie de la régularité.
- **Chapitre 2: Analyse spectrale des opérateurs elliptiques:** Spectre du Laplacien, existence d'une base hilbertienne de vecteurs propres.
- **Chapitre 3: Opérateurs d'évolution:** Application de la théorie des semi-groupes à la résolution rigoureuse des équations de la chaleur et des ondes.

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

Références:

- D. Gilbarg, N.S. Trudinger, *Elliptic Partial Differential Equations of Second Order*. Springer, 2001.
- L.C. Evans, *Partial Differential Equations*. AMS, 2010.

Intitulé du Master: Analyse fonctionnelle et applications

Semestre: 3

Unité d'enseignement: Méthodologique

Intitulé de la matière: Méthodes Numériques pour EDP non linéaires

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

Crédits: 5

Coefficients: 3

Objectifs de l'enseignement:

Introduire les techniques numériques pour approximer les solutions d'EDP non linéaires.

Connaissances préalables recommandées: EDP, Analyse numérique de base.

Contenu de la matière:

- **Chapitre 1: Méthodes de linéarisation:** Méthodes de point fixe, méthode de Newton-Raphson.
- **Chapitre 2: Application aux problèmes stationnaires:** Discrétisation par éléments finis d'une EDP elliptique semi-linéaire.
- **Chapitre 3: Application aux problèmes d'évolution:** Schémas temporels pour les équations non linéaires (explicites vs. implicites).

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

Références:

- A. Quarteroni, A. Valli, *Numerical Approximation of Partial Differential Equations*. Springer, 2008.
- P.G. Ciarlet, *The Finite Element Method for Elliptic Problems*. SIAM, 2002.

Intitulé du Master: Analyse fonctionnelle et applications

Semestre: 3

Unité d'enseignement: Méthodologique

Intitulé de la matière: Méthodes numériques pour EDO

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

Crédits: 4

Coefficients: 2

Objectifs de l'enseignement:

Analyser les méthodes numériques avancées pour les EDO, en particulier pour les problèmes raides.

Contenu de la matière:

1. Théorie des méthodes de Runge-Kutta.
2. Stabilité: Régions de stabilité, A-stabilité, problèmes raides.
3. Méthodes à pas multiples (Adams, BDF).

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

Références:

- E. Hairer, S.P. Nørsett, G. Wanner, *Solving Ordinary Differential Equations I & II*. Springer.

Intitulé du Master: Analyse fonctionnelle et applications

Semestre: 3

Unité d'enseignement: Découverte

Intitulé de la matière: Séminaire de recherches scientifiques

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

Intitulé du Master: Analyse fonctionnelle 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. Structuration 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.

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 - Enseignants intervenant dans la spécialité	-----
C - 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	-----

IV- Avis et visa des organismes administratifs et scientifiques

Intitulé du Master : Analyse Fonctionnelle et Applications

Le Chef de département	Responsable du domaine
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	

V. Avis et visa de la conférence régionale
(Uniquement dans la version définitive transmise au MESRS)

VI- Avis et visa du Comité pédagogique national du domaine
(Uniquement dans la version définitive transmise au MESRS)