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 Informatique

Filière : Mathématiques

Spécialité : Analyse Mathématique et Applications

Le 02/09/2026

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

Année universitaire : 2026- 2027

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

عرض تكوين ماستر

أكاديمي

2027/2026

المؤسسة	الكلية/ المعهد	القسم

الميدان :رياضيات و إعلام آلي

الشعبة :رياضيات

التخصص : تحليل رياضياتي وتطبيقات

Le 02/09/2026

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

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						**9**	**18**		
UEF11		**9h**	**4h30**						
Analyse fonctionnelle 1	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%
UE Méthodologique						**5**	**9**		
UEM11		**4h30**	**3h**						
Analyse convexe	63h	3h	1h30		62h	3	5	40%	60%
Optionnel X	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									
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.

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		**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%
UE Méthodologique						**5**	**9**		
UEM21		**4h30**	**3h**						
Optimisation convexe	63h	3h	1h30		62h	3	5	40%	60%
Optionnel Y	42h	1h30	1h30		58h	2	4	40%	60%
UE Découverte					1	1			
UED21		1h30							
Outils de Simulation Numérique	21h	1h30			4h	1	1	40%	60%
UE Transversale						2	2		
UET21		1h30	1h30						
Lean Startup	42h00	1h30	1h30		8h00	2	2	80%	20%
Total Semestre 2	357h	16h30	9h		**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 sem	C	TD	TP	Travail pers.			Continu	Examen
UE Fondamentales						**9**	**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%
UE Méthodologique						**5**	**9**		
UEM31		**4h30**	**3h**						
Introduction aux EDP non linéaires	63h	3h	1h30		62h	3	5	40%	60%
Optionnel Z	42h	1h30	1h30		58h	2	4	40%	60%
UE Découverte						**2**	**2**		
UED31		**1h30**	**1h30**						
Séminaire de recherche scientifique	42h	1h30	1h30		8h	2	2	40%	60%
UE Transversale						**1**	**1**		
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

	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	378h	189h	63h	63h	**693h**
TD	189h	126h	21h	-	**336h**
TP	-	-	21h	-	**21h**
PFE avec Mémoire	750	-	-	-	**750h**
Stage dans l'entreprise	-	-	-	-	**-**
Ateliers	-	-	-	-	**-**
Travail Personnel	783h	360h	24h	12h	**1179h**
Autres	-	-	-	-	**-**
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**

Intitulé du Master : Analyse mathématique 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 (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 : Optionnel X : 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 : Méthodologique
Intitulé de la matière : Optionnel X : Analyse multivoque
Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :
Étendre les concepts de l'analyse (continuité, etc.) aux " multivoque " (fonctions à valeurs ensembles) et maîtriser les théorèmes de sélection et de point fixe.

Contenu de la matière :

1. **Topologie des ensembles :** Espace des parties fermées, distance de Hausdorff.
2. **Continuité des multi-applications :** Semi-continuité inférieure (s.c.i) et supérieure (s.c.s).
3. **Théorèmes de sélection :** Sélection de Michael.
4. **Théorèmes de point fixe :** Point fixe de Kakutani et applications.

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

Références :

- J.-P. Aubin, H. Frankowska, *Set-Valued Analysis*. Birkhäuser.
- K. Deimling, *Nonlinear Functional Analysis*. Springer.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications
Semestre : 1
Unité d'enseignement : Méthodologique
Intitulé de la matière : Optionnel X : Analyse matricielle
Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :
Maîtriser les concepts et outils de l'analyse matricielle, en particulier les normes, les décompositions et la localisation des valeurs propres.

Contenu de la matière :

1. **Normes vectorielles et matricielles :** Conditionnement d'une matrice.
2. **Décompositions matricielles :** Rappels sur LU, Cholesky, QR. Décomposition en valeurs singulières (SVD).
3. **Localisation des valeurs propres :** Disques de Gerschgorin. Théorème de Perron-Frobenius pour les matrices positives.

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

Références :

- R. A. Horn, C. R. Johnson, *Matrix Analysis*. Cambridge University Press, 2nd Ed., 2013.
- G. H. Golub, C. F. Van Loan, *Matrix Computations*. Johns Hopkins University Press, 4th Ed., 2013.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications
Semestre : 1
Unité d'enseignement : Méthodologique
Intitulé de la matière : Optionnel X : Introduction au traitement d'image
Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :
Comprendre la représentation numérique des images et maîtriser les techniques de base pour leur amélioration, filtrage et segmentation.

Contenu de la matière :

1. **Représentation de l'image :** Images numériques, histogrammes, espaces de couleur.
2. **Amélioration et filtrage :** Opérations ponctuelles (contraste), filtrage par convolution (lissage, rehaussement).
3. **Analyse fréquentielle :** Transformée de Fourier 2D et ses propriétés.
4. **Segmentation :** Détection de contours (opérateurs de Sobel, Canny), seuillage.

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

Références :

- R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*. Pearson.
- G. Aubert, P. Kornprobst, *Mathematical Problems in Image Processing*. Springer.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications
Semestre : 1
Unité d'enseignement : Méthodologique
Intitulé de la matière : Optionnel X : Fonctions spéciales et applications
Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :
Étudier les propriétés des principales fonctions spéciales de la physique mathématique et leurs liens avec les équations différentielles et les polynômes orthogonaux.

Contenu de la matière :

1. **La fonction Gamma et les fonctions reliées :** Définition, formule de Stirling, fonction Bêta.
2. **Fonctions hypergéométriques :** Série et équation hypergéométrique de Gauss.
3. **Polynômes orthogonaux classiques :** Legendre, Hermite, Laguerre, Tchebychev.
4. **Fonctions de Bessel :** Équation de Bessel et ses solutions.

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

Références :

- NIST, *Digital Library of Mathematical Functions*. (dlmf.nist.gov).
- G. E. Andrews, R. Askey, R. Roy, *Special Functions*. Cambridge University Press.

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
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 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 : Calcul fractionnaire
Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :
Introduire la généralisation des opérateurs de dérivation et d'intégration à des ordres non entiers et étudier les équations différentielles fractionnaires.

Contenu de la matière :

1. **Définitions et propriétés :** Intégrales et dérivées de Riemann-Liouville, de Caputo.
2. **Transformations de Laplace et de Fourier** des dérivées fractionnaires.
3. **Équations différentielles fractionnaires (FDEs) :** Problèmes de Cauchy, rôle de la fonction de Mittag-Leffler.

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

Références :

- I. Podlubny, *Fractional Differential Equations*. Academic Press, 1998.
- A. A. Kilbas, H. M. Srivastava, J. J. Trujillo, *Theory and Applications of Fractional Differential Equations*. Elsevier, 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 : Méthodologique
Intitulé de la matière : Optionnel Y : Théorie du contrôle
Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30
Crédits : 4
Coefficients : 2

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

Contenu de la matière :

1. **Représentation d'état des systèmes linéaires.**
2. **Contrôlabilité et observabilité :** Critères de rang de Kalman.
3. **Stabilité de Lyapunov.**
4. **Stabilisation par retour d'état :** Théorème de placement 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 mathématique et Applications
Semestre : 2
Unité d'enseignement : Méthodologique
Intitulé de la matière : Optionnel Y : Inéquations variationnelles
Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :
Généraliser la formulation variationnelle au cas de problèmes avec contraintes unilatérales et maîtriser le théorème de Lions-Stampacchia.

Contenu de la matière :

1. **Motivation :** Problème de l'obstacle.
2. **Formulation abstraite** dans les espaces de Hilbert.
3. **Théorème d'existence et d'unicité de Lions-Stampacchia.**
4. **Applications** aux problèmes de contact sans frottement.

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

Références :

- D. Kinderlehrer, G. Stampacchia, *An Introduction to Variational Inequalities and Their Applications*. SIAM, 2000.
- H. Brezis, *Functional Analysis...* (Chapitre 10).

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications
Semestre : 2
Unité d'enseignement : Méthodologique
Intitulé de la matière : Optionnel Y : Vision artificielle
Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :
Introduire les concepts fondamentaux de la vision par ordinateur, de la formation de l'image à la reconnaissance d'objets, en passant par la géométrie multi-vues.

Contenu de la matière :

1. **Formation et filtrage de l'image :** Caméra sténopé, convolution, détection de points d'intérêt (SIFT).
2. **Géométrie multi-vues :** Géométrie épipolaire, matrice fondamentale et essentielle, triangulation.
3. **Reconnaissance d'objets :** Des approches classiques (Bag-of-Words) à une introduction aux réseaux de neurones convolutifs (CNNs).

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

Références :

- R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer, 2011.
- R. Hartley, A. Zisserman, *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press, 2nd Ed., 2003.

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 : Optionnel Z : Inclusions différentielles
Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :
Étudier la dynamique des systèmes gouvernés par des équations différentielles multivoques $x'(t) \in F(x(t))$ et leurs applications au contrôle.

Contenu de la matière :

1. **Cadre de l'analyse multivoque :** Rappels, théorèmes de sélection.
2. **Théorèmes d'existence de solutions** pour les inclusions différentielles.
3. **Applications en théorie du contrôle :** Ensemble des vitesses accessibles, théorie de la viabilité.

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

Références :

- J.-P. Aubin, H. Frankowska, *Set-Valued Analysis*. Birkhäuser, 2009.
- K. Deimling, *Nonlinear Functional Analysis*. Springer, 1985.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications
Semestre : 3
Unité d'enseignement : Méthodologique
Intitulé de la matière : Optionnel Z : Modèles avancés pour le traitement d'images
Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :
Appliquer les outils de l'analyse (calcul des variations, EDP) à des problèmes avancés de traitement d'images.

Contenu de la matière :

1. **Modèles variationnels pour le débruitage :** Modèle de Rudin-Osher-Fatemi et la variation totale (TV).
2. **Segmentation par contours actifs :** Modèles "snakes" et approche par ensembles de niveaux.
3. **Modèle de Mumford-Shah** pour la segmentation.
4. **Inpainting** (reconstruction d'image).

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

Références :

- G. Aubert, P. Kornprobst, *Mathematical Problems in Image Processing*. Springer, 2006.
- T. Chan, J. Shen, *Image Processing and Analysis: Variational, PDE, Wavelet, and Stochastic Methods*. SIAM, 2005.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications
Semestre : 3
Unité d'enseignement : Méthodologique
Intitulé de la matière : Optionnel Z : Analyse asymptotique
Volume Horaire Hebdomadaire : Cours : 1h30, TD : 1h30
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :
Apprendre les techniques d'approximation de solutions de problèmes contenant des petits ou grands paramètres.

Contenu de la matière :

1. **Échelles et développements asymptotiques.**
2. **Méthodes des perturbations régulières et singulières.**
3. **Méthode des développements raccordés (couches limites).**
4. **Méthode WKB.**

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

Références :

- M. H. Holmes, *Introduction to Perturbation Methods*. Springer, 2013.
- C. M. Bender, S. A. Orszag, *Advanced Mathematical Methods for Scientists and Engineers*. Springer, 1999.

Intitulé du Master : Analyse mathématique et Applications
Semestre : 3
Unité d'enseignement : Méthodologique
Intitulé de la matière : Optionnel Z : 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.

Avis et Visas des organes Administratifs et Consultatifs

Intitulé du Master : Mathématiques de l'intelligence artificielle

Chef de département + Responsable de l'équipe de domaine
Date et visa Date et visa
Doyen de la faculté (ou Directeur d'institut)
Date et visa :
Chef d'établissement universitaire
Date et visa

VII – Avis et Visa de la Conférence Régionale
(Uniquement dans la version définitive transmise au MESRS)

Avis et Visa du Comité pédagogique National de Domaine
(Uniquement dans la version définitive transmise au MESRS)