

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

OFFRE DE FORMATION MASTER ACADÉMIQUE

Etablissement	Faculté / Institut	Département

Le 02/09/2026

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

Domaine : Mathématiques et Informatique (MI)

Filière : Mathématiques

Spécialité : Algèbre et Applications

Année universitaire : 2026- 2027

عرض تكوين ماستر

أكاديمي

2027/2026

المؤسسة	الكلية/ المعهد	القسم

Le 02/09/2026

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

الميدان :رياضيات و إعلام آلي

الشعبة :رياضيات

التخصص : جبر وتطبيقات

السنة الجامعية : 2027/2026

Objectifs de la formation :

Les objectifs de cette formation consistent à former des spécialistes possédant une maîtrise approfondie des concepts, des structures et des méthodes algébriques, aussi bien sur le plan fondamental qu'appliqué. À ce titre, plusieurs objectifs généraux et spécifiques sont visés.

Objectifs généraux :

1. Consolider et approfondir les connaissances fondamentales en algèbre.
2. Préparer les étudiants à la recherche en mathématiques pures et appliquées.
3. Développer l'esprit d'abstraction ainsi que la rigueur mathématique, en favorisant l'autonomie, la capacité de démonstration, de modélisation et de formalisation de situations complexes.
4. Permettre l'utilisation des outils algébriques dans des contextes interdisciplinaires variés.
5. Encourager l'ouverture vers des domaines connexes tels que la logique, la cryptographie et l'informatique mathématique.

Objectifs spécifiques :

1. Maîtriser les structures algébriques fondamentales telles que les groupes, les anneaux, les corps et les espaces vectoriels.
2. Comprendre les principales théories et méthodes de l'algèbre moderne et leurs applications.
3. Développer les capacités de raisonnement logique, de démonstration et de résolution de problèmes mathématiques complexes.
4. Savoir utiliser les outils algébriques dans la modélisation de problèmes scientifiques et informatiques.
5. Initier les étudiants aux méthodes de recherche et à la rédaction scientifique en mathématiques.
6. Exploiter des logiciels et outils informatiques dédiés au calcul algébrique et symbolique.
7. Appliquer les concepts algébriques dans des domaines tels que la cryptographie, la théorie des codes et l'informatique théorique.
8. Renforcer l'autonomie intellectuelle et la capacité d'analyse critique des étudiants.

II – Fiche d'organisation semestrielle des enseignements

(Prière de présenter les fiches des 4 semestres)

Smestre 1

Unité d’Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	14 sem	C	TD	TP	Travail Personnel			Continu	Examen
UEF Fondamentales									
UEF1						9	18		
Logique 1 et structures formelles	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Théorie des anneaux	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Arithmétique et Combinatoire élémentaires	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
UEM Méthodologique									
UEM1(O/P)						4	9		
Cryptographie 1	42h	1h30	1h30		83h	2	5	40%	60%
Théorie des relations	42h	1h30	1h30		58h	2	4	40%	60%
UED Transversale									
UED1 (O/P)						4	2		
Calcul formel et Programmation	63h	1h30	1h30	1h30	0h	2	1	40%	60%
Langages et méthodologie mathématique, logiciels libres	42h	1h30		1h30	0h	2	1	40%	60%
UET Découverte									
UET1(O/P)						1	1		
Communication scientifique	21h		1h30		4h	1	1	100%	
Total Semestre 1	399h	210h	147h	42h	402h	18	30		

Semestre 2 :

Unité d’Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	14 sem	C	TD	TP	Travail Personnel			Continu	Examen
UEF Fondamentales									
UEF2						9	18		
Théorie des corps	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Algèbre linéaire avancée	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Optionnel X	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
UEM Méthodologique									
UEM2(O/P)						6	9		
Codes linéaires 1	42h	1h30	1h30		58h	3	4	40%	60%
Théorie des représentations des groupes finis	63h	3h	1h30		62h	3	5	40%	60%
UED Découverte									
UED2 (O/P)						1	1		
Initiation à la didactique	21h	1h30			4h	1	1	00%	100%
UET Transversale									
UET2(O/P)						2	2		
Lean Startup	42h	1h30		1h30	12h	2	2	60%	40%
Total Semestre 2	357h	231h	105h	21h	397h	18	30		

Le module optionnel X à choisir parmi : Logique II et structures formelles, Algèbres associatives et non-associatives, Groupes nilpotents et résolubles généralisés, Ordres et treillis.

Semestre 3 :

Unité d’Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d’évaluation	
	14 sem	C	TD	TP	Travail Personnel			Continu	Examen
UEF Fondamentales									
UEF3						9	18		
Algèbre multilinéaire	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Théorie de Galois	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
Optionnel Y	63h	3h	1h30		87h	3	6	40%	60%
UEM Méthodologique									
UEM3(O/P)						5	8		
Complexité algorithmique	63h	1h30	1h30	1h30	37h	2	4	40%	60%
Cryptographie II	42h	1h30	1h30		58h	3	4	40%	60%
UED Transversale									
UED3 (O/P)						3	3		
Intelligence artificielle et Algèbre	42h	1h30		1h30	33h	3	3	40%	60%
UET Découverte									
UET3(O/P)						1	1		
Méthodologie de recherche scientifique et bibliographique	21h	1h30			4h	1	1		100%
Total Semestre 3	357h	210h	105h	42h	393h	18	30		

Le module optionnel Y à choisir parmi : Algèbre homologique et catégories, Structures avancées et applications, Algèbre homologique II, Fondements de la topologie algébrique, Introduction à la géométrie algébrique, Codes linéaires II, Ensembles flous et relations floues, Sécurité de l'information.

Semestre 4

Choix du sujet de mémoire concerne des axes théoriques ou des applications comme :

- Codage et théorie des codes correcteurs (linéaires, cycliques, etc.)
- Algèbre et cryptographie: RSA, courbes elliptiques
- Modélisation en physique mathématique via des structures algébriques

	VHS	Coeff	Crédits
PFE avec Mémoire	750h00	18	30
Stage dans l'entreprise			
Ateliers			
Travail Personnel			
Autres			
Total Semestre 4	750h00	18	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	147h	42h	84h	651h
TD		189 h	126h	21h	21h	357h
TP			21h		105h	126h
PFE avec Mémoire		750h	-	-	-	750h
Stage dans l'entreprise		-	-	-	-	-
Ateliers		-	-	-	-	-
Travail Personnel		783h	331h	12h	45h	1171h
Total		2100h	625h	75h	255h	3055h
Crédits		84	26	3	7	120
% en crédits pour chaque UE		70%	20%	2%	8%	100,00

III - Programme détaillé par matière

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S1

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : **Logique 1 et structures formelles**

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Logique mathématique

- Logique propositionnelle, logique des prédicats (logique du premier ordre), démonstration formelle.

2. Théorie des ensembles

- Axiomes de Zermelo-Fraenkel (ZF, ZFC), ensembles finis, infinis, dénombrables, indénombrables, ...)

3. Rappels d'algèbre générale

- Groupes, anneaux, corps
- Morphismes, sous-structures, isomorphismes.

4. Théorie des groupes

- Groupes finis, théorèmes de Lagrange.
- Groupes de permutations, groupes linéaires.
- Groupe opérant sur un ensemble, orbites et stabilisateurs, centralisateurs, théorèmes de Sylow.
- Présentations de groupes.
- Séries de composition, groupes résolubles, nilpotents.

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

Références :

1. **Grégory Bard**, *Mathematical Logic through Python* (Springer).
2. **Peter Smith**, *An Introduction to Formal Logic* (Cambridge).
3. **Cours de Cédric Bonnafé**, *Anneaux et idéaux*.
4. **Cours de Nicolas Bergeron**, *Anneaux, idéaux, factorisation*.
5. **Jean-Pierre Serre**, *Représentations linéaires des groupes finis*.
6. **John R. Durbin**, *Modern Algebra An Introduction*.
7. **Philippe Ruelle**, *Théorie des groupes*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S1

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Théorie des anneaux

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Anneaux commutatifs

- Idéaux premiers, maximaux, anneaux intègres, factoriels, principaux.
- Anneaux locaux, localisation.

2. Anneaux de polynômes

- Factorisation, théorèmes de Gauss et d'Eisenstein.
- Polynômes symétriques, discriminants.

3. Anneaux artiniens et noethériens

- Chaînes ascendantes et descendantes.
- Théorèmes de Hilbert.

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

Références :

- 1. Cours de Cédric Bonnafé (Université de Montpellier) – Anneaux et idéaux.**
- 2. Cours de Nicolas Bergeron (ENS) – Anneaux, idéaux, factorisation.**

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S1

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : **Arithmétique et Combinatoire élémentaires**

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Quelques principes pour la théorie des nombres
 - Principe de bon ordre.
 - Principe des tiroirs.
 - Principe de l'induction mathématique.
- **L'anneau $\mathbb{Z}$ et arithmétique**
 - Divisibilité, PGCD, algorithme d'Euclide.
 - Nombres premiers, théorème fondamental de l'arithmétique.
 - Congruences: classes modulo, anneau $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$.
 - Théorèmes de Fermat, Euler, Chinois, Wilson.
 - Equation diophantienne linéaire : $ax+by=c$.
 - Partitions d'un entier.
 - Fonctions arithmétiques.
- **Quelques principes de combinatoire**
 - Objectifs de la combinatoire, rappels sur : induction, contradiction et principe des cages à pigeons, méthode de démonstration combinatoire, rappels sur les principes de dénombrement (principes de multiplication et d'addition). Le principe d'Inclusion-exclusion.

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

Références :

1. Song Y. Yan, *Number theory for computing*.
2. Koshy, *Fibonacci and Lucas Numbers with Applications*.
3. J-M. De Koninck, *1001 problèmes en théorie classique des nombres*
4. Melvyn B. Nathanson, *Elementary Methods in Number Theory*.
5. J.H. Van Lint and R.M. Wilson, *A Course in Combinatorics*.
6. Huy Xuong Nguyen , *Mathématiques Discrètes et informatique*.
7. Robert A. Beeler, *How to Count, An Introduction to Combinatorics and Its Applications*.
8. Daniel Perrin, *Cours d'algèbre*.
9. Donald L. Kreher. *Group theory notes*.
10. Ludolf Lidl and Gunter Pilz, *Applied Abstract Algebra*.
11. John R. Durbin, *Modern Algebra An Introduction*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S1

Intitulé de l'UE : Méthodologique

Intitulé de la matière : Cryptographie 1

Crédits : 05

Coefficients : 02

Contenu de la matière :

1. Introduction Générale

- Définitions : cryptographie, cryptanalyse, cryptologie
- Objectifs : confidentialité, intégrité, authenticité, non-répudiation

2. Histoire de la cryptographie (de César à RSA)

- Chiffres de substitution (César, Vigenère), Chiffres de transposition
- Analyse de fréquence et cryptanalyse classique,
- Limites des méthodes classiques.
- Cryptographie Symétrique
- Cryptographie Asymétrique.

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

References:

1. **Christof Paar & Jan Pelzl**, *Understanding Cryptography*
2. **Douglas R. Stinson** , *Cryptography: Theory and Practice*.
3. **Arkadii Slinko**, *Algebra for applications*.
4. **Douglas R. Stinson, Maura B. Paterson** , *Cryptography theory and practice*.
5. **James Kraft**, *An introduction to number theory with cryptography*.
6. **Nigel P. Smart**, *Cryptography Made simple*.
7. **Neal Koblitz**, *A course in Number theory and cryptography*.
8. **Neal Koblitz**, *Algebraic Aspects of cryptography*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S1

Intitulé de l'UE : Méthodologique

Intitulé de la matière : Théorie des relations

Crédits : 04

Coefficients : 02

Contenu de la matière :

1. Notions de base

- Relation binaire, préordre, équivalence, ordre, ordre total, ordre strict, chaîne et antichaine.
- Clôtures (réflexive, transitive, symétrique, ...).
- Représentation par des graphes dirigés.
- Représentation des ensembles ordonnés, diagramme de couverture, diagramme de Hasse.
- Somme directe, somme ordinale et produit d'ensembles ordonnés.
- Ordres lexicographiques.
- Décomposition en niveaux d'un ensemble ordonné.
- Extensions des ordres

2. Extraction de suites monotones et combinatoire des ordres

- Sous-suites monotones et décomposition en antichaînes.
- Décomposition en chaînes, théorème de R.P.Dilworth.
- Propriété de Sperner.
- Antichaines et combinaisons booléennes

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

Références :

1. **G. Birkhoff**, Lattice theory, Ann. Mathematical.
2. **T. S. Blyth**, *Lattices and algebraic structures*.
3. **R. Fraïsse**, Theory of relations.
4. **E. Harzheim**, *Ordered sets*.
5. **J. G. Rosenstein**, *linear Ordering*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S1

Intitulé de l'UE : Transversale

Intitulé de la matière : Calcul formel et Programmation

Crédits : 01

Coefficients : 02

Contenu de la matière :

1. Introduction à Maple

- Généralités.
- Outils de programmation.
- Vecteurs, Matrices et Algèbre Linéaire.
- Matrices et vecteurs, Calcul matriciel , Algèbre linéaire, Espaces vectoriels.
- Arithmétique élémentaire.
- Représentation d'un entier en base b, opérations élémentaires, Division euclidienne, L'anneau $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$ et le théorème chinois.
- Polynômes et Fractions Rationnelles.
- Courbes et surfaces
- Courbes $y=f(x)$, Courbes paramétriques et polaires,
- Surfaces $Z=f(x,y)$.

2. Logiciels libres de calcul formel

- (Maxima, SageMath, SymPy,...)

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

Références:

1. **M. Maurice**, *Mathématiques pour le Calcul formel*.
2. **Jean-Charles Faugère**, *Introduction au calcul formel et à l'algorithmique*.
3. **Geddes, Czapor, Labahn**, *Algorithms for Computer Algebra*.
4. **D. Sylvain**, *À la découverte de Maple, les Mathématiques en images*.
5. **F. Chyzak**, *Introduction au Calcul formel, Algorithmes et complexité*

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S1

Intitulé de l'UE : Transversale

Intitulé de la matière : Langages et méthodologie mathématique, logiciels libres

Crédits : 01

Coefficients : 02

Contenu de la matière :

1. Langages et Méthodologie Mathématique

- Lecture/écriture de démonstrations
- Initiation à LaTeX
- Bibliographie mathématique

2. Logiciels libres

- (Linux, Firefox, VLC,.....)

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

References :

- 1. Thierry Stoehr, *Logiciels***

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S1

Intitulé de l'UE : Découverte

Intitulé de la matière : Communication scientifique

Crédits : 01

Coefficients : 01

Contenu de la matière :

1. Introduction générale

- Objectifs : informer, convaincre, vulgariser, diffuser
- Types de publics : chercheurs, étudiants, décideurs, grand public

2. Types de communication

- Communication académique , Communication institutionnelle :
- Communication vers le grand public, L'article scientifique, Communication orale
- Vulgarisation scientifique, Supports numériques.

Mode d'évaluation : Contrôle continu 100%.

References:

1. **Jean-Luc Lebrun**, *L'Art de communiquer la science*.
2. **Michael Alley**, *The Craft of Scientific*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S2

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Théorie des corps

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

- Extensions algébriques, transcendentes, degrés d'extensions, Corps de décomposition et corps de clôture algébrique.
- Polynômes irréductibles, polynômes primitifs, construction des corps finis, caractérisation des corps finis.
- Polynômes sur les corps finis.
- Divisibilité
- Cyclotomiques, réciproques
- Résultats fondamentaux.

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

References :

1. **L. J. Goldstein**, *Abstract Algebra* .
2. **A. Kostrikin**, *introduction d'algèbre*.
3. **J.P. Escofier**, *Théorie de Galois*.
4. **Lidl and niederreitev**, *Theory of finite fields*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S2

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Algèbre linéaire avancée

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

- Espaces vectoriels et dualité.
- Formes bilinéaires et quadratiques, réduction des endomorphismes.
- Espaces préhilbertiens et hilbertiens réels.
- Groupes de matrices et transformation,
- Modules sur un anneau

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

References :

1. **Done Right, Sheldon Axler**, Linear Algebra.
2. **Serge Lang**, Linear Algebra.
3. **Thomas W. Hungerford**, *Algebra*.
4. **Jean-Pierre Escofier**, *Introduction à l'algèbre*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S2

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Logique 2 et structures formelles

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Structures algébriques formelles

- Structures (groupes, anneaux, corps) en logique, Algèbres de Boole
- Lattices (treillis) et ordres partiels
- Monoïdes, semi-anneaux, structures dans l'automatique

2. Théorie de la démonstration (Proof Theory)

- Langages formels et syntaxe des preuves
- Programmation et logique (Curry-Howard)
- Systèmes de typage (lambda-calcul, types simples et dépendants)
- Calcul des séquents, systèmes de Gentzen

3. Théorie des modèles

- Interprétation des formules dans des structures
- Isomorphismes de modèles
- Élémentarité et extensions élémentaires
- Théories complètes et catégoricité.

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

References:

1. **Elliott Mendelson** , *Introduction to Mathematical Logic*
2. **Manin & Merkulov**, *A Course in Mathematical Logic for Mathematicians*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S2

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Algèbres Associatives et Non-Associatives

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Introduction générale

- Motivation : généraliser la notion d'anneau avec multiplication non nécessairement associative.
- Exemples issus de la physique, géométrie, informatique, etc.
- Importance en algèbre linéaire, algèbre multilinéaire, et algèbre homologique.

2. Définitions et exemples

- Algèbres de Lie :
- Algèbres de Jordan :
- Algèbres alternatives :

3. Structure

- Radical, idéal, centre dans le contexte non-associatif.
- Quotients et sous-algèbres.

4. Applications

- Algèbres de Lie : géométrie différentielle, groupes de Lie, physique.
- Algèbres de Jordan : mécanique quantique.
- Algèbres associatives : bases de l'algèbre linéaire, codage, calcul matriciel, informatique.
- Octonions et quaternions : géométrie, rotations 3D, physique théorique.

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

References :

1. **Richard S. Pierce** , *Associative Algebras*.
2. **Michel Goze & Elisabeth Remm**, *Algèbres non associatives*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S2

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : **Groupes nilpotents et résolubles généralisés**

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Généralisation des groupes nilpotents

- Groupes nilpotents de classe au plus c .
- Groupes puissamment nilpotents.
- Groupes nilpotents de torsion (dans les groupes infinis).

2. Groupes localement nilpotents

- Définition : tout sous-groupe fini est nilpotent.
- Exemples et contre-exemples.
- Groupes nilpotents radicaux (radicaux de Fitting).

3. Généralisation des groupes résolubles

- Résolubilité restreinte (groupes où certains sous-groupes dérivés sont finis).
- Groupes résolubles de classe au plus n .
- Groupes résolubles localement :
 - Tout sous-groupe engendré par un nombre fini d'éléments est résoluble.
- Radical de Hirsch–Plotkin : plus grand sous-groupe résoluble normal.

4. Propriétés et théorèmes fondamentaux

- Inclusion : tout groupe nilpotent est résoluble.
- Sous-groupes et images :
 - Sous-groupe d'un groupe nilpotent est nilpotent.
 - Image homomorphe d'un groupe résoluble est résoluble.
- Produit direct et extension :
 - Produit direct de groupes nilpotents est nilpotent.
 - Extension de groupes nilpotents/résolubles peut l'être ou non (exemples).
- Théorème de Hall : existence de sous-groupes résolubles d'ordre donné.

5. Méthodes de construction et classification

- Extensions centrales., Groupes de Heisenberg.
- Groupes de Lie nilpotents (connexion avec algèbre de Lie).
- Groupes polycycliques.

References:

1. **Derek J.S. Robinson** , *A Course in the Theory of Groups*.
2. **Marshall Hall** , *The Theory of Groups*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S2

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Ordres et treillis

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. TREILLIS

- Rappels sur les ensembles ordonnés
- Etude générale des treillis
- Treillis comme ensembles ordonnés
- Treillis comme structures algébriques
- Sous-treillis et morphismes
- Filtres et idéaux
- Treillis modulaires
- Treillis distributives
- Le théorème M3–N5
- Treillis booléens et algèbres booléennes
- Treillis achevés

2. ANNEAUX BOOLÉENS

- Treillis de Boole et anneau booléen associés
- Sous-anneaux booléens
- Morphismes booléens
- Construction d'anneaux booléens
- Filtres et idéaux dans un anneau Booléen
- Théorème de représentation de Stone

3. Congruences

- Présentation des congruences
- Congruences et diagrammes
- Le treillis des congruences d'un treillis

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

Références

- 1. G. Birkhoff**, *Lattice theory*.
- 2. B. A. Davey, H. A. Priestely**, *Introduction to lattices and orders*.
- 3. E. Harzheim**, *Ordered sets*.
- 4. B. Schroder**, *Ordered sets*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S2

Intitulé de l'UE : Méthodologique

Intitulé de la matière : Codes linéaires 1

Crédits : 04

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

- Définitions de base : Code, codeur, canal, Erreurs, détection et correction, codes linéaires.
- Définition d'un code linéaire, notion de dimension, longueur, distance minimale.
- Poids de Hamming et distance de Hamming, Paramètres d'un code linéaire.
- Matrice génératrice et encodage, matrice de contrôle et syndrome.
- Utilisation pour la détection et la correction d'erreurs.
- Décodage par syndrome (décodage à erreur unique).
- Codes parfaits et limites, Borne de Hamming,
- Codes parfaits (ex. : codes de Hamming).
- Borne de singleton, codes MDS (maximum distance separable).

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

References :

1. **J.-L. Dorier** , *Introduction à la théorie des codes.*
2. **San Ling & Chaoping Xing** , *Coding Theory: A First Course.*
3. "Error-Correcting Codes" – W. Wesley Peterson
4. *Cours en ligne : MIT OCW ou cours de Claude Carlet (codes BCH, Reed-Solomon...)*

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S2

Intitulé de l'UE : Méthodologique

Intitulé de la matière : Théorie des représentations des groupes finis

Crédits : 05

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Introduction générale

- Motivation et exemples : symétries, actions de groupes, applications en algèbre et physique, définitions de base : représentations, modules, morphismes.
- Exemples classiques : groupes symétriques, diédraux, abéliens.

2. Représentations linéaires sur un corps

- Représentations sur un corps de caractéristique 0 (souvent $\mathbb{C}$).
- Représentations irréductibles et complètes.

3. Théorèmes fondamentaux

- Théorème de Maschke (décomposition directe)
- Théorème de Schur, dualité

4. Théorie des caractères

- Définition du caractère d'une représentation
- Propriétés des caractères :
 - Orthogonalité, table des caractères
 - Relation avec la décomposition en irréductibles
- Exemples : caractère du groupe diédral, du groupe symétrique S_3 , etc.

5. Algèbre des groupes

- L'algèbre de groupe $\mathbb{C}[G]$:
 - Structure d'algèbre semi-simple
 - Modules sur $\mathbb{C}[G]$ et représentations
- Décomposition de l'algèbre de groupe (isomorphisme avec produit d'algèbres matricielles)
- Idempotents primitifs et centralisateurs

6. Induction et restriction de représentations

- Définition et propriétés de l'induite, Formule de Frobenius
- Applications aux sous-groupes normaux et chaînes de sous-groupes.

- Représentations induites irréductibles.

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

References:

1. **Jean-Pierre Serre**, *Linear Representations of Finite Groups*.
2. **Martin Burrow**, *Representation Theory of Finite Groups*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S2

Intitulé de l'UE : Découverte

Intitulé de la matière : Initiation à la didactique

Crédits : 01

Coefficients : 01

Contenu de la matière :

1. Types de didactique

- Didactique générale
 - Didactique disciplinaire

2. Étudie l'enseignement spécifique à une discipline

- Didactique des mathématiques
- Didactique des sciences...
- Didactique comparée
- Compare les pratiques d'enseignement dans différentes disciplines ou culture.

3. Objectifs de l'initiation à la didactique

- Comprendre le processus d'enseignement/apprentissage
- Apprendre à concevoir des séquences pédagogiques
- Identifier les obstacles à l'apprentissage
- Analyser les pratiques d'enseignement

4. Exemple en mathématiques

Mode d'évaluation : Examen 100%

References :

1. **R. Gras, G. Lagrange, R. Ligozat, M. Artigue** , *Introduction à la didactique des mathématiques* (PUF).
2. **Guy Brousseau**, *Théorie des situations didactiques*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Fondamentales

Intitulé de la matière : Algèbre multilinéaire

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

- Applications multilinéaires, définitions, exemples : bilinéarité, trilinearité.
- Lien avec les applications linéaires.
- Produit tensoriel d'espaces vectoriels, Universalité du produit tensoriel.
- Calculs concrets avec des bases.
- Espaces tensoriels de rang supérieur, Formes alternées et déterminants.
- Produit extérieur (ou wedge product), Formes symétriques.
- Champs de tenseurs (aperçu géométrique).
- Tenseur comme section d'un fibré tensoriel.
- Motivation pour la géométrie différentielle ou la relativité générale.
- Exemples concrets : Produit tensoriel. Forme alternée.

Applications

- Physique : tenseurs de contrainte, champ électromagnétique.
- Géométrie : formes différentielles, orientation.
- Topologie : cohomologie de de Rham.
- Analyse : intégrales sur variétés.
- Informatique : applications en deep learning avec tenseurs multidimensionnels.

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

References :

1. **Werner Greub**, *Multilinear Algebra*.
2. **Roman, Steven**, *Advanced Linear Algebra*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Fondamentales

Intitulé de la matière : Théorie de Galois

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

- Correspondance de Galois, lien entre extensions et sous-groupes
- Résolubilité par radicaux
- Applications aux équations polynomiales.

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

References:

1. **Ian Stewart** , *Galois Theory* (3rd edition, Chapman & Hall)
2. **David Cox** , *Galois Theory* (Wiley)

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Fondamentales

Intitulé de la matière : Algèbre homologique et catégories

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Catégories et foncteurs

- Foncteurs exacts, adjoints.
- Limites projectives et inductives.

2. Complexes et homologie

- Résolutions projectives et injectives
- Ext et Tor

3. Algèbre homologique des modules

- Applications à la cohomologie de groupes, suite de Hochschild–Serre.

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

References :

- 1. Henri Cartan & Samuel Eilenberg, *Homological Algebra*.**
- 2. Saunders Mac Lane, *Categories for the Working Mathematician*.**

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Fondamentales

Intitulé de la matière : Structures avancées et applications

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. **Anneaux et algèbres**
 - Algèbres associatives, algèbres de Lie
2. **Algèbre universelle et lois opératoires**
 - Théorèmes de Birkhoff, variétés d'algèbres
3. **Applications en géométrie algébrique ou théorie des nombres**
 - Anneaux de valuation, anneaux locaux
 - Corps de nombres et entiers algébriques

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

References :

1. **Serge Lang** , *Algebra*.
2. **Jacobson, Nathan** , *Lie Algebras*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Fondamentales

Intitulé de la matière : Algèbre Homologique II

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Homologie Simpliciale et Singulière

- Complexes simpliciaux, Chaînes singulières.
- Groupes d'homologie $H_n(X)$, Exactitude, fonctorialité, axiomes de l'homologie.

2. Cohomologie et Cup-Produit

- Cohomologie singulière, Cup-produit, structure d'anneau
- Théorème de Künneth (intro), Dualité de Poincaré (esquisse)

3. Homologie relative et suites exactes

- Paires de complexes (X, A) , Séquence exacte longue
- Excision, théorème de Mayer–Vietoris

4. Complexes cellulaires (CW-complexes)

- Construction et propriétés, Homologie cellulaire
- Application aux sphères, tores, etc.

5. Topologie des Variétés

- Variétés topologiques vs différentiables, Théorèmes d'invariance
- Applications de la topologie algébrique aux variétés

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

References :

1. **Charles A. Weibel**, *An Introduction to Homological Algebra*.
2. **Peter J. Hilton & Urs Stammbach**, *A Course in Homological Algebra*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Fondamentales

Intitulé de la matière : Fondements de la Topologie Algébrique

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Groupe Fondamental

- Homotopie de chemins
- Groupe fondamental $\pi_1(X)$, Théorème de Van Kampen
- Application aux surfaces

2. Revêtements et Espaces Universels

- Revêtements, relèvements
- Classification des revêtements
- Connexion avec $\pi_1(X)$

3. Homologie Simpliciale et Singulière

- Complexes simpliciaux
- Chaînes singulières, Groupes d'homologie $H_n(X)$
- Exactitude, fonctorialité, axiomes de l'homologie

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

References:

1. **Hatcher**, *Algebraic Topology*.
2. **G. Bredon**, *Topology and Geometry*.
3. **J.-P. Serre**, *Cours d'algèbre homologique*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Fondamentales

Intitulé de la matière : **Géométrie algébrique**

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Motivation et fondements historiques

- Origine : résolution d'équations polynomiales.
- Lien avec la géométrie classique (coniques, cubiques, courbes).
- Dualité entre algèbre (idéal) et géométrie (ensemble de zéros).
- Évolution vers une approche fonctorielle (Grothendieck).

2. Variétés algébriques affines

3. Correspondance algèbre-géométrie

4. Morphismes de variétés

- Morphismes réguliers (applications polynomiales), Isomorphismes de variétés
- Fonctorialité : lien entre morphismes de variétés et homomorphismes d'anneaux

5. Anneaux des fonctions régulières

6. Produits, plongements et dimensions

7. Variétés projectives (introduction)

8. Introduction aux faisceaux et aux anneaux locaux (si temps)

9. Perspectives et prolongements

10. Outils requis (préparatoires ou en parallèle)

- Algèbre commutative (idéaux, anneaux, modules, localisations)
- Corps algébriquement clos.
- Théorie des corps et extensions.

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

Références:

1. **R. Hartshorne**, *Algebraic Geometry* (niveau avancé)
2. **D. Eisenbud , J. Harris**, *The Geometry of Schemes*.
3. **Shafarevich** , *Basic Algebraic Geometry I*.
4. **M. Atiyah – I. Macdonald**, *Introduction to Commutative Algebra*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Fondamentales

Intitulé de la matière : Codes linéaires 2

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Théorie générale du décodage

- Syndrome et espace des syndromes,
- Décodage par syndrome, Limites du décodage par syndrome
- Méthodes algorithmiques de décodage

2. Codes cycliques

- Définition et structure, Représentation polynomiale
- Matrices génératrices et matrices de contrôle, Détection et correction d'erreurs

3. Codes de BCH

- Construction et définitions, Polygone de Newton et distance minimale
- Bornes de BCH, Décodage des codes BCH, Codes BCH primitifs, étendus et raccourcis

4. Codes de Reed-Solomon

- Construction, Propriétés : distance maximale, capacité de correction
- Décodage par interpolation (algorithme de Berlekamp-Welch)
- Applications (QR codes, disques durs, CD/DVD)

5. Algorithmes de décodage efficaces

- Algorithme de Berlekamp-Massey
- Algorithme d'Euclide pour la localisation des erreurs, Chien search, Forney's formula

6. Dualité et auto-dualité

- Codes duals : définitions, propriétés, Codes auto-duaux, codes orthogonaux
- Applications et cas particuliers

7. Poids et spectres de poids

- Distribution des poids dans un code, Spectre de poids et performance
- Théorèmes de MacWilliams

8. Codes parfaits et bornes

- Définition d'un code parfait, Codes de Hamming et de Golay
- Bornes : Singleton, Gilbert-Varshamov, Hamming

9. Codes sur des structures algébriques plus générales

- Codes sur anneaux, Codes linéaires sur modules.
- Introduction aux codes algébriques géométriques (AG codes)

10. Applications avancées

- Codes dans les réseaux et télécommunications
- Stockage distribué et codes MDS
- Cryptographie à base de codes (code-based cryptography)

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

References :

3. **F. J. MacWilliams & N. J. A. Sloane** , *The Theory of Error-Correcting Codes*.
4. **S. Lin & D. J. Costello**, *Error Control Coding: Fundamentals and Applications*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Fondamentales

Intitulé de la matière : Ensembles flous et relations floues

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

- 1. Chapitre 1 : Ensembles classiques et logique propositionnelle**
- 2. Chapitre 2 : Fondements des ensembles flous**
- 3. Chapitre 3 : T-normes et T-conformes**
- 4. Chapitre 4 : Ensembles flous généralisés**
- 5. Chapitre 5 : Relations floues**
- 6. Chapitre 6 : Applications des ensembles flous et des relations floues**

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

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Fondamentales

Intitulé de la matière : Sécurité de l'information

Crédits : 06

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Introduction générale

- Définitions : sécurité de l'information, cybersécurité, infosec
- Objectifs : Confidentialité, Intégrité, Disponibilité (CIA)
- Risques, menaces, vulnérabilités
- Typologie des attaquants : script kiddies, insiders, cybercriminels, États, etc.

2. Politique de sécurité et gestion des risques

- Élaboration d'une politique de sécurité (PSSI),
- Analyse des risques : méthode EBIOS, ISO 27005
- Mesures préventives, correctives, dissuasives,
- Normes : ISO 27001, ISO 27002, NIST, RGPD

3. Contrôle d'accès et authentification

- Modèles de contrôle d'accès : DAC, MAC, RBAC, ABAC
- Authentification : mot de passe, biométrie, 2FA, certificats
- Gestion des identités (IAM) et des accès (PAM)

4. Sécurité des réseaux

- Attaques sur les réseaux : MITM, sniffing, spoofing, DoS/DDoS
- Protocoles sécurisés : HTTPS, IPSec, TLS/SSL, SSH
- Pare-feux, VPN, systèmes de détection/prévention d'intrusions (IDS/IPS)

5. Cryptographie appliquée

- Rappels sur chiffrement symétrique/asymétrique
- Intégrité et authentification : MAC, HMAC, signatures numériques
- PKI : certificats, autorités de certification, gestion des clés

6. Sécurité des systèmes et des applications

- Vulnérabilités des systèmes : buffer overflow, privilèges excessifs
- Sécurité des applications : injections SQL, XSS, CSRF, etc.
- Bonnes pratiques de développement sécurisé (DevSecOps)

7. Sécurité physique et environnementale

- Accès aux locaux, sécurité matérielle, Clôture, badges, biométrie, surveillance
- Risques naturels et plan de reprise d'activité (PRA/PCA)

8. Malwares et cybersécurité offensive/défensive

- Types de logiciels malveillants : virus, ransomware, trojans, rootkits
- Mécanismes de propagation et de détection (antivirus, sandboxing)
- Pentesting : reconnaissance, exploitation, élévation de privilège
- Blue team vs Red team.

9. Audit, veille et gestion des incidents

- Audit de sécurité : méthode, outils (Nessus, OpenVAS...)
- Veille de sécurité : CVE, CERT, Bugtraq, Plan de réponse aux incidents (CSIRT/SOC)
- Journalisation et traçabilité

10. Aspects juridiques et éthiques

- Droit de l'informatique : RGPD, CNIL, loi sur la cybercriminalité
- Propriété intellectuelle, responsabilité,
- Éthique du hacker, hacking éthique et Bug Bounty.

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

Références :

1. **Ross Anderson** , *Security Engineering*.
2. **Matt Bishop** , *Computer Security: Art and Science*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Méthodologique

Intitulé de la matière : Complexité algorithmique

Crédits : 04

Coefficients : 02

Contenu de la matière :

1. Complexité temporelle

Exemples de notations usuelles

2. Complexité spatiale

3. Notations de complexité

- Comparer des algorithmes entre eux.
- Optimiser les performances (temps et espace).
- Prouver qu'un algorithme est faisable ou non à grande échelle.

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

References :

1. **Michael Sipser**, *Introduction to the Theory of Computation*
2. **Christos Papadimitriou**, *Computational Complexity*.

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Méthodologique

Intitulé de la matière : Cryptographie 2

Crédits : 04

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Rappels et outils mathématiques avancés.

2. Protocoles cryptographiques modernes

- Échange de clés : Diffie-Hellman, courbes elliptiques
- Signatures numériques :
 - DSA, ECDSA
 - RSA-FDH, Schnorr
- Zéro connaissance (ZK) :
- Protocoles interactifs et non-interactifs, ZK-SNARKs (notions)
- Partage de secret
- Stéganographie.

3. Cryptographie sur les courbes elliptiques (ECC)

- Définitions et arithmétique des courbes, Courbes sur les corps finis (Weierstrass, Montgomery, Edwards)
- Protocoles ECC : ECDH, ECDSA, Pairings (introduction)

4. Cryptanalyse avancée

- Attaques sur RSA : factorisation, attaques par oracle, CRT fault attacks
- Attaques sur ECC : Pollard rho, MOV, anomalie
- Side-channel attacks : timing, power, fault injection
- Introduction aux attaques post-quantiques

5. Cryptographie post-quantique

- Menaces du modèle quantique (Shor, Grover),
- Lattices et cryptosystèmes basés sur les réseaux (LWE, NTRU)
- Codes correcteurs d'erreurs en cryptographie (McEliece)
- Signatures post-quantiques (SPHINCS+, Falcon, Dilithium)

6. Protocoles et applications

- TLS / SSL et sécurité web, Infrastructure à clé publique (PKI)
- Blockchain et cryptographie : hash, preuve de travail, Merkle trees
- Confidentialité : homomorphic encryption, zero-knowledge proofs

7. Étude de cas

- Analyse d'un protocole concret (ex. : Signal, TLS 1.3, Zcash)
- Implémentation sécurisée d'un protocole
- Étude d'une faille cryptographique historique.

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

Références :

1. **Menezes, P. van Oorschot, S. Vanstone**, *Handbook of Applied Cryptography*
2. **D. Boneh & V. Shoup**, *A Graduate Course in Applied Cryptography*
3. **J.-P. Tillich**, *Introduction à la cryptographie*
4. NIST Post-Quantum Cryptography Standardization

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Transversale

Intitulé de la matière : Intelligence artificielle et Algèbre

Crédits : 03

Coefficients : 03

Contenu de la matière :

1. Représentation des données

- Les vecteurs représentent les données (ex. : texte, images).
- Les matrices permettent de représenter des jeux de données, des poids de réseaux de neurones, ou des transformations linéaires.

2. Réseaux de neurones

- Les couches d'un réseau de neurones effectuent essentiellement des produits matriciels.
- Les poids sont des matrices ajustées par l'apprentissage.
- L'algèbre tensorielle (extension de l'algèbre linéaire) est utilisée pour manipuler des données multidimensionnelles.

3. Algèbre booléenne et logique

- L'algèbre booléenne est au cœur des systèmes de logique, de la conception de circuits, mais aussi de l'IA symbolique (ex. : systèmes experts, moteurs d'inférence).
- En logique floue ou en IA logique, on généralise les opérations de type ET, OU, NON.

4. Algèbre abstraite et systèmes symboliques

- Dans l'IA symbolique (par opposition à l'IA statistique), l'algèbre universelle et la théorie des groupes peuvent modéliser des structures ou des transformations (ex. : permutations, symétries).
- On les retrouve dans la manipulation symbolique (ex. : manipulation d'expressions algébriques en langage naturel ou en raisonnement mathématique automatisé).

5. Codage et compression

- Théorie des codes linéaires, basée sur l'algèbre, utilisée pour la transmission fiable d'information dans les réseaux d'IA distribués.
- Apprentissage automatique et structures algébriques
- Des recherches émergentes explorent des structures plus avancées : Algèbres de Lie , Groupes de symétrie , Catégories algébriques .

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

References :

1. **M. Sergeyev** , Algebraic machine learning.

Stuart Russell & Peter Norvig , *Artificial Intelligence: A Modern Approach*

Intitulé du Master : Algèbre et Applications

Semestre : S3

Intitulé de l'UE : Découverte

Intitulé de la matière : Méthodologie de recherche scientifique et bibliographique

Crédits : 01

Coefficients : 01

Contenu de la matière :

1. Définition et objectifs

- Recherche scientifique : Processus structuré visant à produire de nouvelles connaissances ou à valider des hypothèses.
- Recherche bibliographique : Étape préalable visant à collecter, analyser et synthétiser les travaux existants.

2. Étapes de la recherche scientifique

- Définition du problème, Revue bibliographique.
- Choix de la méthode, Collecte des données.
- Analyse des données, Interprétation et validation, Rédaction et diffusion.
- Exemple de structure de travail scientifique.

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

References :

1. **Yves Chevalier**, *Méthodologie documentaire*.
2. **Pascal Janin**, *Méthodologie de la recherche*.