

# MATHEMATICS (MAT)

The following courses are offered by the Faculty of Science.

## **MAT 1300 Mathematical Methods I (3 units)**

Review of elementary functions. Limits. Geometric series. Differential and integral calculus in one variable with applications. Functions of several variables. Partial derivatives.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

Prerequisites: One of Calculus and Vectors (MCV4U) or MAT 1339. The courses ADM 1305, MAT 1300, MAT 1308, MAT 1320, MAT 1330 cannot be combined for units. This course is intended primarily for students in the Faculty of Social Science.

## **MAT 1302 Mathematical Methods II (3 units)**

Solution of systems of linear equations. Matrix algebra. Determinants. Complex numbers, fundamental theorem of algebra. Eigenvalues and eigenvectors of real matrices. Introduction to vector spaces, linear independence, bases. Applications. This course is intended primarily for students in the Faculty of Social Sciences.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

Prerequisites: One of Ontario 4U Mathematics of Data Management (MDM 4U), Ontario 4U Advanced Functions (MHF4U), MAT1318, MAT 1339 or an equivalent. The courses ADM 1305, MAT 1302, MAT 1341 cannot be combined for units.

## **MAT 1308 Introduction to Calculus (3 units)**

Review of elementary functions. Introduction to Limits. Geometric series. Introduction to differential and integral calculus in one variable with applications. Linear approximations, applications to optimization. Students who have previously studied the derivative and differentiation rules should take MAT 1300 instead. This course is intended primarily for students in the Faculties of Arts and Social Sciences. Students who have taken MCV4U, MAT 1339 or an equivalent are strongly encouraged to enroll for MAT 1300 instead.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

Prerequisite: One of Advanced Functions (MHF4U) or MAT 1318 or an equivalent. The courses ADM 1305, MAT 1308, MAT 1300, MAT 1320, MAT 1321, MAT 1327, MAT 1329, MAT 1330 cannot be combined for units.

## **MAT 1318 Functions (3 units)**

Polynomial and rational functions: factoring, the remainder theorem, families of polynomials with specified zeros, odd and even polynomial functions. Logarithms and exponentials to various bases, their laws. Trigonometric functions: radian measure, values of primary trigonometric ratios, compound angle formulae, trigonometric identities. Solving equations and inequalities involving absolute values, polynomial, rational, logarithmic, exponential and trigonometric functions. Their graphs. Operations on functions: point-wise addition and multiplication, composition; inverse functions. Average and instantaneous rate of change, approximating instantaneous rate of change, secants and tangents to graphs. Applications to graphing and finding maxima and minima of functions. Using functions to model, interpolate, and extrapolate data. MAT1318 may be taken for upgrading purposes as an admission requirement. In all cases, credits for this course do not count as part of any program requirements. S/NS grading scheme.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: Ontario grade 11 Functions (MCR3U) or the equivalent. The courses MAT 1318, Ontario 4U Advanced Functions (MHF4U) or any equivalent cannot be combined for units.

## **MAT 1320 Calculus I (3 units)**

Intuitive definition of limits; continuity, statement of intermediate value theorem. Quick review of basic derivative formulas: products, chain rule, exponentials, and trigonometric functions. Derivatives of quotients, logarithms, inverse trigonometric functions. Finite difference approximations of derivatives. Analysis of functions via the first and the second derivatives; statements of extreme and mean value theorems. L'Hospital's rule. Implicit differentiation, related rates, optimization, linear approximation, Newton's method. The definite integral and the fundamental theorem of calculus. Antiderivatives of elementary functions, techniques of integration (integration by parts, substitutions, partial fractions). Numerical integration: mid-point, trapezoidal rule and Simpson's rule; error analysis.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

Prerequisite: One of MAT 1339, Ontario 4U Calculus and Vectors (MCV4U) or an equivalent. The courses ADM 1305, MAT 1300, MAT 1308, MAT 1320, MAT 1321, MAT 1327, MAT 1329, MAT 1330 cannot be combined for units.

## **MAT 1321 Foundations of Calculus I (3 units)**

Instantaneous rate of change and definition of limits; continuity, statement of intermediate value theorem. Derivatives of polynomials using limits, derivatives of sums, products, the chain rule, derivatives of rational, trigonometric, exponential, and radical functions. Derivatives of quotients, logarithms, inverse trigonometric functions. Finite difference approximations of derivatives. Analysis of functions via the first and the second derivatives. Applications to finding maxima and minima. Concavity and points of inflection, and graph sketching; statements of extreme and mean value theorems. L'Hospital's rule. Implicit differentiation, related rates, optimization, linear approximation, Newton's method. The definite integral and the fundamental theorem of calculus. Antiderivatives of elementary functions, techniques of integration (integration by parts, substitutions, partial fractions). Numerical integration: mid-point, trapezoidal rule and Simpson's rule; error analysis.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

Prerequisite: One of MAT 1318, Ontario 4U Advanced Functions (MHF4U) or an equivalent. The courses ADM 1305, MAT 1300, MAT 1308, MAT 1320, MAT 1321, MAT 1327, MAT 1329, MAT 1330 cannot be combined for units.

## **MAT 1322 Calculus II (3 units)**

Improper integrals. Applications of the integral. Separable differential equations. Euler's method for differential equations. Sequences, series. Taylor's formula and series. Functions of two and three variables. Partial derivatives, the chain rule, directional derivatives, tangent planes and normal lines.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

Prerequisite: MAT 1320 or MAT 1321. The courses MAT 1322, MAT 1303, MAT 1332, MAT 1325 cannot be combined for units.

**MAT 1327 Foundations of Calculus for the Life Sciences I (3 units)**

Instantaneous rate of change and definition of limits; continuity. Derivatives of polynomials using limits, product and quotient rules, chain rule, derivative of exponential, logarithm and basic trigonometric functions, higher derivatives, curve sketching. Applications of the derivative to life sciences. Discrete dynamical systems: equilibrium points, stability, cobwebbing. Integrals: indefinite and definite integrals, fundamental theorem of calculus, antiderivatives, substitution, integration by parts. Applications of the integral to life sciences.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

**Prerequisite:** One of MAT 1318, Ontario 4U Advanced Functions (MHF4U) or an equivalent. The courses ADM 1305, MAT 1300, MAT 1308, MAT 1320, MAT 1321, MAT 1327, MAT 1329, MAT 1330 cannot be combined for units.

**MAT 1329 Foundations of Mathematical Methods I (3 units)**

Instantaneous rate of change and definition of limits; continuity. Derivatives of polynomials using limits, derivatives of sums, products, the chain rule, derivatives of rational, exponential, and radical functions. Derivatives of quotients, logarithms. Analysis of functions via the first and the second derivatives. Applications to finding maxima and minima. Concavity and points of inflection, and graph sketching; Implicit differentiation, related rates, optimization. Geometric series. Integral calculus in one variable with applications. Functions of several variables. Partial derivatives.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

**Prerequisite:** One of MAT 1318, Ontario 4U Advanced Functions (MHF4U) or an equivalent. The courses ADM 1305, MAT 1320, MAT 1321, MAT 1300, MAT 1308, MAT 1327, MAT 1329, MAT 1330 cannot be combined for units.

**MAT 1330 Calculus for the Life Sciences I (3 units)**

Derivatives: product and quotient rules, chain rule, derivative of exponential, logarithm and basic trigonometric functions, higher derivatives, curve sketching. Applications of the derivative to life sciences. Discrete dynamical systems: equilibrium points, stability, cobwebbing. Integrals: indefinite and definite integrals, fundamental theorem of calculus, antiderivatives, substitution, integration by parts. Applications of the integral to life sciences.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

**Prerequisite:** One of MAT 1339, Ontario 4U Calculus and Vectors (MCV4U) or an equivalent. The courses ADM 1305, MAT 1300, MAT 1308, MAT 1320, MAT 1321, MAT 1327, MAT 1329, MAT 1330 cannot be combined for units.

**MAT 1332 Calculus for the Life Sciences II (3 units)**

Integrals: numerical integration; improper integrals. Introduction to differential equations: some techniques to solve simple differential equations, numerical solution of differential equations and models in the life sciences using differential equations. Introduction to linear algebra: matrices and matrix algebra, determinants, eigenvalues and eigenvectors (in two or three dimensions). Functions of several variables: graphical representations, partial derivatives. Systems of differential equations: equilibrium points, stability, phase portrait and global analysis.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

**Prerequisite:** MAT 1320 or MAT 1321 or MAT 1327 or MAT 1330. MAT 1303, MAT 1322, MAT 1325, MAT 1332 cannot be combined for units. This course is primarily intended for students enrolled in a life sciences program. Please verify your program requirements.

**MAT 1339 Introduction to Calculus and Vectors (3 units)**

Instantaneous rate of change as a limit, derivatives of polynomials using limits, derivatives of sums, products, the chain rule, derivatives of rational, trigonometric, exponential, logarithmic, and radical functions. Applications to finding maxima and minima and graph sketching. Concavity and points of inflection, the second derivative. Optimization in models involving polynomial, rational, and exponential functions. Vectors in two and three dimensions. Cartesian, polar and geometric forms. Algebraic operations on vectors, dot product, cross product. Applications to projections, area of parallelograms, volume of parallelepipeds. Scalar and vector parametric form of equations of lines and planes in two and three dimensions. Intersections of lines and planes. Solution of up to three equations in three unknowns by elimination or substitution. Geometric interpretation of the solutions. **Prerequisite:** Ontario 4U Functions (MHF4U) or MAT1318 or equivalent. The courses MAT1339, Ontario 4U Calculus and Vectors (MCV4U) or any equivalent cannot be combined for credits. MAT1339 may be taken for upgrading purposes or as an admission requirement. In all cases, credits for this course do not count as part of any program requirements. S/NS grading scheme.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

**Prerequisite:** Ontario 4U Functions (MHF4U) or MAT 1318 or equivalent. The courses MAT 1339, Ontario 4U Calculus and Vectors (MCV4U) or any equivalent cannot be combined for units.

**MAT 1341 Introduction to Linear Algebra (3 units)**

Review of complex numbers. The fundamental theorem of algebra. Review of vector and scalar products, projections. Introduction to vector spaces, linear independence, bases; function spaces. Solution of systems of linear equations, matrix algebra, determinants, eigenvalues and eigenvectors. Gram Schmidt, orthogonal projections. Linear transformations, kernel and image, their standard matrices. Applications (e.g. geometry, networks, differential equations)

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

**Prerequisite:** MAT1339 or Ontario 4U Calculus and Vectors (MCV4U), or an equivalent. The courses MAT1341, MAT1302 cannot be combined for units.

**MAT 1348 Discrete Mathematics for Computing (3 units)**

Introduction to discrete structures as a foundation to computing. Propositional logic. Fundamental structures: functions, relations, sets. The basics of counting: counting arguments, the pigeonhole principle, permutations and combinations. Introduction to proofs: direct, by contradiction, by cases, induction. Topics in graph theory: isomorphism, cycles, trees, directed graphs. Whenever possible applications from computing and information technology will be included.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

**Prerequisite:** MAT 1318 or Ontario 4U Advanced Functions (MHF4U) or equivalent. This course cannot be taken for units by any student who has previously received units for MAT 2348. Courses MAT 1348, MAT 1362 cannot be combined for units..

**MAT 1362 Mathematical Reasoning and Proofs (3 units)**

Elements of logic, set theory, functions, equivalence relations and cardinality. Proof techniques. Concepts are introduced using sets of integers, integers modulo  $n$ , rational, real and complex numbers. Exploration of the real line: completeness, supremum, sequences and limits. Some of the concepts will be illustrated with examples from geometry, algebra and number theory.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

**Prerequisite:** MAT 1339 or Ontario 4U Calculus and Vectors (MCV4U) or an equivalent. MAT 1362, MAT 1348 cannot be combined for units.

### **MAT 1371 Descriptive Statistics (3 units)**

Topics from descriptive statistics: histograms and boxplot; average and observed standard deviation; elementary probability; normal distribution; statistical estimation and hypothesis testing; correlation and regression. Examples analyzed with statistical software.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

The courses ECO 2150, MAT 1371, MAT 2371, MAT 2377, MAT 2379, cannot be combined for units. This course cannot count for unit in any program in the Faculty of Science or Engineering.

### **MAT 1372 Elements of Probability and Statistical Inference (3 units)**

Probability distributions. Law of large numbers and the central limit theorem. Sampling. Applications of probability. Testing with the normal,  $t$  and chi-square distributions. Correlation and regression.

**Course Component:** Laboratory, Lecture

Prerequisite: MAT 1371. The courses ECO 2150, MAT 1372, MAT 2371, MAT 2377, MAT 2379, cannot be combined for units. This course cannot count for unit in any program in the Faculty of Science or Engineering.

### **MAT 1395 The Beauty of Mathematics (3 units)**

Selected topics from modern and ancient mathematics. Course content varies from year to year. Chosen themes may include, but are not limited to: classical geometry, number theory, chaos theory and mathematics for elementary school teachers. See the Department of Mathematics and Statistics for the current year's offering.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: This course cannot count as a science elective for students in the Faculty of Science.

### **MAT 1700 Méthodes mathématiques I (3 crédits)**

Révision des fonctions élémentaires. Limites. Séries géométriques. Calcul différentiel et intégral des fonctions d'une variable et applications. Fonctions de plusieurs variables. Dérivées partielles.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : Calcul et vecteurs (MCV4U) ou MAT 1739. ADM 1705, MAT 1700, MAT 1708, MAT 1720, MAT 1730 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits. Ce cours s'adresse principalement aux étudiants et étudiantes de la Faculté des sciences sociales.

### **MAT 1702 Méthodes mathématiques II (3 crédits)**

Solutions de systèmes d'équations linéaires. Algèbre des matrices. Déterminants. Nombres complexes, théorème fondamental de l'algèbre. Valeurs et vecteurs propres de matrices réelles. Introduction aux espaces vectoriels, indépendance linéaire, bases. Applications. Préalable : Un des cours suivants : Mathématiques 4U de l'Ontario ou Mathématiques de la gestion de données (MDM 4U) ou Fonctions avancées (MHF4U), MAT 1718, MAT 1739 ou un cours équivalent. Les cours MAT 1702, MAT 1741 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits. Ce cours s'adresse principalement aux étudiants et étudiantes de la Faculté des Sciences Sociales.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : Mathématiques 4U de l'Ontario ou Mathématiques de la gestion de données (MDM 4U) ou Fonctions avancées (MHF4U), MAT 1718, MAT 1739 ou un cours équivalent. ADM 1705, MAT 1702, MAT 1741 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1708 Introduction au calcul différentiel et intégral (3 crédits)**

Révision des fonctions élémentaires, introduction aux limites, séries géométriques, introduction au calcul différentiel et intégral de fonctions d'une variable, applications de la dérivée et de l'intégrale, approximation linéaire, applications aux problèmes d'optimisation. Les étudiant(e)s qui ont déjà étudié la dérivée et les règles de dérivation devraient plutôt s'inscrire à MAT 1700. Ce cours s'adresse principalement aux étudiants et étudiantes de la Faculté des Arts et de la Faculté des Sciences Sociales. Les étudiants qui ont complété MCV4U, MAT 1739 ou l'équivalent sont fortement encouragés à s'inscrire à MAT 1700 au lieu de MAT 1708.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : Un des cours suivants : Fonctions avancées (MHF4U) ou MAT 1718 ou l'équivalent. Les cours ADM 1705, MAT 1708, MAT 1700, MAT 1720, MAT 1721, MAT 1727, MAT 1729, MAT 1730 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1718 Fonctions (3 crédits)**

Fonctions polynômiales et rationnelles: factorisation, le théorème du reste, familles de polynômes avec des zéros spécifiés, fonctions polynômiales paires et impaires. Logarithme et exponentiel de bases différentes, leurs lois. Fonctions trigonométriques: mesure en radian, valeurs des quotients trigonométriques principaux, formules des angles composés, identités trigonométriques. Solution des équations et inégalités concernant des valeurs absolues, des fonctions polynômiales, rationnelles, exponentielles et logarithmiques. Leurs graphes. Opérations sur les fonctions: addition et multiplication ponctuelles, composition; fonctions inverses. Taux de variation moyen et instantané, approximation du taux de variation instantané, les sécantes et les tangentes aux graphes. Applications aux études des courbes, maximums et minimums des fonctions. Utilisation des fonctions pour modéliser, interpoler et extrapoler des données. MAT 1718 est un cours de mise à niveau. Il peut être suivi à ce titre ou pour répondre d'une condition d'admission. Dans tous les cas, il ne saurait être retenu pour crédits aux fins des exigences de programmes. Noté S/NS.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : Les Mathématiques de la 11<sup>e</sup> année de l'Ontario Fonctions (MCR3U) ou tout équivalent. Les cours MAT 1718, Mathématiques 4U de l'Ontario Fonctions avancées (MHF4U) ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1720 Calcul différentiel et intégral I (3 crédits)**

Définition intuitive de la limite; la continuité; énoncé du théorème des valeurs intermédiaires. Brève revue des formules fondamentales de dérivation: produits, exponentielles, et fonctions trigonométriques. Dérivées des quotients de fonctions, des logarithmes et des fonctions trigonométriques inverses. Approximation numérique des dérivées par des différences finies. Études de fonctions à l'aide des dérivées premières et secondes; énoncés des théorèmes des bornes atteintes et des accroissements finis. Règle de l'Hospital. Dérivée implicite, taux reliés, optimisation, approximation linéaire, la méthode de Newton. L'intégrale définie et le théorème fondamental. Primitives de fonctions élémentaires, méthodes d'intégration (intégration par parties, substitutions, fractions partielles). Intégration numérique: les formules du point milieu, du trapèze et de Simpson; analyse de l'erreur.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : MAT 1739 ou Mathématiques 4U de l'Ontario Calcul et vecteurs (MCV4U) ou l'équivalent. Les cours ADM 1705, MAT 1700, MAT 1708, MAT 1720, MAT 1721, MAT 1727, MAT 1729, MAT 1730 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1721 Fondements de calcul différentiel et intégral I (3 crédits)**

Taux de variation instantané et définition de la limite; la continuité; énoncé du théorème des valeurs intermédiaires. Dérivées des polynômes en utilisant les limites, dérivées des sommes, produits, fonctions composées, dérivées des fonctions rationnelles, trigonométriques, et radicales, exponentielles. Dérivées des quotients de fonctions, des logarithmes et des fonctions trigonométriques inverses. Approximation numérique des dérivées par des différences finies. Études de fonctions à l'aide des dérivées premières et secondes; applications: maximums, minimums, et représentations graphiques. Concavité et points d'inflexion, la dérivée seconde. Énoncés des théorèmes des bornes atteintes et des accroissements finis. Règle de l'Hospital. Dérivée implicite, taux reliés, optimisation, approximation linéaire, la méthode de Newton. L'intégrale définie et le théorème fondamental. Primitives de fonctions élémentaires, méthodes d'intégration (intégration par parties, substitutions, fractions partielles). Intégration numérique: les formules du point milieu, du trapèze et de Simpson; analyse de l'erreur.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : MAT 1718 ou Fonctions avancées 4U de l'Ontario (MHF4U) ou l'équivalent. Les cours ADM 1705, MAT 1700, MAT 1708, MAT 1720, MAT 1721, MAT 1727, MAT 1729, MAT 1730 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1722 Calcul différentiel et intégral II (3 crédits)**

Intégrales impropres. Applications de l'intégrale. Équations différentielles séparables. La méthode d'Euler pour les équations différentielles. Suites et séries. Formule de Taylor et séries de Taylor. Fonctions de deux et de trois variables. Dérivées partielles, dérivation en chaîne, dérivées directionnelles, plans tangents et droites normales.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : MAT 1720 ou MAT 1721. Les cours MAT 1722, MAT 1703, MAT 1725, MAT 1732 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1727 Fondements de calcul différentiel et intégral pour les sciences de la vie I (3 crédits)**

Taux de variation instantané et définition de la limite; la continuité. Dérivées des polynômes en utilisant les limites, règles du produit et du quotient, dérivée de fonctions composées, dérivée des fonctions exponentielles, des fonctions logarithmiques et des fonctions trigonométriques de base, dérivées d'ordre supérieur, graphes de fonctions. Applications de la dérivée aux sciences de la vie. Systèmes dynamiques discrets, points d'équilibre, stabilité, diagramme en forme de toiles d'araignées. Intégrales: intégrales définies et indéfinies, théorème fondamental du calcul, primitives, méthodes d'intégration par substitution et par parties. Applications de l'intégrale aux sciences de la vie.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : MAT 1718 ou Fonctions avancées 4U de l'Ontario (MHF4U) ou l'équivalent. Les cours ADM 1705, MAT 1700, MAT 1708, MAT 1720, MAT 1721, MAT 1727, MAT 1729, MAT 1730, ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1729 Fondements des méthodes mathématiques I (3 crédits)**

Taux de variation instantané et définition de la limite; la continuité. Dérivées des polynômes en utilisant les limites, dérivées des sommes, produits, fonctions composées, dérivées des fonctions rationnelles, et radicales, exponentielles. Dérivées des quotients de fonctions, des logarithmes. Études de fonctions à l'aide des dérivées premières et secondes; applications: maximums, minimums, et représentations graphiques. Concavité et points d'inflexion, la dérivée seconde. Dérivée implicite, taux reliés, optimisation. Séries géométriques. Calcul intégral des fonctions d'une variable et applications. Fonctions de plusieurs variables. Dérivées partielles.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : MAT 1718 ou Fonctions avancées 4U de l'Ontario (MHF4U) ou l'équivalent. Les cours ADM 1705, MAT 1700, MAT 1708, MAT 1720, MAT 1721, MAT 1727, MAT 1729, MAT 1730 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1730 Calcul différentiel et intégral pour les sciences de la vie I (3 crédits)**

Dérivées: règles du produit et du quotient, dérivée de fonctions composées, dérivée des fonctions exponentielles, des fonctions logarithmiques et des fonctions trigonométriques de base, dérivées d'ordre supérieur, graphes de fonctions. Applications de la dérivée aux sciences de la vie. Systèmes dynamiques discrets, points d'équilibre, stabilité, diagramme en forme de toiles d'araignées. Intégrales: intégrales définies et indéfinies, théorème fondamental du calcul, primitives, méthodes d'intégration par substitution et par parties. Applications de l'intégrale aux sciences de la vie.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : MAT 1739 ou Mathématiques 4U de l'Ontario (MCV4U) ou l'équivalent. Les cours ADM 1705, MAT 1700, MAT 1708, MAT 1720, MAT 1721, MAT 1727, MAT 1729, MAT 1730 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1732 Calcul différentiel et intégral pour les sciences de la vie II (3 crédits)**

Intégrales: intégration numérique, intégrales impropres. Introduction aux équations différentielles, techniques pour résoudre des équations différentielles simples, solutions numériques d'équations différentielles et modélisation en sciences de la vie à l'aide d'équations différentielles. Introduction à l'algèbre linéaire: matrices et algèbre avec les matrices, déterminants, valeurs et vecteurs propres (en deux et trois dimensions). Fonctions de plusieurs variables: représentations graphiques, dérivées partielles. Systèmes d'équations différentielles: points d'équilibre, stabilité, portraits de phases et analyse globale. Pour votre information, ce cours s'adresse principalement aux étudiants et étudiantes inscrits dans les programmes des sciences de la vie. Veuillez consulter les exigences de votre programme.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : MAT 1720 ou MAT 1721 ou MAT 1727 ou MAT 1730. Les cours MAT 1732, MAT 1703, MAT 1722, MAT 1725 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1739 Introduction au calcul et vecteurs (3 crédits)**

Taux de variation instantané comme limite, dérivées des polynômes en utilisant les limites, dérivées des sommes, produits, fonctions composées, dérivées des fonctions rationnelles, trigonométriques, logarithmes, et radicales. Applications: maximums, minimums, et représentations graphiques. Concavité et points d'inflexion, la dérivée seconde. Optimisation dans des modèles qui contiennent des fonctions polynômes, rationnelles, et exponentielles. Vecteurs à deux et à trois dimensions. Les formes cartésiennes, polaires, et géométriques. Opérations algébriques sur les vecteurs, produit scalaire, produit vectoriel. Applications aux projections, l'aire des parallélogrammes, le volume des parallélépipèdes. Équations de plans et de droites en forme paramétrique scalaire et vectorielle, dans l'espace à deux et à trois dimensions. Intersections de droites et de plans. Solution de jusqu'à trois équations linéaire à trois inconnues par élimination ou substitution. Interprétation géométrique des solutions. MAT 1739 est un cours de mise à niveau. Il peut être suivi à ce titre ou pour répondre d'une condition d'admission. Dans tous les cas, il ne saurait être retenu pour crédits aux fins des exigences de programmes. Noté S/NS.

**Volet** : Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : Mathématiques 4U de l'Ontario Fonctions avancées (MHF4U) ou MAT 1718 ou l'équivalent. Les cours MAT 1739, Mathématiques 4U de l'Ontario Calcul et vecteurs (MCV4U) ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1741 Introduction à l'algèbre linéaire (3 crédits)**

Revue des nombres complexes. Le théorème fondamental de l'algèbre. Revue du produit scalaire et vectoriel et des projections. Introduction aux espaces vectoriels, indépendance linéaire, bases; espaces de fonctions. Solutions des systèmes d'équations linéaires, algèbre des matrices, déterminants, valeurs et vecteurs propres. Méthode de Gram-Schmidt et projections orthogonales. Transformations linéaires, leurs noyaux, leurs images et leurs matrices associées. Applications (ex. à la géométrie, aux réseaux, aux équations différentielles).

**Volet** : Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : MAT 1739 ou Mathématiques 4U de l'Ontario (MCV4U) ou l'équivalent. Les cours MAT 1702, MAT 1741 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1748 Mathématiques discrètes pour l'informatique (3 crédits)**

Introduction aux structures discrètes comme base de l'informatique. Logique des propositions. Structures fondamentales: fonctions, relations, ensembles. Principes de base du dénombrement: argument de comptage, principe des tiroirs, permutations et combinaisons. Introduction aux structures d'une démonstration mathématique: directe, par l'absurde, cas par cas, par récurrence. Éléments de la théorie des graphes: isomorphisme, cycles arbres, graphes orientés. Les exemples seront principalement choisis dans le domaine de l'informatique.

**Volet** : Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : MAT 1718/Math. 4U de l'Ontario Fonctions avancées (MHF4U) ou l'équiv. Ce cours ne peut être crédité pour un étudiant qui a déjà reçu les crédits pour MAT 2748. Les cours MAT 1748, MAT 1762 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1762 Raisonnement mathématiques et preuves (3 crédits)**

Éléments de logique, théorie des ensembles, fonctions, relations d'équivalence et cardinalité. Techniques de preuve. Les concepts sont introduits à l'aide des ensemble d'entiers naturels, entiers modulo  $n$ , nombres rationnels, réels et complexes. Exploration de la droite réelle : complétude, suprénum, suites et limites. Certains concepts seront illustrés avec des exemples venant de la géométrie, l'algèbre et la théorie des nombres.

**Volet** : Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : MAT 1739 ou Mathématiques 4U de l'Ontario Calcul et vecteurs (MCV4U) ou l'équivalent. Les cours MAT 1762 et MAT 1748 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 1771 Statistique descriptive (3 crédits)**

Des éléments de statistiques descriptives : histogrammes et diagramme à boîte et moustaches; moyenne et écart-type de l'échantillon; probabilités élémentaires; la loi normale; l'estimation statistique et tests d'hypothèses; corrélation et régression. Exemples analysés avec un logiciel statistique.

**Volet** : Groupe de discussion, Cours magistral

Les cours ECO 2550, MAT 1771, MAT 1772, MAT 2771, MAT 2777, MAT 2779, ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits. Ce cours ne peut pas compter pour fin de crédits dans un programme de la Faculté des Sciences ou de Génie.

### **MAT 1772 Éléments de probabilité et inférence statistique (3 crédits)**

Répartitions. Loi des grands nombres et théorème limite central. Échantillonnage. Applications des probabilités. Tests avec les lois normales,  $t$  et chi-carré. Corrélation et régression.

**Volet** : Laboratoire, Cours magistral

Préalable : MAT 1771. Les cours ECO 2550, MAT 1772, MAT 2771, MAT 2777, MAT 2779, ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits. Ce cours ne peut pas compter pour fin de crédits dans un programme de la Faculté des Sciences ou de Génie.

### **MAT 1795 La beauté des mathématiques (3 crédits)**

Thèmes choisis des mathématiques modernes et anciennes. Le contenu du cours varie d'année en année. Les thèmes possibles incluent, sans s'y limiter: la géométrie classique, théorie des nombres, théorie du chaos et des mathématiques pour les enseignants dans une classe primaire. Informez-vous auprès du Département de mathématiques et statistique pour le cours de l'année actuelle.

**Volet** : Cours magistral

Préalable : Ce cours ne peut pas compter comme cours au choix en sciences pour les étudiants et étudiantes de la Faculté des sciences.

### **MAT 2122 Multivariable Calculus (3 unités)**

Derivatives as linear maps, the chain rule. The Clairaut-Schwarz theorem. Taylor's theorem. Implicit function theorem. Extrema, critical points. Lagrange multipliers. Double and triple integrals, Fubini's theorem, polar, spherical and cylindrical coordinates. Change of variables. Line integrals, Green's theorem. Parametric surfaces and surface integrals. Curl and Stokes's theorem, existence of potentials. Divergence and Gauss's theorem. Applications.

**Course Component**: Discussion Group, Lecture

Prerequisites: (MAT 1325 or MAT 1322), (MAT 1341 or CEGEP linear algebra with MAT 1341 as corequisite). The courses MAT 2122, MAT 2322 cannot be combined for units.

**MAT 2125 Elementary Real Analysis (3 units)**

Review of the completeness properties of real numbers. Supremum and infimum,  $\limsup$ ,  $\liminf$ . The topology of  $\mathbb{R}^n$ . Uniform continuity. Compactness, Heine-Borel. The Riemann integral, the fundamental theorem of calculus, improper integrals. Sequences and series of functions, uniform convergence. Fourier series.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

Prerequisites: (MAT 1322 or MAT 1325), (MAT 1348 or MAT 1362 or MAT 2362).

**MAT 2141 Honours Linear Algebra (3 units)**

Vector spaces, direct sums and complement of subspaces, linear maps, representation of linear maps by matrices, dual spaces, transpose mappings, multilinear mappings, determinants, inner products, orthogonal projections, the Gram-Schmidt algorithm. Eigenvalues and eigenvectors, diagonalization of symmetric matrices. The emphasis of this course is on proving all results.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

Prerequisites: MAT1341, (MAT1348 or MAT1362 or MAT2362).

**MAT 2143 Introduction to Group Theory (3 units)**

Groups: Arithmetic modulo  $n$ , permutations, cyclic groups. Cosets and Lagrange's theorem. Normal subgroups, homomorphisms, quotient groups, isomorphism theorems. Direct products and the structure theorem of finitely generated abelian groups.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

Prerequisites: MAT 1341, (MAT 1348 or MAT 1362 or MAT 2362).

**MAT 2322 Calculus III for Engineers (3 units)**

Extrema of functions of several variables. Multiple integration and applications. Vector fields and their derivatives. Curves. Vector differential operators. Line integrals. Surfaces and surface integrals. Theorems of Stokes, Gauss, etc.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: (MAT 1322 or MAT 1325 or MAT 1332), (MAT 1341 or CEGEP linear algebra). The courses MAT 2322, MAT 2122, MAT 2121 cannot be combined for units.

**MAT 2324 Ordinary Differential Equations and the Laplace Transform (3 units)**

General concepts. First order equations. Linear differential equations of higher order. Differential operators. Laplace transforms. Systems of differential equations. Series solutions about ordinary points.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 1341, (MAT 1322 or MAT 1325 or MAT 1332). The courses MAT 2324, MAT 2384 cannot be combined for units.

**MAT 2335 Introduction to Numerical Methods (3 units)**

Introduction to computing environments. Floating point errors. Numerical solution of nonlinear equations (bisection, fixed point, Newton, secant, gradient descent), linear and nonlinear systems. Interpolation and approximation (polynomial, spline, neural networks). Numerical differentiation and integration. Basic methods for solving first-order initial-value problems.

**Course Component:** Laboratory, Lecture

Prerequisites: ITI 1120, MAT 1322, MAT 1341.

**MAT 2342 Introduction to Applied Linear Algebra (3 units)**

Review of vector spaces and matrix algebra via applications to Economics and Science. Inner products, Gram-Schmidt, orthogonal projections. Orthogonal matrices. Eigenvalues and eigenvectors, diagonalization of symmetric matrices. Singular value decomposition. Quadratic forms, properties of symmetric, positive-definite, and idempotent matrices. Minimization of quadratic forms and least squares approximation, principal component analysis. Linear programming, duality and the simplex method.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 1302 or MAT 1341.

**MAT 2348 Discrete Mathematics (3 units)**

Quick review of: sets, functions, relations, induction, basic counting techniques. An in-depth treatment of recurrence relations, generating functions, and principle of inclusion-exclusion. Aspects of graph theory.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 1341, (MAT 1348 or MAT 1325 or MAT 1362 or MAT 2362 or MAT 2141).

**MAT 2355 Introduction to Geometry (3 units)**

Euclidean and non-Euclidean geometries; affine geometry, projective geometry. Transformations and transformation groups.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 1302 or MAT 1341.

**MAT 2362 Foundations of Mathematics (3 units)**

Review of propositional logic, informal set theory and proofs techniques. Paradoxes, introduction to axiomatic set theory and the encoding of mathematics. Ordinals, ordinal arithmetic. Axiom of choice, well-ordering principle and Zorn's lemma. Cardinals and cardinality of sets, Cantor-Schröder-Bernstein theorem, Cantor's diagonal argument, continuum hypothesis. Introduction to recursive functions and recursive sets.

**Course Component:** Discussion Group, Lecture

Prerequisite: MAT 1348 or MAT 1362.

**MAT 2371 Introduction to Probability (3 units)**

Probability axioms and their consequences. Conditional probability and independence. Random variables, distributions and densities, moments, sampling distributions. Weak law of large numbers, sums of independent random variables, moment generating functions, convergence concepts, the central limit theorem.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 1322 or MAT 1325 or MAT 1332. The courses MAT 2371, MAT 2377, ADM 2303, ECO 2150, HSS 2381, PSY 2106 cannot be combined for units.

**MAT 2375 Introduction to Statistics (3 units)**

Introduction to the theory of statistical inference. Parametric point and interval estimation. Maximum likelihood estimation. Properties of estimators. Principles of hypothesis testing. Confidence intervals and tests for means and proportions (one and two sample). Introduction to linear models. Use of statistical software.

**Course Component:** Laboratory, Lecture

Prerequisite: MAT 2371. The courses MAT 2375, MAT 2377, MAT 2378, MAT 2379, ADM 2303, ECO 2150, HSS 2381, PSY 2106 cannot be combined for units.

### **MAT 2377 Probability and Statistics for Engineers (3 units)**

A concise survey of: combinatorial analysis; probability and random variables; discrete and continuous densities and distribution functions; expectation and variance; normal (Gaussian), binomial and Poisson distributions; statistical estimation and hypothesis testing; method of least squares, correlation and regression. The emphasis is on statistics and quality control methods for engineers. The courses MAT 2377, MAT 1371, MAT 1372, MAT 2371, MAT 2375, MAT 2378, MAT 2379, ADM 2303, ECO 2150, HSS 2381, PSY 2106 cannot be combined for units.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 1320 or MAT 1321 or MAT 1327 or MAT 1330. The course MAT 1322 or MAT 1325 or MAT 1332 is corequisite to MAT 2377.

### **MAT 2379 Introduction to Biostatistics (3 units)**

Descriptive statistics using a software package. A concise survey of probability. The normal distribution. The central limit theorem and statistical estimation illustrated via simulation. Hypothesis testing, the design of experiments, paired sampling, categorical data and regression. Examples from the biosciences analyzed with statistical software.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 1320 or MAT 1321 or MAT 1327 or MAT 1330. The courses MAT 2379, MAT 1371, MAT 1372, MAT 1373, MAT 2375, MAT 2377, ADM 2303, ECO 2150, HSS 2381, PSY 2106 cannot be combined for units.

### **MAT 2384 Ordinary Differential Equations and Numerical Methods (3 units)**

General concepts. First order equations. Linear differential equations of higher order. Differential operators. Laplace transforms. Systems of differential equations. Series solutions about ordinary points. Numerical methods including error analysis; numerical differentiation, integration and solutions of differential equations.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 1341, (MAT 1322 or MAT 1325 or MAT 1332). The courses MAT 2384, MAT 2324 cannot be combined for units.

### **MAT 2522 Calcul différentiel de plusieurs variables (3 crédits)**

La dérivée en tant qu'application linéaire, le théorème de Clairaut-Schwarz, le théorème de Taylor, le théorème des fonctions implicites, le théorème des valeurs extrêmes, les points critiques, les multiplicateurs de Lagrange, les intégrales doubles et triples, théorème de Fubini, les coordonnées sphériques et cylindriques, changement de variables. Les intégrales curvilignes, le Théorème de Green, les surfaces paramétriques et intégrales, le rotationnel et le théorème de Stoke, l'existence de potentiels, la divergence et le théorème de Gauss. Applications.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalables : (MAT 1725 ou MAT 1722), (MAT 1741 ou le cours d'algèbre linéaire du CEGEP avec le cours concomitant MAT 1741). Les cours MAT 2522, MAT 2722 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 2525 Éléments d'analyse réelle (3 crédits)**

Révision des propriétés de complétude des nombres réels, supremum et infimum, limites supérieures et inférieures. La topologie de  $\mathbb{R}^n$ . Continuité uniforme. Compacité, théorème de Heine-Borel. L'intégral de Riemann, le théorème fondamental du calcul, intégrales impropres. Suites et séries de fonctions, convergence uniforme, séries de Fourier.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalables : (MAT 1722 ou MAT 1725), (MAT 1748 ou MAT 1762 ou MAT 2762).

### **MAT 2541 Algèbre linéaire spécialisée (3 crédits)**

Espaces vectoriels, somme directe et complément de sous-espaces, applications linéaires, représentations matricielles des applications linéaires, espaces duaux, applications adjointes, applications multilinéaires, déterminant, produits scalaires, projections orthogonales, algorithme de Gram-Schmidt. Valeurs et vecteurs propres, diagonalisation de matrices symétriques. Ce cours met l'emphasis sur la démonstration de tous les résultats.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalables : MAT 1741, (MAT 1748 ou MAT 1762 ou MAT 2762).

### **MAT 2543 Introduction à la théorie des groupes (3 crédits)**

Groupes: Arithmétique modulo  $n$ , permutations, groupes cycliques. Classes à gauche et à droite, théorème de Lagrange. Sous-groupes normaux, homomorphismes, groupes quotients, théorèmes d'isomorphisme. Produits directs et la classification de groupes abéliens de type fini.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalables : MAT 1741, (MAT 1748 ou MAT 1762 ou MAT 2762).

### **MAT 2722 Calcul différentiel et intégral III pour ingénieurs (3 crédits)**

Extremums des fonctions de plusieurs variables. Intégrales multiples et applications. Champs de vecteurs et leurs dérivées. Courbes. Opérateurs différentiels vectoriels. Intégrales curvilignes. Surfaces et intégrale de surface. Théorème de Stokes, de Gauss, etc.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : (MAT 1722 ou MAT 1725 ou MAT 1732), (MAT 1741 ou le cours d'algèbre linéaire du CEGEP). Les cours MAT 2722, MAT 2522, MAT 2521 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 2724 Équations différentielles et transformées de Laplace (3 crédits)**

Concepts généraux. Équations du premier ordre. Équations différentielles linéaires d'ordre supérieur. Opérateurs différentiels. Transformée de Laplace. Systèmes d'équations différentielles. Solutions en série au voisinage d'un point ordinaire.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 1741, (MAT 1722 ou MAT 1725 ou MAT 1732). Les cours MAT 2724, MAT 2784 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

### **MAT 2735 Introduction aux méthodes numériques (3 crédits)**

Introduction aux environnements informatiques. Erreurs en virgule flottante. Résolution numérique d'équations non linéaires (bissection, point fixe, Newton, sécante, descente de gradient), systèmes linéaires et non linéaires. Interpolation et approximation (polynomiale, spline, réseaux de neurones). Différentiation et intégration numériques. Méthodes de base pour résoudre les problèmes de valeur initiale du premier ordre.

**Volet :** Laboratoire, Cours magistral

Préalables : ITI 1520, MAT 1722, MAT 1741.

### **MAT 2742 Introduction à l'algèbre linéaire appliquée (3 crédits)**

Révision des espaces vectoriels et de l'algèbre des matrices via des applications aux sciences économiques et physiques. Produit scalaire, Gram-Schmidt, projections orthogonales. Matrices orthogonales. Valeurs et vecteurs propres, diagonalisation des matrices symétriques. Décomposition en valeurs singulières. Formes quadratiques, propriétés de matrices symétriques, définies-positives, et idempotentes. La minimisation des formes quadratiques et l'approximation aux moindres carrés; l'analyse en composantes principales. Programmation linéaire, dualité et méthode du simplexe.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 1702 ou MAT 1741.

**MAT 2748 Mathématiques discrètes (3 crédits)**

Révision rapide des ensembles, fonctions, relations, récurrence, méthodes fondamentales de dénombrement. Traitement approfondi des relations de récurrence, fonctions génératrices et principes d'inclusion-exclusion. Aspects de la théorie des graphes.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 1741, (MAT 1748 ou MAT 1725 ou MAT 1762 ou MAT 2762 ou MAT 2541).

**MAT 2755 Introduction à la géométrie (3 crédits)**

Géométries euclidiennes et non euclidiennes; géométries affines; géométrie projective. Transformations et groupes de transformations.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 1702 ou MAT 1741.

**MAT 2762 Fondements des mathématiques (3 crédits)**

Introduction à la notion de preuves, la théorie des ensembles et les fondements des mathématiques. La logique propositionnelle, une introduction à la logique des prédicats et les théories axiomatiques.

Techniques de preuves (directe, par contradiction, cas par cas, constructives et non-constructive, récurrence). Théorie informelle des ensembles (fonctions, relations d'équivalence, relations d'ordre). Paradoxes. Introduction à la théorie axiomatique des ensembles et au codage mathématique. Axiome du choix, lemme de Zorn. Cardinalité des ensembles.

**Volet :** Groupe de discussion, Cours magistral

Préalable : MAT 1748 ou MAT 1762.

**MAT 2771 Introduction aux probabilités (3 crédits)**

Axiomes des probabilités et leurs conséquences. Probabilité conditionnelle et indépendance. Variables aléatoires, fonctions de répartition et densités, moments, distributions d'échantillonnage. Loi faible des grands nombres, sommes de variables aléatoires indépendantes, fonction génératrice des moments, concepts de convergence, théorème limite central.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 1722 ou MAT 1725 ou MAT 1732. Les cours MAT 2771, MAT 2777, ADM 2703, ECO 2550, HSS 2781, PSY 2506 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

**MAT 2775 Introduction à la statistique (3 crédits)**

Introduction à la théorie de l'inférence statistique. Estimation paramétrique ponctuelle et par intervalle. Estimation par maximum de vraisemblance. Propriétés des estimateurs. Principes de tests d'hypothèses. Intervalles de confiance et tests d'hypothèses pour des moyennes et proportions (un et deux échantillon). Introduction aux modèles linéaires. Utilisation de logiciels de statistique.

**Volet :** Laboratoire, Cours magistral

Préalable : MAT 2771. Les cours MAT 2775, MAT 2777, MAT 2778, MAT 2779, ADM 2703, ECO 2550, HSS 2781, PSY 2506 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

**MAT 2777 Probabilités et statistique pour ingénieurs (3 crédits)**

Brève introduction aux sujets suivants: analyse combinatoire, probabilités et variables aléatoires, fonctions de densité et de répartition pour les variables de type discret ou continu. Espérance mathématique et variance; lois normale, binomiale et de Poisson; estimation et tests d'hypothèses; méthode des moindres carrés, corrélation et régression. La théorie est illustrée par des simulations. Le contenu du cours est orienté surtout vers la statistique et les méthodes de contrôle de la qualité pour les ingénieurs. Les cours MAT 2777, MAT 1771, MAT 1772, MAT 2771, MAT 2775, MAT 2778, MAT 2779, ADM 2703, ECO 2550, HSS 2781, PSY 2506 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 1720 ou MAT 1721 ou MAT 1727 ou MAT 1730. Le cours MAT 1722 ou MAT 1725 ou MAT 1732 est concomitant à MAT 2777.

**MAT 2779 Introduction à la biostatistique (3 crédits)**

La statistique descriptive via un logiciel statistique. Introduction à la théorie des probabilités. La densité normale. Le théorème limite central et l'estimation statistique via simulation. Les tests d'hypothèse, plans d'expérience, comparaison de deux échantillons, analyse des données catégoriques et régression. Les exemples en sciences biologiques sont analysés par un logiciel statistique.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 1720 ou MAT 1721 ou MAT 1727 ou MAT 1730. Les cours MAT 2779, MAT 1771, MAT 1772, MAT 1773, MAT 2775, MAT 2777, ADM 2703, ECO 2550, HSS 2781, PSY 2506 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

**MAT 2784 Équations différentielles et méthodes numériques (3 crédits)**

Concepts généraux. Équations du premier ordre. Équations différentielle linéaires d'ordre supérieur. Opérateurs différentiels. Transformation de Laplace. Systèmes d'équations différentielles. Solutions en série au voisinage d'un point ordinaire. Méthodes numériques incluant l'analyse de l'erreur, la différentiation et l'intégration numériques et la résolution numérique des équations différentielles.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 1741, (MAT 1722 ou MAT 1725 ou MAT 1732). Les cours MAT 2784, MAT 2724 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

**MAT 3100 History of Mathematics I (3 units)**

Survey of the main lines of the mathematical development from the Babylonians, Egyptians and Greeks to modern times.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: 12 units in MAT courses at level 2000 or above.

**MAT 3101 History of Mathematics II (3 units)**

Historical development of mathematics as seen through a few central themes such as counting, space, randomness, approximation, the infinitely small, or algebraic abstraction.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: 12 units in MAT courses at level 2000 or above.

**MAT 3120 Real Analysis (3 units)**

Metric spaces. Continuity. Compactness, Heine-Borel Theorem. Banach fixed point theorem. Connectedness. Spaces of functions, Arzela-Ascoli theorem, Weierstrass approximation theorem. Hilbert and Banach spaces, linear functionals. Fourier series. Topics such as the Hahn-Banach theorem, proof of implicit function theorem, applications to initial value problems, Baire category theorem.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2122, MAT 2125. (MAT 2141 is strongly recommended as a pre- or co-requisite.)

### **MAT 3121 Complex Analysis (3 units)**

Complex numbers. Analytic functions. Integration, Laurent series, residue calculus. Conformal mappings.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2122, MAT 2125.

### **MAT 3130 Introduction to Dynamical Systems (3 units)**

Systems of linear differential equations. Introduction to nonlinear systems; existence and uniqueness theorems, flow, stability of equilibria, invariant manifolds, periodic orbits, planar flows.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: (MAT 2120, MAT 2121) or (MAT 2120, MAT 2322) or (MAT 2122, MAT 2125), (MAT 2141 or MAT 2342), (MAT 2324 or MAT 2384).

### **MAT 3143 Rings and Modules (3 units)**

Rings and ideals, homomorphisms and isomorphism theorems, principal ideal domains and factorial rings, polynomial rings and the construction of finite fields. Modules, direct sums and annihilators of modules, free modules, classification of modules over a PID.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2141, MAT 2143.

### **MAT 3153 Introduction to Topology (3 units)**

Sets, functions, countability. Topology of the real line and of Euclidean space, compactness and connectedness, continuous functions. An introduction to algebraic methods in topology: homotopies and the winding number of curves in the plane, the index of a vector field in the plane, or the classification of surfaces.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: (MAT 2120, MAT 2121) or (MAT 2120, MAT 2322) or (MAT 2122, MAT 2125).

### **MAT 3155 Introd to Differential Geomet. (3 units)**

Introduction to elementary Riemannian geometry, applications to curves and surfaces, special topics chosen from geometry and physics.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: (MAT 2120, MAT 2121) or (MAT 2122, MAT 2125) or (MAT 2120, MAT 2322), (MAT 2141 or MAT 2342).

### **MAT 3166 Introduction to Number Theory (3 units)**

Topics chosen from: Farey sequence, Fermat-Euler-Wilson theorems, power residues and primitive roots, Diophantine equations, continued fractions, algebraic and transcendental numbers, arithmetic functions, distribution of primes.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 2143 or MAT 2348.

### **MAT 3172 Foundations of Probability (3 units)**

An overview of probability from a non-measure theoretic point of view. Random vectors; independence, conditional expectation and probability, consequences. Functions of random variables. Various types of convergence leading to proofs of the major theorems in classical probability theory.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2371, (MAT 2121 or MAT 2122), (MAT 2141 or MAT 2342).

### **MAT 3175 Introduction to Mathematical Statistics (3 units)**

Theory of statistical methods at an advanced mathematical level. Probability and limit theorems pertaining to statistical inference. Distribution theory and sampling distributions. Principles of parametric estimation. Likelihood-based inference and hypothesis tests. Introduction to non-parametric inference.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 3172, MAT 3375.

### **MAT 3320 Mathematics for Engineers (3 units)**

Series solutions of ordinary differential equations. Legendre and Bessel functions. Sturm-Liouville problems, orthogonal functions. Fourier series. Partial differential equations: introduction and applications.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: (MAT 2121 or MAT 2122 or MAT 2322), (MAT 2324 or MAT 2384).

### **MAT 3335 Numerical Methods for Differential Equations (3 units)**

Ordinary differential equations: numerical methods; stability and convergence; extension to systems. Partial differential equations: finite difference methods for elliptic and parabolic equations; stability and convergence; iterative solvers for linear systems. Topics chosen from: finite element methods for elliptic partial differential equations; adaptive methods; applications in science or engineering.

**Course Component:** Laboratory, Lecture

Prerequisites: MAT 2122, MAT 2125, MAT 2335, (MAT 2141 or MAT 2342), (MAT 2324 or MAT 2384).

### **MAT 3341 Applied Linear Algebra (3 units)**

Vector and matrix norms. Schur canonical form, QR, LU, Cholesky and singular value decomposition, generalized inverses, Jordan form, Cayley-Hamilton theorem, matrix analysis and exponentials of matrices, eigenvalue estimation and the Gershgorin Circle Theorem; quadratic forms, Rayleigh and minima principles. This course includes proofs and applications of computational methods.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: (MAT 1322 or MAT 1325), (MAT 2141 or MAT 2342).

### **MAT 3343 Applied Algebra (3 units)**

Groups and finite fields; binary codes: Hamming and BCH codes; other topics in applied algebra.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: (MAT 2141 or MAT 2342), (MAT 2143 or MAT 2348).

### **MAT 3348 Applied Graph Theory (3 units)**

Trees, graphs and applications, networks and flows, matching theory, graph algorithms. Other topics in applied discrete mathematics.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 1341, (MAT 2348 or CSI 2101).

### **MAT 3361 Introd to Mathematical Logic (3 units)**

Formal approaches to propositional and predicate logic. Syntax and Semantics. Formal proof systems. Completeness and compactness. Formal theories and their models. Topics chosen from: logics in computer science, foundations of mathematics, set theory, computability theory.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2362 and one of MAT 2120, MAT 2125, MAT 2141, MAT 2143, MAT 2348 or CSI 2101.

### **MAT 3373 Methods of Machine Learning (3 units)**

Multivariate linear and polynomial regression, logistic regression, k-nearest neighbours. Regularization methods, Bayesian inference, naïve Bayes classification. Cross-validation, bootstrap. Tree-based methods. Principal component analysis. Clustering.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 1341, ((MAT 2371, MAT 2375) or MAT 2377 or MAT 2379).

### **MAT 3375 Regression Analysis (3 units)**

Modeling relationships between outcome (dependent) variables and covariates (independent variables) using simple and multiple linear regression models. Estimation and hypothesis testing using least squares and likelihood methods. Performing model diagnostics and assessing goodness of fit properties. Variable selection and finding the best fit. Non-linear regression and transformations. Weighted regression and generalized least square. Analysis of data using statistical software packages.

**Course Component:** Laboratory, Lecture

**Prerequisites:** MAT 1341, MAT 2371, (MAT 2375 or MAT 2378 or MAT 2379).

### **MAT 3377 Sampling and Surveys (3 units)**

An introduction to the design and analysis of surveys. Simple random, stratified, proportional, post-stratified, cluster, and multi-stage sampling. Examples and complete theoretical development. Analysis of data using statistical software packages.

**Course Component:** Lecture

**Prerequisite:** MAT 2375 or MAT 2377 or MAT 2378 or MAT 2379.

### **MAT 3378 Analysis of Experimental Designs (3 units)**

Theory and analysis of common experimental designs: factorial designs, designs with blocking, split-plot, random effects models. Sample size and power determination. Simultaneous inference. Nested and crossed factors. Introduction to other designs: fractional factorial, response surface designs. Analysis of data using statistical software packages.

**Course Component:** Laboratory, Lecture

**Prerequisites:** MAT 1341, MAT 2371, MAT 3375.

### **MAT 3379 Introduction to Time Series Analysis (3 units)**

Time domain methods: detrending, dealing with non stationarity and seasonality; autoregressive moving average (ARMA) models: forecasting, estimation, diagnostics. Selected topics from: state space methodology, financial time series, time series regression, spectral domain. Time series data will be analyzed using software packages.

**Course Component:** Laboratory, Lecture

**Prerequisites:** MAT 2371, (MAT 2375 or MAT 2378 or MAT 2379).

### **MAT 3395 Introduction to Mathematical Models (3 units)**

Introduction to modelling and to mathematical techniques used in applications. Mathematical models will come from various areas of applied sciences and use techniques from calculus, differential equations, linear algebra and vector geometry.

**Course Component:** Lecture

**Prerequisites:** (MAT 2141 or MAT 2342), (MAT 2122 or MAT 2322), (MAT 2324 or MAT 2384).

### **MAT 3500 Histoire des mathématiques I (3 crédits)**

Aperçu du développement de la pensée mathématique depuis l'Antiquité (babylonienne, égyptienne et grecque) jusqu'à l'ère moderne.

**Volet :** Cours magistral

**Préalable :** 12 crédits de cours MAT de niveau 2000 ou supérieur.

### **MAT 3501 Histoire des mathématiques II (3 crédits)**

Développement historique des mathématiques à travers quelques thèmes comme le nombre, le hasard, l'espace, l'approximation, l'infiniment petit ou l'abstraction algébrique.

**Volet :** Cours magistral

**Préalable :** 12 crédits de cours MAT de niveau 2000 ou supérieur.

### **MAT 3520 Analyse réelle (3 crédits)**

Espaces métriques. Continuité. Compacité, théorème de Heine-Borel. Théorème de point fixe de Banach. Connexité. Espaces de fonctions, théorème de Arzela-Ascoli, théorème d'approximation de Weierstrass. Espaces de Hilbert et de Banach, formes linéaires. Séries de Fourier. Thèmes choisis tels que le théorème Hahn-Banach, la preuve du théorème des fonctions implicites, applications aux problèmes à valeur initiale, théorème de Baire

**Volet :** Cours magistral

**Préalables :** MAT 2522, MAT 2525. (MAT 2141 est fortement recommandé comme pré- ou co-requis.)

### **MAT 3521 Analyse Complexe (3 crédits)**

Nombres complexes. Fonctions analytiques. Intégration, séries de Laurent, calcul des résidus. Applications conformes.

**Volet :** Cours magistral

**Préalables :** MAT 2522, MAT 2525.

### **MAT 3530 Introduction aux systèmes dynamiques (3 crédits)**

Systèmes d'équations différentielles linéaires. Introduction aux systèmes non linéaires: théorèmes d'existence et d'unicité, flot, stabilité des équilibres, variétés invariantes, orbites périodiques, flots planaires.

**Volet :** Cours magistral

**Préalables :** (MAT 2520, MAT 2521) ou (MAT 2520, MAT 2722) ou (MAT 2522, MAT 2525), (MAT 2541 ou MAT 2742), (MAT 2724 ou MAT 2784).

### **MAT 3543 Anneaux et modules (3 crédits)**

Anneaux et idéaux, homomorphismes et théorèmes d'isomorphisme, anneaux principaux et anneaux factoriels, anneaux de polynômes et la construction des corps finis. Modules, sommes directes et annulateurs de modules, modules libres, classification de modules sur un anneau principal.

**Volet :** Cours magistral

**Préalables :** MAT 2541, MAT 2543.

### **MAT 3553 Introduction à la topologie (3 crédits)**

Ensembles, fonctions, dénombrabilité. Topologie de la droite réelle et de l'espace euclidien, ensembles compacts et connexes, fonctions continues. Introduction aux méthodes algébriques en topologie: l'homotopie et le coefficient d'enlacement des courbes dans le plan, l'indice d'un champ de vecteurs dans le plan, ou la classification des surfaces.

**Volet :** Cours magistral

**Préalable :** (MAT 2520, MAT 2521) ou (MAT 2520, MAT 2722) ou (MAT 2522, MAT 2525).

### **MAT 3555 Introduction géométrie différentielle (3 crédits)**

Introduction à la théorie Riemannienne élémentaire, applications aux courbes et surfaces, sujets spéciaux provenant de la géométrie et de la physique.

**Volet :** Cours magistral

**Préalables :** (MAT 2520, MAT 2521) or (MAT 2522, MAT 2525) ou (MAT 2520, MAT 2722), (MAT 2541 ou MAT 2742).

### **MAT 3566 Introduction théorie des nombres (3 crédits)**

Choix de sujets parmi les suivants: suites de Farey, théorèmes de Fermat, d'Euler et de Wilson. Résidus quadratiques et d'ordre supérieur; racines primitives. Équations diophantiennes. Fractions continues. Nombres algébriques et transcendants. Fonctions arithmétiques. Distribution des nombres premiers.

**Volet :** Cours magistral

**Préalable :** MAT 2543 ou MAT 2748.

**MAT 3572 Fondements des probabilités (3 crédits)**

Une présentation de la théorie des probabilités sans théorie de la mesure. Vecteurs aléatoires: l'indépendance, probabilité et espérance conditionnelle, les conséquences. Fonctions de variables aléatoires. Divers modes de convergence et leur emploi dans la démonstration des théorèmes classiques.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 2771, (MAT 2521 ou MAT 2522), (MAT 2541 ou MAT 2742).

**MAT 3575 Introduction à la statistique mathématique (3 crédits)**

Théorie des méthodes statistiques couverte à un niveau de mathématique avancé. Probabilité et les théorèmes limites liés à l'inférence statistique. Distributions d'échantillonnage. Principes de l'estimation paramétrique. Inférence et tests d'hypothèses basés sur la fonction de vraisemblance. Introduction aux méthodes non-paramétriques.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 3572, MAT 3775.

**MAT 3720 Mathématiques de l'ingénierie (3 crédits)**

Solutions en séries d'équations différentielles. Fonctions de Legendre et de Bessel. Problèmes de Sturm-Liouville, fonctions orthogonales. Séries de Fourier. Équations aux dérivées partielles: introduction et applications.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : (MAT 2521 ou MAT 2522 ou MAT 2722), (MAT 2724 ou MAT 2784).

**MAT 3735 Méthodes numériques pour les équations différentielles (3 crédits)**

Equations différentielles ordinaires : méthodes numériques; stabilité et convergence; extension aux systèmes. Equations aux dérivées partielles : méthodes aux différences finies pour les équations elliptiques et paraboliques; stabilité et convergence; solveurs itératifs pour les systèmes linéaires. Sujets choisis parmi : méthodes des éléments finis pour les équations aux dérivées partielles elliptiques; méthodes adaptatives; applications en sciences ou en génie.

**Volet :** Laboratoire, Cours magistral

Préalables : MAT 2522, MAT 2525, MAT 2735, (MAT 2541 ou MAT 2742), (MAT 2724 ou MAT 2784).

**MAT 3741 Algèbre linéaire appliquée (3 crédits)**

Normes de vecteurs et de matrices. Forme canonique de Schur, décompositions QR, LU, décomposition de Cholesky, décomposition en valeurs singulières, pseudo inverses, forme de Jordan, théorème de Cayley-Hamilton, analyse matricielle et exponentielles de matrices; estimation des valeurs propres et théorème des disques de Gershgorin; formes quadratiques, principe de Rayleigh et principe du minimax. Ce cours inclut des preuves et des applications de méthodes de calcul.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : (MAT 1722 ou MAT 1725), (MAT 2541 ou MAT 2742).

**MAT 3743 Algèbre appliquée (3 crédits)**

Théorie des groupes et théorie des corps finis; codes binaires: codes de Hamming et codes BCH; chapitres choisis d'algèbre appliquée.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : (MAT 2541 ou MAT 2742), (MAT 2543 ou MAT 2748).

**MAT 3748 Théorie des graphes appliquée (3 crédits)**

Les arbres, les graphes et leurs applications, réseaux et flots, théorie de couplage, algorithmes de graphes. Chapitres choisis en mathématiques discrètes appliquées.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 1741, (MAT 2748 ou CSI 2501).

**MAT 3761 Introduction logique mathématique (3 crédits)**

Approche formelle de la logique propositionnelle et des prédicats, syntaxe et sémantique, systèmes de preuves formelles, complétude et compacité. Théories formelles et leurs modèles. Sujets choisis de la liste suivantes: logique en informatique, les fondements des mathématiques, la théorie des ensembles, la théorie du calcul.

**Volet :** Cours magistral

Préalables: MAT 2762 et un parmi MAT 2520, MAT 2525, MAT 2541, MAT 2543, MAT 2748 ou CSI 2501.

**MAT 3773 Méthodes d'apprentissage automatique (3 crédits)**

Regression linéaire et polynomiale multivariée, regression logistique, méthode des k plus proches voisins. Méthodes de régularisation, inférence bayésienne, classification naïve bayésienne. Validation croisée, techniques de bootstrap. Arbres de décision. Analyse en composantes principales. Partitionnement.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 1741, ((MAT 2771, MAT 2775) ou MAT 2777 ou MAT 2779).

**MAT 3775 Analyse de la régression (3 crédits)**

Construction de modèles pour la relation entre une variable réponse (variable dépendante) et des variables explicatives (variables indépendantes) au moyen de la régression linéaire simple et multiple. Estimation et tests d'hypothèses par la méthode des moindres carrés et méthode de vraisemblance. Diagnostics de modèle et évaluation de la qualité de l'ajustement. Régression non-linéaire et transformations. Régression pondérée et méthode des moindres carrés généralisées. Analyse de données à l'aide de logiciels de statistique.

**Volet :** Laboratoire, Cours magistral

Préalables : MAT 1741, MAT 2771, (MAT 2775 ou MAT 2778 ou MAT 2779).

**MAT 3777 Échantillonnage et sondages (3 crédits)**

Introduction à la conception et l'analyse des sondages. Échantillonnage simple aléatoire, stratifié, proportionnel, post-stratifié, par grappes et à niveaux multiples. Développement complet de la théorie; exemples. Analyse de données à l'aide des logiciels de statistique.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 2775 ou MAT 2777 ou MAT 2778 ou MAT 2779.

**MAT 3778 Analyse des plans d'expérience (3 crédits)**

Théorie et analyse des plans d'expérience suivants: plans factoriels, plans en blocs randomisés, plans à parcelles divisées, modèle à effets aléatoires. Taille de l'échantillon et calcul de la fonction de puissance. Inférence simultanée. Facteurs croisés et emboîtés. Introduction aux plans fractionnels, surface d'une fonction de régression. Analyse de données à l'aide de logiciels de statistique.

**Volet :** Laboratoire, Cours magistral

Préalables : MAT 1741, MAT 2771, MAT 3775.

**MAT 3779 Introduction aux séries chronologiques (3 crédits)**

Approche temporelle : décomposition des modèles de tendance, processus non-stationnaire et saisonnalité, modèles autorégressifs et de moyennes mobiles (ARMA): prédiction, estimation, évaluation des modèles. Sujets choisis parmi les suivants: modèles à espace d'état, séries chronologiques financières, régression temporelle, approche spectrale. Analyse de données de séries chronologiques à l'aide de logiciels de statistique.

**Volet :** Laboratoire, Cours magistral

Préalables : MAT 2771, (MAT 2775 ou MAT 2778 ou MAT 2779).

**MAT 3795 Introduction à la modélisation mathématique (3 crédits)**

Introduction à la modélisation et aux méthodes mathématiques utilisées pour les applications. Les modèles mathématiques viennent des sciences appliquées et utilisent des techniques du calcul différentiel, des équations différentielles, de l'algèbre linéaire et de la géométrie vectorielle.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : (MAT 2541 ou MAT 2742), (MAT 2522 ou MAT 2722), (MAT 2724 ou MAT 2784).

**MAT 4124 Introduction to Functional Analysis (3 units)**

Introduction to Banach and with emphasis on Hilbert spaces. Fourier series and Fourier transforms. Linear operators on Hilbert spaces. Introduction to spectral theory. Selected topics among: Compact operators, unbounded operators, etc.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 3120.

**MAT 4125 Measure and Integration I (3 units)**

General measure and integral, Lebesgue measure and integration on  $\mathbb{R}$ , Fubini's theorem, Lebesgue-Radon-Nikodym theorem, absolute continuity and differentiation,  $L_p$ -spaces.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 3120.

**MAT 4126 Measure and Integration II (3 units)**

Banach and Hilbert spaces, bounded linear operators, dual spaces, some additional topics.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 4125.

**MAT 4130 Introduction to Partial Differential Equations (3 units)**

Modelling with partial differential equations (PDEs), elementary PDEs and the method of separation of variables, classification of PDEs, linear first order PDEs and method of characteristics, maximum principles for elliptic equations and classical solution of the Laplace equation, Green's functions, variational methods. Heat and wave equations.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2122, MAT 2125, (MAT 2141 or MAT 2342), (MAT 2324 or MAT 2384).

**MAT 4141 Rings and Modules II (3 units)**

Noetherian and artinian modules and rings. Algebraic sets, vanishing ideals, Hilbert Basis Theorem, radical ideals, Hilbert Nullstellensatz. Localization of rings and modules. Tensor product of modules and algebras. Semisimple rings and modules, Schur's lemma, Jacobson Density Theorem, Artin-Wedderburn Theorem. Short exact sequences, free modules, projective modules, injective modules, flat modules.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 3141 or MAT 3143.

**MAT 4142 Introduction to Lie Algebras (3 units)**

Structure of solvable, nilpotent and semisimple finite dimensional Lie algebras.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 3141 or MAT 3143.

**MAT 4143 Groups and Galois Theory (3 units)**

Group actions, class equation, Sylow theorems, central, composition and derived series, Jordan-Holder theorem, field extensions and minimal polynomials, algebraic closure, separable extensions, integral ring extensions, Galois groups, fundamental theorem of Galois theory, finite fields, cyclotomic field extensions, fundamental theorem of algebra, transcendental extensions.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 4141 or MAT 3143 or (MAT 2141 and MAT 2143 and MAT 3343).

**MAT 4144 Introduction to Lie Groups (3 units)**

Linear groups: the exponential map, Lie correspondence. Homomorphisms and coverings. Closed subgroups. Classical groups: Cartan subgroups, fundamental groups. Manifolds. Homogeneous spaces. General Lie groups.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2143, MAT 3120, (MAT 3141 or MAT 3143 or MAT 3341).

**MAT 4153 General Topology (3 units)**

Topological spaces, product and identification topologies, countability and separation axioms, compactness, metrisation.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 3120 or MAT 3153.

**MAT 4154 Introduction to Algebraic Geometry (3 units)**

Brief overview of commutative algebra, Hilbert's Nullstellensatz, algebraic sets, and Zariski topology. Affine and projective varieties over algebraically closed fields. Regular functions and rational maps. Additional topics chosen from: the relation of varieties over complex numbers to complex analytic manifolds, genus, divisors, line bundles, Riemann-Roch Theorem, Bézout's Theorem.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 3143.

**MAT 4155 Elementary Manifold Theory (3 units)**

Manifolds, differentiable structures, tangent space, vector fields, differential forms, tensor fields, Riemannian metric.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2141, MAT 3120.

**MAT 4157 Algebraic Topology (3 units)**

Covering spaces, homology via the Eilenberg-Steenrod axioms, applications, construction of a homology functor.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 3143, (MAT 3153 or MAT 3120).

**MAT 4162 Topics in Mathematical Logic (3 units)**

Selected topics, such as: model theory, non-standard analysis, the theory of recursive functions, advanced set theory, philosophy of mathematics.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 3361.

**MAT 4167 Topics in Number Theory (3 units)**

Topics from analytic number theory, algebraic number theory, Diophantine approximation, modular forms or arithmetic geometry.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 3143.

### **MAT 4170 Probability Theory I (3 units)**

Probability spaces, random variables, expected values as integrals, joint distributions, independence and product measures, cumulative distribution functions and extension of probability measures, Borel-Cantelli lemmas, convergence concepts, independent and identically distributed sequences of random variables.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 3120, MAT 3172.

### **MAT 4171 Probability Theory II (3 units)**

Laws of large numbers, characteristic functions, central limit theorem, conditional probability and expectation, some additional topics.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 4170.

### **MAT 4173 Stochastic Analysis (3 units)**

Introduction to stochastic processes from a non-measure theoretic point of view. Conditional expectation. Brownian motion, Gaussian processes, martingales. Wiener and Itô integrals with respect to Brownian motion. Itô formula. Stochastic differential equations. Applications to financial mathematics, the Black-Scholes formula.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 2371.

### **MAT 4183 Tensor Analysis and Application (3 units)**

Tensor analysis with applications to Riemannian geometry and relativity theory.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2122, MAT 2125, (MAT 2141 or MAT 2342).

### **MAT 4199 Special Topics in Mathematics (3 units)**

Selected advanced topics.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: 12 course units in mathematics (MAT) at the 3000 level or above. Additional prerequisites may be imposed depending on the topic.

### **MAT 4341 Quantum Computing (3 units)**

Space of quantum bits; entanglement. Classical and quantum logic gates. Quantum algorithms: black-box, Fourier transform and Shor's factoring algorithm. Density matrices, quantum cryptography and selected emerging topics.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: (MAT 2141 or MAT 3341) and 12 university course units in mathematics (MAT) at the 3000 and 4000 level (or permission of the instructor).

### **MAT 4343 Representation Theory (3 units)**

Representation theory of groups and algebras: characters, irreducible representations, induced representations, intertwining operators.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 3141 or MAT 3143.

### **MAT 4348 Graph Theory (3 units)**

Paths and cycles, trees, connectivity, Euler tours and Hamilton cycles, edge colouring, independent sets and cliques, vertex colouring, planar graphs, directed graphs.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: (MAT 2348 or MAT 3348), (MAT 2141 or MAT 2143).

### **MAT 4349 Combinatorial Theory (3 units)**

Principle of inclusion – exclusion, generating functions and partitions of the integers, Polya's theory of counting, latin squares, Steiner triple systems, block designs, finite geometries, posets and lattices.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2348, MAT 2143, MAT 2141.

### **MAT 4360 Mathematical Cryptography (3 units)**

Analysis of cryptographic methods used in authentication and data protection, with particular attention to the underlying mathematics and methods of proof. Selected emerging topics of research relating to post-quantum cryptography.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 3166 or MAT 2143 and 12 university course units in mathematics (MAT) at the 3000 level or above (or permission of the instructor).

### **MAT 4371 Applied Probability (3 units)**

An introduction to stochastic processes, with emphasis on Markov processes. Review of basic probability, limit theorems and conditioning. The Poisson process. Limit theorems for regenerative processes.

Discrete-time and continuous-time Markov processes. Hidden Markov processes on finite state spaces. Applications chosen from signal processing, queueing theory, economics, finance and actuarial sciences.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2371, (MAT 2141 or MAT 2342).

### **MAT 4372 Financial Mathematics (3 units)**

Review of conditional expectation and an introduction to martingales, stopping times and the Snell envelope. Interest rate and present value, discrete time option pricing. Review of the multivariate normal with applications to Markovitz portfolio theory. An introduction to Brownian motion and the Black-Scholes formula for European options.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2375, MAT 3172.

### **MAT 4373 Mathematical Machine Learning (3 units)**

Discriminant analysis, principal component analysis, support vector machines; reproducing kernel Hilbert spaces and kernel methods; neural networks; VC Theory; PAC learning. Additional topics may include: Bayesian modelling, manifold learning, boosting.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2122, MAT 2371, MAT 2375, MAT 3373.

### **MAT 4374 Computational Statistics (3 units)**

Computational workflow and notebooks. Integration with quadrature and Monte Carlo (rejection, importance and Markov chain sampling). Optimization techniques such as the EM algorithm and gradient descent. Error estimation such as bootstrap and cross-validation. Simulation studies. Statistical programming and the use of statistical software. Other topics in computational statistics at instructor's discretion.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 3172, (MAT 3373 or MAT 3375).

### **MAT 4375 Multivariate Statistical Methods (3 units)**

Random vectors and matrices. Multivariate normal distribution and its properties. Inference on multivariate normal distribution: estimation, hypothesis testing. Principal component analysis. Cluster analysis. Linear discriminant analysis. Canonical correlation analysis. Analysis of data using statistical software packages.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: (MAT 2141 or MAT 2342), MAT 3375.

### **MAT 4376 Topics in Statistics (3 units)**

Selected topics in statistics.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT2375 (additional prerequisites may be added depending on the topic).

**MAT 4377 Topics in Applied Probability (3 units)**

Topics in probability theory.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 2371 (additional prerequisites may be imposed depending on the topic).

**MAT 4378 Categorical Data Analysis (3 units)**

Analysis of multi-way contingency tables. Tests for proportions: dependent, independent, trend. Measures of risk and association. Study designs leading to categorical data. Logistic models with binary response. Log-linear models for multi-way tables. Additional topics: polytomous and ordinal logistic regression. Analysis with statistical software packages.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 3375.

**MAT 4379 Survey Sampling (3 units)**

Finite populations and finite population parameters, sampling design, simple random sampling, systematic sampling, Bernoulli sampling, stratified sampling, sample allocation, estimation of a domain total/mean, estimation of ratio, ratio estimator, post-stratified estimator, difference estimator, simple linear regression estimator, single-stage and two-stage cluster sampling, treatment of missing data. Analysis of data using statistical software packages.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2371, MAT 3375.

**MAT 4380 Advanced Regression (3 units)**

Topics in linear regression: influential values, high leverage points, model selection, model comparison. Regularization methods: ridge regression, lasso regression. Robust regression: outlier, breakdown point, influence function, M-estimators. Non-parametric regression and smoothing methods: kernel regression, local polynomials, smoothing splines. Additional topics at instructor's discretion.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 3375.

**MAT 4381 Bayesian Inference (3 units)**

An introduction to the theory and practice of modern Bayesian inference. Choice of prior distributions and calculation of the posterior distribution for single and multi-parameter models. Computational approaches to Bayesian inference such as Markov Chain Monte Carlo and Gibbs sampling. Hierarchical and regression modelling in a Bayesian framework. Use of statistical software.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2342, MAT 3375.

**MAT 4382 Generalized Linear Models (3 units)**

Exponential family of distributions. Likelihood ratio, Wald and score tests. Model building and assessment including: deviance, goodness-of-fit, prediction and classification, multi-collinearity. Logistic regression. Poisson regression, overdispersion. Log-linear models. Additional topics in generalized linear models chosen by the instructor. Analysis of data using statistical software packages.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 3375.

**MAT 4383 Statistics Laboratory (3 units)**

This course provides students with the opportunity to apply the statistical techniques and theory learned in their program to design, collection, analysis, interpretation and reporting of real data. Through case studies, students will propose and implement solutions to realistic scientific problems. Course work will include class discussions, teamwork, research methods and reading scientific articles, performing exploratory data analysis, formulating statistical analysis plans, analyzing data, project management and reproducible workflows, interpretation of results from statistical analysis, writing statistical analysis reports, and oral presentations. Learning statistical consultation skills.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 3175, MAT 3375, and six course units from MAT 3378, MAT 3379, MAT 4374, MAT 4375, MAT 4378, MAT 4380, MAT 4382.

Reserved for students enrolled in 4th year of the Honours B.Sc. in Statistics.

**MAT 4384 Mathematical Foundations of Risk Management (3 units)**

Mathematical concepts and tools related to financial risk management. Application of statistical methods and probability concepts to model, measure and estimate financial risks. Portfolio management/CAPM, measures of risk and performance (coherence, value-at-risk, expected shortfall, Basel III), financial time series (volatility modelling, estimation), multivariate models (copulas, mixtures, elliptical distributions), back-testing and stress testing.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 2375, MAT 3172, MAT 3375.

**MAT 4386 Introduction to Stochastic Processes (3 units)**

Stochastic processes: definitions and classification. Introduction to continuous and discrete time Markov chains and Poisson processes. Topics from renewal processes; branching processes; discrete time martingales. Introduction to Brownian motion. Additional topics chosen by the lecturer.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: (MAT 2141 or MAT 2342), MAT 3172.

**MAT 4387 Optimization: Theory and Practice (3 units)**

Optimization problems, nonlinear programming, unconstrained optimization, convexity and coercivity, existence theory, gradient and Newton methods constrained optimization, gradient method with projection, Kuhn-Tucker relations, duality, Uzawa method. Linear programming, simplex method.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: (MAT 2120, MAT 2121) or (MAT 2122, MAT 2125) or (MAT 2120, MAT 2322), (MAT 2324 or MAT 2384).

**MAT 4399 Special Topics in Mathematics (3 units)**

Selected advanced topics.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: 24 units in MAT courses at level 3000 or above.

**MAT 4524 Introduction à l'analyse fonctionnelle (3 crédits)**

Introduction aux espaces de Hilbert et Banach avec emphase sur les espaces de Hilbert. Série et transformée de Fourier. Opérateurs linéaires dans les espaces de Hilbert. Introduction à l'analyse spectrale. Sujets choisis parmi: opérateurs compacts, opérateurs non bornés, etc.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 3520.

**MAT 4525 Mesure et intégration I (3 crédits)**

Mesure et intégration, mesure de Lebesgue et intégration sur  $\mathbb{R}$ , théorème de Fubini, théorème de Lebesgue-Radon-Nikodym, continuité absolue et dérivation, espaces  $L_p$ .

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 3520.

**MAT 4526 Mesure et intégration II (3 crédits)**

Espaces de Banach et espaces de Hilbert, opérateurs linéaires bornés, espaces duals, sujets complémentaires.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 4525.

**MAT 4530 Introduction aux équations aux dérivées partielles (3 crédits)**

Modélisation avec les équations aux dérivées partielles (EDPs), EDPs élémentaires et la méthode de séparation des variables, classification des EDPs, EDPs linéaire d'ordre un et la méthode des caractéristiques, principes du maximum pour les EDPs elliptiques et la solution classique de l'équation de Laplace, les fonctions de Green, méthodes variationnelles. Équations de la chaleur et des ondes.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 2522, MAT 2525, (MAT 2541 ou MAT 2742), (MAT 2724 ou MAT 2784).

**MAT 4541 Anneaux et modules II (3 crédits)**

Modules et anneaux noethériens et artiniens. Ensembles algébriques, leurs idéaux, théorème de la base de Hilbert, idéaux radicaux, Hilbert Nullstellensatz. Localisation des anneaux et des modules. Produit tensoriel des modules et des algèbres. Anneaux et modules semi-simples, le lemme de Schur, le théorème de densité de Jacobson, le théorème d'Artin-Wedderburn. Suites exactes courtes, modules libres, modules projectifs, modules injectifs, modules plats.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 3541 ou MAT 3543.

**MAT 4542 Introduction aux algèbres de Lie (3 crédits)**

Structure des algèbres de Lie de dimension finie qui sont résolubles, nilpotentes ou semi-simples.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 3541 ou MAT 3543.

**MAT 4543 Groupes et la théorie de Galois (3 crédits)**

Actions de groupes, formule des classes, théorèmes de Sylow, séries centrales, de composition et dérivées, théorème de Jordan-Hölder, extensions de corps et polynômes minimaux, fermeture algébrique, extensions séparables, extensions entières d'anneaux, groupes de Galois, théorème fondamental de la théorie de Galois, corps finis, extensions cyclotomiques, théorème fondamental de l'algèbre, extensions transcendentes.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 3541 ou MAT 3543 ou (MAT 2541, MAT 2543, MAT 3743).

**MAT 4544 Introduction aux groupes de Lie (3 crédits)**

Groupes linéaires, applications exponentielles, correspondance de Lie, homomorphismes et recouvrements, sous-groupes fermés, groupes classiques, sous-groupes de Cartan, groupes fondamentaux, variétés, espaces homogènes, groupes de Lie généraux.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 2543, MAT 3520, (MAT 3541 ou MAT 3543 ou MAT 3741).

**MAT 4553 Topologie générale (3 crédits)**

Espaces topologiques, topologie produit et topologie quotient, axiomes de dénombrabilité et axiomes de séparation, compacité, métrisation.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 3520 ou MAT 3553.

**MAT 4554 Introduction à la géométrie algébrique (3 crédits)**

Résumé d'algèbre commutative, Théorème des Zéros de Hilbert, ensembles algébriques, topologie de Zariski. Variétés affines et projectives sur un corps algébriquement clos. Fonctions régulières et applications rationnelles. Sujets choisis parmi: relation entre variétés algébriques complexes et variétés analytiques complexes, genre, diviseurs, fibrés en droites, Théorème de Riemann-Roch, Théorème de Bézout.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 3543.

**MAT 4557 Topologie algébrique (3 crédits)**

Espaces de recouvrement, homologie via les axiomes de Eilenberg-Steenrod, applications, construction d'un foncteur homologique.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 3543, (MAT 3553 ou MAT 3520).

**MAT 4562 Thèmes en logique mathématique (3 crédits)**

Choix de thèmes tels que la théorie des modèles, l'analyse non standard la théorie des fonctions récursives, la théorie des ensembles ou la philosophie des mathématiques.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 3761.

**MAT 4567 Chapitres choisis : Théorie des nombres (3 crédits)**

Chapitres choisis en théorie analytique des nombres, théorie algébrique des nombres, approximation diophantienne, formes modulaires ou géométrie arithmétique.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 3543.

**MAT 4570 Théorie des probabilités I (3 crédits)**

Espaces probabilisés, variables aléatoires, l'espérance mathématique définie comme une intégrale, lois conjointes, indépendance et mesure produit, répartition et extension de mesures de probabilité, lemmes de Borel-Cantelli, notions de convergence, suites de variables aléatoires indépendantes et équidistribuées.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 3520, MAT 3572.

**MAT 4571 Théories des probabilités II (3 crédits)**

Lois des grands nombres, fonctions caractéristiques, théorème-limite central, probabilité et espérance conditionnelle, sujets complémentaires.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 4570.

**MAT 4583 Analyse tensorielle et applications (3 crédits)**

Analyse tensorielle et ses applications à la géométrie riemannienne et à la théorie de la relativité.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 2522, MAT 2525, (MAT 2541 ou MAT 2742).

**MAT 4599 Thèmes choisis en mathématiques (3 crédits)**

Travaux sur des sujets avancés.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : 12 crédits de cours en mathématiques (MAT) de niveau 3000 ou supérieur. Des préalables supplémentaires peuvent s'appliquer selon le sujet du cours.

**MAT 4741 Informatique Quantique (3 crédits)**

Espace des bits quantiques ; intrication. Portes logiques classiques et quantiques. Algorithmes quantiques : boîte noire, transformation de Fourier et algorithme de factorisation de Shor. Matrices de densité, cryptographie quantique et sujets émergents sélectionnés.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : (MAT 2541 ou MAT 3741) et 12 crédits de cours universitaires en mathématiques (MAT) de niveau 3000 et 4000 (ou la permission de l'instructeur).

**MAT 4743 Théorie des représentations (3 crédits)**

La théorie des représentations de groupes et d'algèbres : les caractères, les représentations irréductibles, les représentations induites, opérateurs d'entrelacement.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 3541 ou MAT 3543.

**MAT 4748 Théorie des graphes (3 crédits)**

Chaînes et cycles, arbres, connexité, parcours Eulériens et cycles Hamiltoniens, coloration des arêtes, ensembles stables et cliques, coloration des sommets, graphes planaires, graphes orientés.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : (MAT 2748 ou MAT 3748), (MAT 2541 ou MAT 2543).

**MAT 4749 Théorie combinatoire (3 crédits)**

Principe d'inclusion – exclusion, fonctions génératrices et partitions des entiers, théorie du dénombrement de Polya, carré latin, systèmes triples de Steiner, plans de blocs, géométries finies, ensembles partiellement ordonnés et treillis.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 2748, MAT 2543, MAT 2541.

**MAT 4760 Cryptographie mathématique (3 crédits)**

Analyse des méthodes cryptographiques utilisées dans l'authentification et la protection des données, avec une attention particulière aux mathématiques sous-jacentes et aux méthodes de preuve. Sélection de sujets de recherche émergents relatifs à la cryptographie post-quantique.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 3566 ou MAT 2543 et 12 crédits de cours universitaires en mathématiques (MAT) de niveau 3000 ou supérieur (ou la permission de l'instructeur).

**MAT 4771 Probabilités appliquées (3 crédits)**

Introduction aux processus aléatoires, du point de vue des processus de Markov. Révision des fondements des probabilités, des théorèmes-limites et du conditionnement. Le processus de Poisson. Théorèmes-limites pour les processus régénératifs. Processus de Markov à temps discret et continu. Processus de Markov cachés sur espace d'états finis. Applications choisies parmi : le traitement du signal, les files d'attente, les sciences économiques, la finance et l'actuariat.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 2771, (MAT 2541 ou MAT 2742).

**MAT 4772 Mathématiques financières (3 crédits)**

Révision de l'espérance conditionnelle et une introduction aux martingales, temps d'arrêts et l'enveloppe de Snell. Taux d'intérêt et valeur actuelle, évaluation d'option en temps discret. Révision de la loi normale multivariée avec des applications à la théorie du portefeuille de Markovitz. Une introduction au mouvement brownien et la formule Black-Scholes pour des options européennes.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 2775, MAT 3572

**MAT 4773 Mathématiques de l'apprentissage automatique (3 crédits)**

Analyse discriminante, analyse en composantes principales, machines à vecteurs de support; espaces de Hilbert à noyau reproduisant et méthodes à noyaux; réseaux neuronaux; théorie VC, apprentissage PAC. Sujets supplémentaires comme par exemple: modélisation bayésienne, apprentissage de variétés, boosting.

**Volet :** Cours magistral

Prerequisite: MAT 2522, MAT 2771, MAT 2775, MAT 3773.

**MAT 4774 Statistique computationnelle (3 crédits)**

Processus pour les tâches computationnelles. Intégration numérique et par Monte Carlo (méthode de rejet, échantillonnage préférentiel et applications aux chaînes de Markov Monte Carlo). Techniques d'optimisation telles que l'algorithme espérance-maximisation et l'algorithme du gradient. Estimation de l'erreur au moyen du bootstrap et de la validation croisée. Etudes par simulation. Programmation statistique et utilisation de logiciels de statistique. Autres sujets à la discrétion du professeur.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 3572, (MAT 3773 ou MAT 3775).

**MAT 4775 Méthodes de statistique multidimensionnelle (3 crédits)**

Vecteurs et matrices aléatoires. Loi normale multivariée et ses propriétés. Inférence dans le cadre de la loi normale multivariée: estimation, tests d'hypothèses. Analyse en composantes principales. Classification. Analyse discriminante. Corrélation canonique. Analyse des données à l'aide de logiciels de statistique.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : (MAT 2541 ou MAT 2742), MAT 3775.

**MAT 4776 Chapitres choisis de statistique (3 crédits)**

Chapitres choisis en statistique.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 2775 (des préalables supplémentaires peuvent s'appliquer selon le sujet du cours).

**MAT 4777 Chapitres choisis en probabilités appliquées (3 crédits)**

Chapitres choisis en probabilités.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 2771 (des préalables supplémentaires peuvent s'appliquer selon le sujet du cours).

**MAT 4778 Analyse des données catégoriques (3 crédits)**

Analyse des tableaux de contingence à plusieurs facteurs. Tests d'hypothèses sur les proportions: échantillons dépendants, indépendants et test de tendance. Mesures de risque et d'association. Plans d'expérience conduisant aux données catégorielles. Modèle logistique pour les données binaires. Modèles log-linéaires pour des tableaux de contingences multidimensionnels. Autres sujets choisis parmi les suivants: régression logistique multinomiale, régression ordinale. Analyse des données à l'aide de logiciels de statistique.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 3775.

**MAT 4779 Échantillonnage (3 crédits)**

Populations finies et paramètres de populations finies, plan d'échantillonnage, échantillonnage aléatoire simple, échantillonnage systématique, échantillonnage de Bernoulli, échantillonnage stratifié, répartition de l'échantillon, estimation du total et d'une moyenne d'un domaine, estimation d'un ratio, estimateur par le ratio, estimateur post-stratifié, estimateur par la différence, estimateur par la régression linéaire simple, plans à un et à deux degrés, traitement des données manquantes. Analyse de données à l'aide de logiciels de statistique

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 2771, MAT 3775.

### **MAT 4780 Régression avancée (3 crédits)**

Sujets choisis en régression linéaire : observations influentes, points de levier, choix de modèles, comparaison de modèles. Méthodes de régularisation : régression ridge, régression lasso. Régression robuste : valeur aberrante, point de rupture, fonction d'influence, M-estimateurs. Régression non paramétrique et méthodes de lissage : régression à noyau, régression polynomiale, fonctions splines à lissage. Autres sujets choisis par le professeur.

**Volet** : Cours magistral

Préalable : MAT 3775.

### **MAT 4781 Inférence Bayésienne (3 crédits)**

Introduction à la théorie et la pratique de l'inférence bayésienne moderne. Choix de lois a priori et calcul de la loi a posteriori pour les modèles avec un et plusieurs paramètres. Approches computationnelles pour l'inférence bayésienne telle que les chaînes de Markov Monte Carlo et échantillonneur de Gibbs. Modèles hiérarchiques et régression linéaire dans un cadre bayésienne. Utilisation d'un logiciel statistique.

**Volet** : Cours magistral

Préalables : MAT 2742, MAT 3775.

### **MAT 4782 Modèles linéaires généralisés (3 crédits)**

Famille exponentielle. Test du rapport de vraisemblance, test de Wald et test du multiplicateur de Lagrange. Construction et évaluation des modèles y compris : déviance, l'ajustement, la prévision et la classification, multicollinéarité. Régression logistique. Régression de Poisson, sur-dispersion. Modèles log-linéaires. Autres sujets choisis par le professeur. Analyse de données à l'aide de logiciels de statistique.

**Volet** : Cours magistral

Préalable : MAT 3775.

### **MAT 4783 Laboratoire de statistique (3 crédits)**

Ce cours offre aux étudiants l'occasion d'appliquer à des données réelles les techniques statistiques et la théorie apprises dans leur programme. Grâce à des études de cas, les étudiants proposeront et mettront en œuvre des solutions à des problèmes issus de la pratique. Les travaux de cours comprendront des discussions en classe, du travail en équipe, des méthodes de recherche et de lecture d'articles scientifiques, d'analyse exploratoire de données, de formulation de plans d'analyse statistique, d'analyse de données, de gestion de projet et les flux de travail reproductibles, d'interprétation des résultats de l'analyse statistique, de rédaction de rapports d'analyse statistique et de présentations orales.

**Volet** : Cours magistral

Préalables : MAT 3575, MAT 3775 et six crédits de cours parmi MAT 3778, MAT 3779, MAT 4774, MAT 4775, MAT 4778, MAT 4780, MAT 4782. Réservé aux étudiants inscrits au B.Sc. spécialisé en statistique de 4e année.

### **MAT 4784 Fondements mathématiques de la gestion des risques (3 crédits)**

Concepts et outils mathématiques liés à la gestion de risques financiers. Application de méthodes statistiques et de concepts probabilistes pour modéliser, mesurer et estimer les risques financiers. Gestion de portefeuille/MÉDAF, mesures de risque et de performance (cohérence, valeur à risque, perte excessive espérée, Bâle III), séries chronologiques financières (modélisation de la volatilité, estimation), modèles multivariés (copules, modèles de mélange, distributions elliptiques), tests rétro-actifs de validité et tests de résistance.

**Volet** : Cours magistral

Préalables : MAT 2775, MAT 3572, MAT 3775.

### **MAT 4786 Introduction aux processus stochastiques (3 crédits)**

Processus stochastiques : définitions et classification. Introduction aux chaînes de Markov à temps continu et discret, processus de Poisson. Sujets choisis parmi : processus de renouvellement, processus de branchement, martingales à temps discret, Introduction au mouvement brownien; sujets supplémentaires au choix de l'enseignant.

**Volet** : Cours magistral

Préalables : (MAT 2541 ou MAT 2742), MAT 3572.

### **MAT 4787 Théorie et pratique de l'optimisation (3 crédits)**

Problèmes d'optimisation, programmation non linéaire, optimisation sans contraintes, convexité et coercitivité, théorèmes d'existence, méthode de Newton et méthode du gradient, optimisation avec contraintes, méthode du gradient avec projections, relations de Kuhn-Tucker, dualité, méthode d'Uzawa. Programmation linéaire, méthode du simplexe.

**Volet** : Cours magistral

Préalables : (MAT 2724 ou MAT 2784), (MAT 2521 ou (MAT 2520, MAT 2722) ou (MAT 2522, MAT 2525).

### **MAT 4799 Chapitres choisis en mathématiques (3 crédits)**

Travaux sur des sujets avancés.

**Volet** : Cours magistral

Préalable : 24 crédits de cours MAT de niveau 3000 ou supérieur.

### **MAT 4900 Projet de recherche de premier cycle / Undergraduate Research Project (3 crédits / 3 units)**

L'étudiant(e) réalisera un projet de recherche d'un semestre sous la supervision d'un ou plusieurs membres du département. L'étudiant(e) écrira un rapport sur sa recherche et présentera un séminaire sur le sujet de son projet et sa contribution. Ce cours est conçu pour l'étudiant(e) intéressé(e) à poursuivre des études supérieures. / The student will undertake a one-semester project carried out under the supervision of one or more faculty members in the department. The student will write a report and present a seminar on some aspect of the research and his/her participation. This course is intended for students interested in pursuing graduate studies.

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

Préalables : L'étudiant ou l'étudiante doit être en 4<sup>ème</sup> année dans un programme spécialisé en mathématiques ou en statistique, avoir une MPC d'au moins 7.0 et obtenir la permission du Département. / Prerequisites: Student must be in the 4th year of an Honours program in Mathematics or Statistics, with a minimum CGPA of 7.0, and obtain the permission of the Department.

### **MAT 4992 Séminaire / Seminar (3 crédits / 3 units)**

Exposé par les étudiants sur des sujets choisis. / Student presentation of selected topics.

**Volet / Course Component:** Cours magistral / Lecture

Préalables : (9 crédits parmi MAT 3520, MAT 3521, MAT 3541, MAT 3543) ou (9 crédits parmi MAT 3520, MAT 3521, MAT 3543, MAT 3741). / Prerequisites: (9 credits from MAT 3120, MAT 3121, MAT 3141, MAT 3143) or (9 credits from MAT 3120, MAT 3121, MAT 3143, MAT 3341).

### **MAT 4995 Thèmes choisis en mathématiques / Special Topics in Mathematics (3 crédits / 3 units)**

Travaux sur des sujets avancés. / Selected advanced topics.

**Volet / Course Component:** Cours magistral / Lecture

Préalable : 12 crédits de cours en mathématiques (MAT) de niveau 3000 ou supérieur. Des préalables supplémentaires peuvent s'appliquer selon le sujet du cours. / Prerequisite: 12 course units in mathematics (MAT) at the 3000 level or above. Additional prerequisites may be imposed depending on the topic

**MAT 4996 Thèmes choisis en mathématiques appliquées / Special Topics in Applied Mathematics (3 crédits / 3 units)**

Sujets approfondis de mathématiques appliquées. / Selected advanced topics in applied mathematics.

**Volet / Course Component:** Cours magistral / Lecture

**Prerequisite:** Approval of the instructor.

**MAT 5105 Discrete Applied Mathematics I: Gra. Theory (3 units)**

Paths and cycles, trees, connectivity, Euler tours and Hamilton cycles, edge colouring, independent sets and cliques, vertex colouring, planar graphs, directed graphs. Selected topics from one or more of the following areas: algebraic graph theory, topological theory, random graphs. This course is equivalent to MATH 5818 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5106 Combinatorial Optimization (3 units)**

Network flow theory and related material. Topics will include shortest paths, minimum spanning trees, maximum flows, minimum cost flows. Optimal matching in bipartite graphs. This course is equivalent to MATH 5808 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5107 Discrete Applied Mathematics II: Combinatorial Enumeration (3 units)**

Ordinary and exponential generating functions; product formulas; permutations; partitions; rooted trees; cycle index; WZ method. Lagrange Inversions; singularity analysis of generating functions and asymptotics. Selected topics from one or more of the following areas: random graphs, random combinatorial structures, hypergeometric functions. This course is equivalent to MATH 5819 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5121 Introduction to Hilbert Space (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5009 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5122 Banach Algebras (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5003 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5125 Real Analysis I (3 units)**

General measure and integral, Lebesgue measure and integration on  $\mathbb{R}$ , Fubini's theorem, Lebesgue-Radon-Nikodym theorem, absolute continuity and differentiation,  $L_p$ -Spaces. Selected topics such as Daniell-Stone theory. This course is equivalent to MATH 5007 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**Prerequisites:** MAT 3120 (MATH 3001).

**MAT 5126 Real Analysis II (3 units)**

Banach and Hilbert spaces, bounded linear operators, dual spaces. Topics selected from: weak- and weak-topologies, Alaoglu's theorem, compact operators, differential calculus in Banach spaces, Riesz representation theorems. This course is equivalent to MATH 5008 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**Prerequisite:** MAT 5125 (MATH 5007).

**MAT 5127 Complex Analysis (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5005 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5131 Ordinary Differential Equations I (3 units)**

One or two specialized Linear systems, fundamental solution. Nonlinear systems, existence and uniqueness, flow. Equilibria, periodic solutions, stability. Invariant manifolds and hyperbolic theory. topics taken from, but not limited to: perturbation and asymptotic methods, normal forms and bifurcations, global dynamics. This course is equivalent to MATH 5405 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5133 Partial Differential Equations I (3 units)**

First-order equations, characteristics method, classification of second-order equations, separation of variables, Green's functions.  $L_p$  and Sobolev spaces, distributions, variational formulation and weak solutions, Lax-Milgram theorem, Galerkin approximation. Parabolic PDEs. Wave equations, hyperbolic systems, nonlinear PDEs, reaction diffusion equations, infinite-dimensional dynamical systems, regularity. This course is equivalent to MATH 5406 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Permission of the Department is required.

**MAT 5134 Topics in Differential Equations (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5407 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5141 Algebra I: Rings and Modules (3 units)**

Noetherian and artinian modules and rings. Algebraic sets, vanishing ideals, Hilbert Basis Theorem, radical ideals, Hilbert Nullstellensatz. Localization of rings and modules. Tensor product of modules and algebras. Semisimple rings and modules, Schur's lemma, Jacobson Density Theorem, Artin-Wedderburn Theorem. Short exact sequences, free modules, projective modules, injective modules, flat modules. This course is equivalent to MATH 5107 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5142 Algebra II: Groups and Galois Theory (3 units)**

Group actions, class equation, Sylow theorems, central, composition and derived series, Jordan-Hölder theorem, field extensions and minimal polynomials, algebraic closure, separable extensions, integral ring extensions, Galois groups, fundamental theorem of Galois theory, finite fields, cyclotomic field extensions, fundamental theorem of algebra, transcendental extensions. This course is equivalent to MATH 5109 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5143 Lie Algebras (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5104 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5144 Commutative Algebra (3 units)**

Prime spectrum of a commutative ring (as a topological space); localization of rings and modules; tensor product of modules and algebras; Hilbert's Nullstellensatz and consequences for finitely generated algebras; Krull dimension of a ring; integral dependence, going-up, going-down; Noether Normalization Lemma and dimension theory for finitely generated algebras over a field; noetherian rings and Hilbert Basis Theorem; introduction to affine algebraic varieties and their morphisms. This course is equivalent to MATH 5001 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5145 Group Theory (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5106 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5146 Rings and Modules (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5103 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5147 Homological Algebra and Category Theory (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5108 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5148 Groups Representations and Applications (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5102 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5149 Algebraic Geometry (3 units)**

Brief overview of commutative algebra, Hilbert's Nullstellensatz, algebraic sets, and Zariski topology. Affine and projective varieties over algebraically closed fields. Regular functions and rational maps. Additional topics chosen from: the relation of varieties over complex numbers to complex analytic manifolds, genus, divisors, line bundles, Riemann-Roch Theorem, Bézout's Theorem. This course is equivalent to MATH 5002 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5150 Topics in Geometry (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5201 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5151 Topology I (3 units)**

Topological spaces, product and identification topologies, countability and separation axioms, compactness, connectedness, homotopy, fundamental group, net and filter convergence. This course is equivalent to MATH 5205 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5152 Topology II (3 units)**

Covering spaces, homology via the Eilenberg-Steenrod axioms, applications, construction of a homology functor. This course is equivalent to MATH 5206 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 3143 and MAT 5151 (MATH 3100 and MATH 5205).

**MAT 5155 Differentiable Manifolds (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5208 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5158 Lie Groups (3 units)**

This course is equivalent to MATH 6104 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5160 Mathematical Cryptography (3 units)**

Analysis of cryptographic methods used in authentication and data protection, with particular attention to the underlying mathematics, e.g. Algebraic Geometry, Number Theory, and Finite Fields. Advanced topics on Public-Key Cryptography: RSA and integer factorization, Diffie-Hellman, discrete logarithms, elliptic curves. Topics in current research. This course is equivalent to MATH 5300 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: undergraduate honours algebra, including group theory and finite fields.

**MAT 5161 Mathematical Logic (3 units)**

A basic graduate course in mathematical logic. Propositional and Predicate logic, Proof theory, Gentzen's Cut-Elimination, Completeness, Compactness, Henkin models, model theory, arithmetic and undecidability. Special Topics (time permitting) depending on interests of instructor and audience. This course is equivalent to MATH 5301 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: Honours undergraduate algebra, analysis and topology (or permission of the instructor).

**MAT 5162 Mathematical Foundations of Computer Science (3 units)**

Foundations of functional languages, lambda calculi (typed, polymorphically typed, untyped), Curry-Howard Isomorphism, proofs-as-programs, normalization and rewriting theory, operational semantics, type assignment, introduction to denotational semantics of programs, fixed-point programming. Topics chosen from: denotational semantics for lambda calculi, models of programming languages, complexity theory and logic of computation, models of concurrent and distributed systems, etc. This course is equivalent to MATH 6807 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: Honours undergraduate algebra and either topology or analysis. Some acquaintance with Logic useful.

**MAT 5163 Analytic Number Theory (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5305 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5164 Algebraic Number Theory (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5306 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5165 Theory of Automata (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5605 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5167 Formal Language and Syntax Analysis (3 units)**

This course is equivalent to MATH/COMP 5807 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5168 Homology Theory (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5202 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5169 Foundations of Geometry (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5207 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5170 Probability Theory I (3 units)**

Probability spaces, random variables, expected values as integrals, joint distributions, independence and product measures, cumulative distribution functions and extensions of probability measures, Borel-Cantelli lemmas, convergence concepts, independent identically distributed sequences of random variables. This course is equivalent to STAT 5708 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 3120, MAT 3172 (MATH 3001, MATH 3500).

**MAT 5171 Probability Theory II (3 units)**

Laws of large numbers, characteristic functions, central limit theorem, conditional probabilities and expectation, basic properties and convergence theorems for martingales, introduction to Brownian motion. This course is equivalent to STAT 5709 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 5170.

**MAT 5172 Topics in Stochastic Processes (3 units)**

This course is equivalent to STAT 5508 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5173 Stochastic Analysis (3 units)**

Brownian motion, continuous martingales and stochastic integration. This course is equivalent to STAT 5604 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5174 Network Performance (3 units)**

The course will focus on advanced techniques in performance evaluation of large complex networks. Topics may include classical queueing theory and simulation analysis; models of packet networks; loss and delay systems; blocking probabilities. This course is equivalent to STAT 5704 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: Some familiarity with probability and stochastic processes and queueing, or permission of the instructor.

**MAT 5175 Robust Statistical Inference (3 units)**

This course is equivalent to STAT 5506 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5176 Advanced Statistical Inference (3 units)**

Pure significance tests; uniformly most powerful unbiased and invariant tests; asymptotic comparison of tests; confidence intervals; large sample theory of likelihood ratio and chi-square tests; likelihood inference; Bayesian inference. Topics such as empirical Bayes inference, fiducial and structural inference, resampling methods. This course is equivalent to STAT 5507 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5177 Multivariate Normal Theory (3 units)**

This course is equivalent to STAT 5500 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5180 Numerical Analysis for Differential Equations (3 units)**

Floating pointing arithmetic; numerical solution of ordinary differential equations; finite difference methods for partial differential equations; stability, consistency and convergence: von Neumann analysis, Courant-Friedrichs-Lewy condition, Lax theorem; finite element methods: boundary value problems and elliptic partial differential equations; spectral and Pseudo-spectral methods. This course is equivalent to MATH 5806 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5181 Data Mining I (3 units)**

Visualization and knowledge discovery in massive datasets; unsupervised learning: clustering algorithms; dimension reduction; supervised learning: pattern recognition, smoothing techniques, classification. Computer software will be used. This course is equivalent to STAT 5703 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5182 Modern Applied and Computational Statistics (3 units)**

Resampling and computer intensive methods: bootstrap, jackknife with applications to bias estimation, variance estimation, confidence intervals, and regression analysis. Smoothing methods in curve estimation; statistical classification and pattern recognition: error counting methods, optimal classifiers, bootstrap estimates of the bias of the misclassification error. This course is equivalent to STAT 5702 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5185 Asymptotic Methods of Applied Mathematics (3 units)**

Asymptotic series: properties, matching, application to linear and nonlinear differential equations. Asymptotic expansion of integrals: elementary methods, methods of Laplace, Stationary Phase and Steepest Descent, Watson's Lemma, Riemann-Lebesgue Lemma. Perturbation methods: regular and singular perturbation for differential equations, multiple scale analysis, boundary layer theory, WKB theory. This course is equivalent to MATH 5408 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5187 Topics in Applied Mathematics (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5403 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5190 Mathematical Statistics I (3 units)**

Statistical decision theory; likelihood functions; sufficiency; factorization theorem; exponential families; UMVU estimators; Fisher's information; Cramer-Rao lower bound; maximum likelihood and moment estimation; invariant and robust point estimation; asymptotic properties; Bayesian point estimation. This course is equivalent to STAT 5600 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 3172, MAT 3375. The courses MAT 5190, MAT 5375 cannot be combined for credits.

**MAT 5191 Mathematical Statistics II (3 units)**

Confidence intervals and pivots; Bayesian intervals; optimal tests and Neyman-Pearson theory; likelihood ratio and score tests; significance tests; goodness-of-fit tests; large sample theory and applications to maximum likelihood and robust estimation. This course is equivalent to STAT 5501 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 5190.

**MAT 5192 Sampling Theory and Methods (3 units)**

Unequal probability sampling with and without replacement; unified theory of standard errors; prediction approach; ratio and regression estimation; stratification and optimal designs; multistage cluster sampling; double sampling; domains of study; post-stratification; non-response; measurement errors. Related topics. This course is equivalent to STAT 5502 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5193 Linear Models (3 units)**

Theory of non-full-rank linear models: estimable functions, best linear unbiased estimators, hypothesis testing, confidence regions; multi-way classification; analysis of covariance; variance component models: maximum likelihood estimation, MINQUE, ANOVA methods. Miscellaneous topics. This course is equivalent to STAT 5503 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: MAT 4175 (MATH 4500) or MAT 5190 (STAT 5600).

**MAT 5194 Stochastic Processes and Times Series Analysis (3 units)**

This course is equivalent to STAT 5504 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5195 Design of Experiments (3 units)**

Overview of linear model theory; orthogonality; randomized block and split plot designs; Latin square designs; randomization theory; incomplete block designs; factorial experiments; confounding and fractional replication; response surface methodology. Miscellaneous topics. This course is equivalent to STAT 5505 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: MAT 3375 and MAT 3376 or MAT 5190 (STAT 3505 and STAT 4500 or STAT 5600).

**MAT 5196 Multivariate Analysis (3 units)**

This course is equivalent to STAT 5509 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5197 Stochastic Optimization (3 units)**

Topics chosen from stochastic dynamic programming, Markov decision processes, search theory, optimal stopping. This course is equivalent to STAT 5601 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisite: STAT 3506 or MAT 4371.

**MAT 5198 Stochastic Models (3 units)**

Markov systems, stochastic networks, queuing networks, spatial processes, approximation methods in stochastic processes and queuing theory. Applications to the modelling and analysis of computer-communications systems and other distributed networks. This course is equivalent to MATH 5701 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5301 Topics in Combinatorial Mathematics (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5609 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5303 Linear Optimization (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5801 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5304 Nonlinear Optimization (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5803 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5307 Topics in Operations Research (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5804 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5308 Topics in Algorithm Design (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5805 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5309 Harmonic Analysis on Groups (3 units)**

This course is equivalent to MATH 6002 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5312 Topics in Topology (3 units)**

This course is equivalent to MATH 6201 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5313 Topics in Probability and Statistics (3 units)**

This course is equivalent to MATH 6507 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5314 Topics in Probability and Statistics (3 units)**

This course is equivalent to STAT 6508 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5315 Advanced Design of Surveys (3 units)**

**Course Component:** Lecture

**MAT 5317 Analysis of Categorical Data (3 units)**

Analysis of one-way and two-way tables of nominal data; multi-dimensional contingency tables, log-linear models; tests of symmetry, marginal homogeneity in square tables; incomplete tables; tables with ordered categories; fixed margins, logistic models with binary response; measures of association and agreement; biological applications. This course is equivalent to STAT 5602 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5318 Reliability and Survival Analysis (3 units)**

This course is equivalent to STAT 5603 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5319 Topics in Probability and Statistics (3 units)**

This course is equivalent to MATH 6507 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5324 Game Theory (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5607 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5325 Topics in Information and Systems Science (3 units)**

This course is equivalent to MATH 5802 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5326 Topics in Analysis (3 units)**

This course is equivalent to MATH 6008 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5327 Topics in Algebra (3 units)**

This course is equivalent to MATH 6101 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5328 Topics in Analysis (3 units)**

This course is equivalent to MATH 6008 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5329 Topics in Analysis (3 units)**

This course is equivalent to MATH 6009 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5330 Topics in Algebra (3 units)**

This course is equivalent to MATH 6102 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5331 Topics in Algebra (3 units)**

This course is equivalent to MATH 6103 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5341 Quantum Computing (3 units)**

Space of quantum bits; entanglement. Observables in quantum mechanics. Density matrix and Schmidt decomposition. Quantum cryptography. Classical and quantum logic gates. Quantum Fourier transform. Shor's quantum algorithm for factorization of integers. This course is equivalent to MATH 5821 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5343 Mathematical Aspects of Wavelets and Digital Signal Processing (3 units)**

Lossless compression methods. Discrete Fourier transform and Fourier-based compression methods. JPEG and MPEG. Wavelet analysis. Digital filters and discrete wavelet transform. Daubechies wavelets. Wavelet compression. This course is equivalent to MATH 5822 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

Prerequisites: Linear algebra and Fourier series

**MAT 5361 Topics in Mathematical Logic (3 units)**

This course is equivalent to MATH 6806 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

**MAT 5375 Introduction to Mathematical Statistics (3 units)**

Limit theorems; sampling distributions; parametric estimation; concepts of sufficiency and efficiency; Neyman-Pearson paradigm, likelihood ratio tests; parametric and non-parametric methods for two-sample comparisons; notions of experimental design, categorical data analysis, the general linear model, decision theory and Bayesian inference. This course is essential for students in applied statistics. This course is equivalent to STAT 5610 at Carleton University.

**Course Component:** Lecture

The courses MAT 5190, MAT 5375 cannot be combined for credits.

**MAT 5505 Mathématiques discrètes appliquées I : Théorie des graphes (3 crédits)**

Chemins et cycles, arbres, connexité, parcours eulériens et cycles hamiltoniens, coloration des arêtes, ensembles indépendants et cliques, coloration des sommets, graphes planaires, graphes orientés. Sujets choisis parmi les thèmes suivants : théorie algébrique des graphes, théorie topologique des graphes, graphes aléatoires. Ce cours est équivalent à MATH 5818 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5506 Optimisation combinatoire (3 crédits)**

Théorie des flots et thèmes voisins. On traitera parmi d'autres les sujets suivants : chemins minimaux, arbres générateurs de coût minimal, flots de coût maximal, flots de coût minimal. Couplage optimal dans les graphes bipartis. Ce cours est équivalent à MATH 5808 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5507 Mathématiques discrètes appliquées II : Énumération combinatoire (3 crédits)**

Fonctions génératrices ordinaires et exponentielles; formules de produit; permutations; partitions; arborescences; indice de cycle; méthode WZ. Inversion de Lagrange; analyse des singularités des fonctions génératrices et leur comportement asymptotique. Sujets choisis parmi les thèmes suivants : graphes aléatoires, structures combinatoires aléatoires, fonctions hypergéométriques. Ce cours est équivalent à MATH 5819 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5521 Introduction aux espaces hilbertiens (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5009 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5522 Algèbres de banach (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5003 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5525 Analyse réelle I (3 crédits)**

Mesure et intégration, mesure de Lebesgue et intégration sur  $\mathbb{R}$ , théorème de Fubini, théorème de Lebesgue-Radon-Nikodym, continuité absolue et dérivation, espaces  $L_p$ . Chapitres choisis comme par exemple la théorie de Stone-Daniell. Ce cours est équivalent à MATH 5007 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 3520 (MATH 3001).

**MAT 5526 Analyse réelle II (3 crédits)**

Espaces de Banach et de Hilbert, opérateurs linéaires bornés, espaces duals. Chapitres choisis parmi les suivants : topologies faibles, théorème d'Alaoglu, opérateurs compacts, calcul différentiel dans les espaces de Banach, théorèmes de représentation de Riesz. Ce cours est équivalent à MATH 5008 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

Prerequisite for MAT 5526

**MAT 5527 Analyse complexe (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5005 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5531 Équations différentielles ordinaires I (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5405 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5533 Équations aux dérivées partielles I (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5406 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

Prerequisite: An intermediate level course on Ordinary Differential Equations such as MAT 3130 Dynamical Systems or equivalent, or the permission of the School or Department.

**MAT 5534 Équations différentielles : Chapitres choisis (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5407 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5541 Algèbre I: Anneaux et modules (3 crédits)**

Modules et anneaux noethériens et artiniens. Ensembles algébriques, leurs idéaux, théorème de base de Hilbert, idéaux radicaux, Hilbert Nullstellensatz. Localisation des anneaux et des modules. Produit tensoriel des modules et des algèbres. Anneaux et modules semi-simples, le lemme de Schur, le théorème de densité de Jacobson, le théorème d'Artin-Wedderburn. Suites exactes courtes, modules libres, modules projectifs, modules injectifs, modules plats. Ce cours est équivalent à MATH 5107 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5542 Algèbre II: Groupes et la théorie de Galois (3 crédits)**

Actions de groupes, formule des classes, théorèmes de Sylow, séries centrales, de composition et dérivées, théorème de Jordan-Hölder, extensions de corps et polynômes minimaux, fermeture algébrique, extensions séparables, intégralité, groupes de Galois, théorème fondamental de la théorie de Galois, corps finis, extensions cyclotomiques, théorème fondamental de l'algèbre, extensions transcendentes. Ce cours est équivalent à MATH 5109 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5543 Algèbre de lie (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5104 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5544 Algèbre commutative (3 crédits)**

Spectre premier d'un anneau commutatif (comme espace topologique); localisation des anneaux et des modules; produit tensoriel des modules et algèbres; théorème des zéros de Hilbert et conséquences pour les algèbres de type fini sur un corps; dimension de Krull d'un anneau; dépendance intégrale, théorèmes de « going-up » et « going-down »; lemme de normalisation de Noether et théorie de la dimension dans les algèbres de type fini sur un corps; anneaux noethériens et théorème « de la base » de Hilbert; introduction aux variétés algébriques affines et à leurs morphismes.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5545 Théorie des groupes (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5106 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5546 Anneaux et modules (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5103 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5547 Algèbre homologique et théorie des catégories (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5108 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5548 Représentation de groupes et applications (3 crédits)**

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5549 Géométrie algébrique (3 crédits)**

Quelques notions d'algèbre commutative, théorème des zéros de Hilbert, ensembles algébriques, topologie de Zariski. Variétés affines et projectives sur un corps algébriquement clos. Fonctions régulières et applications rationnelles. Sujets choisis parmi : la relation entre les variétés algébriques complexes et les variétés analytiques complexes; genres; diviseurs; fibrés en droites; Théorèmes de Riemann-Roch et de Bézout.

**Volet :** Cours magistral

Prerequisite: MAT 3143

**MAT 5551 Topologie I (3 crédits)**

Espaces topologiques; topologie produit et topologie quotient; axiomes de dénombrabilité et axiomes de séparation; espaces compacts, connexes; homotopie, groupe fondamental; convergence des filtres et des suites généralisées. Ce cours est équivalent à MATH 5205 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

Prerequisite: MAT 3153 (MATH 3001).

**MAT 5552 Topologie II (3 crédits)**

Revêtements, homologie (axiomes d'Eilenberg-Steenrod), applications, construction d'une théorie de l'homologie. Ce cours est équivalent à MATH 5206 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

Prerequisites: MAT 3143 and MAT 5151 (MATH 3100 and MATH 5205).

**MAT 5555 Variétés différentielles (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5208 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5558 Groupes de Lie I (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 6104 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5565 Théorie des automates I (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5605 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5567 Langages formels et analyse syntactique (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH/COMP 5807 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5568 Homologie (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5202 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5570 Théorie des probabilités I (3 crédits)**

Espaces probabilisés, variables aléatoires, l'espérance mathématique définie comme une intégrale, lois conjointes, indépendance et mesure produit, répartitions et extensions de mesures de probabilité, lemmes de Borel-Cantelli, notions de convergence, suites de variables aléatoires indépendantes et équidistribuées. Ce cours est équivalent à STAT 5708 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 3520, MAT 3572 (MATH 3001, MATH 3500).

**MAT 5571 Théorie des probabilités II (3 crédits)**

Lois des grands nombres, fonctions caractéristiques, théorème-limite central, probabilité et espérance conditionnelles, propriétés élémentaires et théorèmes de convergence des martingales, introduction au mouvement brownien. Ce cours est équivalent à MATH 5709 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

Prerequisite: MAT 5170 (STAT 5708).

**MAT 5572 Processus stochastique : Chapitres choisis (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à STAT 5508 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5576 Inférence statistique (3 crédits)**

Tests de signification pure; tests uniformément les plus puissants sans biais et sans variance; comparaison asymptotique des tests; intervalles de confiance; théorie des grands échantillons et tests du carré chi; inférence de la vraisemblance; inférence de Bayes; inférence empirique de Bayes; induction fiduciaire et structurale; méthodes de répétition de l'échantillonnage. Ce cours est équivalent à STAT 5507 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 4170 ou l'équivalent, et MAT 5191.

**MAT 5577 Analyse multivariée normale (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à STAT 5500 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5580 Analyse numérique I pour les équations différentielles (3 crédits)**

Arithmétique des nombres à virgule flottante; solution numérique des équations différentielles ordinaires; méthode des différences finies pour les équations aux dérivées partielles; stabilité, consistance et convergence : analyse de von Neumann, condition de Courant-Friedrichs-Lewy, théorème de Lax; méthode des éléments finis : problèmes aux limites et équations aux dérivées partielles elliptiques; méthodes Spectrale et Pseudo-Spectrale.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5590 Statistique mathématiques I (3 crédits)**

Théorie de la décision statistique; fonctions de vraisemblance; suffisance; théorème de factorisation; familles exponentielles; Estimateurs UMVU; Fonction d'information de Fisher; Limite inférieure de Cramer-Rao; maximum de vraisemblance et estimation du moment; estimation ponctuelle invariante et robuste; propriétés asymptotiques; Estimation ponctuelle bayésienne. Ce cours est équivalent au cours STAT 5600 à l'Université Carleton.

**Volet :** Cours magistral

Préalables : MAT 3172, MAT 3375. Les cours MAT 5775, MAT 5190 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

**MAT 5591 Statistique mathématiques II (3 crédits)**

Intervalles de confiance et pivots; Intervalles bayésiens; tests optimaux et théorie de Neyman-Pearson; tests de vraisemblance et de Rao score; tests de signification; tests d'adéquation; théorie basée sur de grands échantillons et applications au maximum de vraisemblance et estimation robuste. Ce cours est équivalent à STAT 5501 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : MAT 5590.

**MAT 5593 Modèles linéaires (3 crédits)**

Théorie des modèles linéaires des rangs non-exhaustifs : fonctions estimables, meilleurs estimateurs linéaires sans biais, vérification des hypothèses, régions de confiance; classification multidimensionnelle; analyse de la covariance; modèles de composantes de variance; méthode du maximum de vraisemblance; méthode MINQUE, ANOVA; sujets divers. Ce cours est équivalent à STAT 5503 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

Prerequisite for MAT 5593

**MAT 5595 Plan d'expériences (3 crédits)**

Aperçu de la théorie du modèle linéaire; orthogonalité; blocs complets avec randomisation totale, plans split plot; plans de carré latin; théorie du caractère aléatoire; plans de blocs incomplets; expériences factorielles; la théorie de la randomisation; les effets confondus et la replication fractionnelle; méthodologie de la surface de réponse; sujets divers.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5596 Analyse multivariée (3 crédits)**

Cours visant à donner à l'étudiant la possibilité d'entreprendre de la recherche mathématique dans le contexte d'un projet en collaboration avec un organisme parrain des secteurs public ou privé. Inclut des séminaires sur des sujets pertinents au projet de l'étudiant. Note finale de S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant) décidée par le professeur responsable du cours en consultation avec le superviseur du stage, fondée sur le contenu mathématique et sur la présentation orale et écrite des résultats. Ce cours est équivalent à STAT 5509 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

Préalable : Permission de l'Institut.

**MAT 5597 Optimisation stochastique (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à STAT 5601 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

Prerequisite: STAT 3506 or MAT 4371.

**MAT 5598 Modèles stochastiques (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 5701 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5709 Analyse harmonique sur les groupes (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 6002 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5712 Topologie : Chapitres choisis (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 6201 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5713 Topics in Probability and Statistics (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 6507 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5714 Théories problèmes et statistique (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 6508 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5715 Planification des sondages (3 crédits)**

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5726 Analyse : Chapitres choisis (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 6008 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5727 Algèbre - chapitres choisis : Introduction à la géométrie algébrique (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 6101 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5728 Analyse : Chapitres choisis (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 6008 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5729 Analyse : Chapitres choisis (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 6009 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5730 Analyse : Chapitres choisis (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 6102 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5731 Analyse : Chapitres choisis (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 6103 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5761 Logique mathématique : Chapitres choisis (3 crédits)**

Ce cours est équivalent à MATH 6806 à la Carleton University.

**Volet :** Cours magistral

**MAT 5775 Introduction à la statistique mathématique (3 crédits)**

L'inférence statistique; distributions des statistiques classiques et les théorèmes central limites qui s'y rapportent; estimation paramétrique; statistique suffisante; estimateur efficace; paradigme Neyman-Pearson, tests de rapport de vraisemblance; méthodes paramétrique et non paramétrique pour la comparaison de deux échantillons; planification des expériences, analyse des données catégoriques, modèles linéaires généralisés, théorie de la décision et inférence Bayésienne. Ce cours est essentiel au étudiant(e)s en statistique appliquée. Ce cours est équivalent au cours STAT 5610 à l'Université Carleton.

**Volet :** Cours magistral

Les cours MAT 5775, MAT 5590 ne peuvent être combinés pour l'obtention de crédits.

**MAT 5990 Séminaire / Seminar (3 crédits / 3 units)**

Ce cours est équivalent à MATH 5900 à la Carleton University. / This course is equivalent to MATH 5900 at Carleton University.

**Volet / Course Component:** Cours magistral / Lecture

**MAT 5990S M.Sc. Séminaire / Seminar M.A. (3 crédits / 3 units)**

**Volet / Course Component:** Cours magistral / Lecture

**MAT 5990T Séminaire / Seminar (3 crédits / 3 units)**

**Volet / Course Component:** Cours magistral / Lecture

**MAT 5991 Travaux dirigés / Directed Studies (3 crédits / 3 units)**

Ce cours est équivalent à MATH 5901 à la Carleton University. / This course is equivalent to MATH 5901 at Carleton University.

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 5992 Seminar in Biostatistics (3 crédits / 3 units)**

Students work in teams on the analysis of experimental data or experimental plans. The participation of experimenters in these teams is encouraged. Student teams present their results in the seminar, and prepare a brief written report on their work.

**Volet / Course Component:** Cours magistral / Lecture

**MAT 5996 Stage de recherche / Research Internship (3 crédits / 3 units)**

Cours visant à donner à l'étudiant la possibilité d'entreprendre de la recherche mathématique dans le contexte d'un projet en collaboration avec un organisme parrain des secteurs public ou privé. Inclut des séminaires sur des sujets pertinents au projet de l'étudiant. Note finale S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant), à décider par le professeur responsable du cours en consultation avec le superviseur du stage, fondée sur le contenu mathématique et sur la présentation orale et écrite des résultats. / Project-oriented course affording students the opportunity to undertake research in applied mathematics as a cooperative project with governmental or industrial sponsors. Project work and seminars on related topics. Grade S (Satisfactory) or NS (Not satisfactory) to be assigned based upon the mathematical content as well as upon the oral and written presentation of results, and to be determined by the professor in charge of the course in consultation with the internship supervisor.

**Volet / Course Component:** Cours magistral / Lecture

**MAT 6990 Séminaire / Seminar (3 crédits / 3 units)**

Ce cours est équivalent à MATH 6900 à la Carleton University. / This course is equivalent to MATH 6900 at Carleton University.

**Volet / Course Component:** Cours magistral / Lecture

**MAT 6991 Travaux dirigés / Directed Studies (3 crédits / 3 units)**

Ce cours est équivalent à MATH 6901 à la Carleton University. / This course is equivalent to MATH 6901 at Carleton University.

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 6997 Projet en mathématiques et statistique / Project in Mathematics and Statistics (6 crédits / 6 units)**

Projet en mathématiques et statistique dirigé par un professeur approuvé par le directeur des études supérieures et donnant lieu à la rédaction d'un rapport approfondi (30-40 pages approx). Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant) par le directeur du projet et un autre professeur nommé par le directeur des études supérieures en mathématiques et statistique. Le projet est normalement complété en une session. Ce cours est équivalent à MATH 5910 à la Carleton University. / Project in mathematics and statistics supervised by a professor approved by the director of graduate studies and leading to the writing of an in-depth report (approx. 30-40 pages). Graded S (Satisfactory) or NS (Not satisfactory) by the supervisor and by another professor appointed by the director of graduate studies in mathematics and statistics. The project will normally be completed in one session. This course is equivalent to MATH 5910 at Carleton University.

**Volet / Course Component:** Recherche / Research  
Permission of the Department is required.

**MAT 9900 Examen de synthèse: Analyse réelle I / Comprehensive Exam: Real Analysis I**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT 5525. Cet examen est l'examen final du cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT 5525 et MAT 5526 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5125. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5125 and MAT 5126 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9901 Examen de synthèse: Analyse réelle II / Comprehensive Exam: Real Analysis II**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT 5526. Cet examen est l'examen final du cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT 5525 et MAT 5526 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5126. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5125 and MAT 5126 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9902 Examen de synthèse: Algèbre I / Comprehensive Exam: Algebra I**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT 5541. Cet examen est l'examen final du cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT 5541 et MAT 5542 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5141. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5141 and MAT 5142 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9903 Examen de synthèse: Algèbre II / Comprehensive Exam: Algebra II**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT 5542. Cet examen est l'examen final de ce cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT 5541 et MAT 5542 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5142. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5141 and MAT 5142 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9904 Examen de synthèse: Topologie I / Comprehensive Exam: Topology I**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT 5551. Cet examen est l'examen final du cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT 5551 et MAT 5552 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5151. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5151 and MAT 5152 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9905 Examen de synthèse: Topologie II / Comprehensive Exam: Topology II**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT 5552. Cet examen est l'examen final du cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT 5551 et MAT 5552 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5152. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5151 and MAT 5152 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9906 Examen de synthèse: Équations différentielles I / Comprehensive Exam: Differential Equations I**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT 5531. Cet examen est l'examen final du cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT 5531 et MAT 5533 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5131. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5131 and MAT 5133 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9907 Examen de synthèse: Équations différentielles II / Comprehensive Exam: Differential Equations II**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT 5533. Cet examen est l'examen final du cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT 5531 et MAT 5533 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5133. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5131 and MAT 5133 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9908 Examen de synthèse: Mathématiques discrètes I / Comprehensive Exam: Discrete Mathematics I**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT 5505. Cet examen est l'examen final sur cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT 5505 et MAT 5507 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5105. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5105 and MAT 5107 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9909 Examen de synthèse: Mathématiques discrètes II / Comprehensive Exam: Discrete Mathematics II**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT5507. Cet examen est l'examen final du cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT5505 et MAT5507 dans l'année académique. Noté S (Satisfaisant) et NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5107. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5105 and MAT 5107 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9910 Examen de synthèse: Théories des probabilités I / Comprehensive Exam: Probability Theory I**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT5570. Cet examen est l'examen final du cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT 5570 et MAT5571 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) et NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5170. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5170 and MAT 5171 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9911 Examen de synthèse: Théories des probabilités II / Comprehensive Exam: Probability Theory II**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT5571. Cet examen est l'examen final du cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT5570 et MAT5571 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5171. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5170 and MAT 5171 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9912 Examen de synthèse: Statistique mathématiques I / Comprehensive Exam: Mathematical Statistics I**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT5590. Cet examen est l'examen final du cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT5590 et MAT5591 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5190. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5190 and MAT 5191 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9913 Examen de synthèse: Statistique et mathématiques II / Comprehensive Exam: Mathematical Statistics II**

Cet examen porte sur le contenu du cours MAT5591. Cet examen est l'examen final du cours et est corrigé par les professeurs qui enseignent MAT5590 et MAT5591 dans l'année académique. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / This exam covers the content of the course MAT 5191. This exam is the final exam of the course and is graded by the professors who teach MAT 5190 and MAT 5191 in the academic year. Graded S (satisfactory) or NS (not satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research

**MAT 9998 Examen de synthèse avancé / Advanced Comprehensive Examination**

Le syllabus pour l'examen de synthèse avancé est déterminé par le comité consultatif de thèse (CCT). Le syllabus devrait être fourni à l'étudiant au moins six mois avant la date de l'examen. Le syllabus doit contenir la forme, le contenu et les attentes pour l'examen de synthèse avancé. L'examen de synthèse avancé peut être écrit ou/et oral. Noté S (satisfaisant) ou NS (non satisfaisant). / The syllabus of the advanced comprehensive examination is prescribed by the thesis advisory committee (TAC). The syllabus should be given to the student at least six months before the date of the examination. The syllabus must provide the form, contents and expectations for the advanced comprehensive examination. The advanced comprehensive examination can be written and/or oral. Graded S (satisfactory) or NS (non satisfactory).

**Volet / Course Component:** Recherche / Research