PÉRIODE D'ACCRÉDITATION : 2022 / 2026

UNIVERSITE DE TOULOUSE

# SYLLABUS MASTER

# Mention Informatique

# M1 Recherche Opérationnelle Optimisation

http://www.fsi.univ-tlse3.fr/
https://departement-informatique.univ-tlse3.fr/master-mention-informatique

2026 / 2027

16 NOVEMBRE 2026

# SOMMAIRE


SCHÉMA ARTICULATION LICENCE MASTER . . . . . 3

PRÉSENTATION . . . . . 4

PRÉSENTATION DE LA MENTION . . . . . 4

Mention Informatique . . . . . 4

PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M1 Recherche Opérationnelle Optimisation 4

RUBRIQUE CONTACTS . . . . . 5

CONTACTS PARCOURS . . . . . 5

CONTACTS MENTION . . . . . 5

CONTACTS DÉPARTEMENT : FSI.Info . . . . . 5

Tableau Synthétique des UE de la formation . . . . . 6

LISTE DES UE . . . . . 9

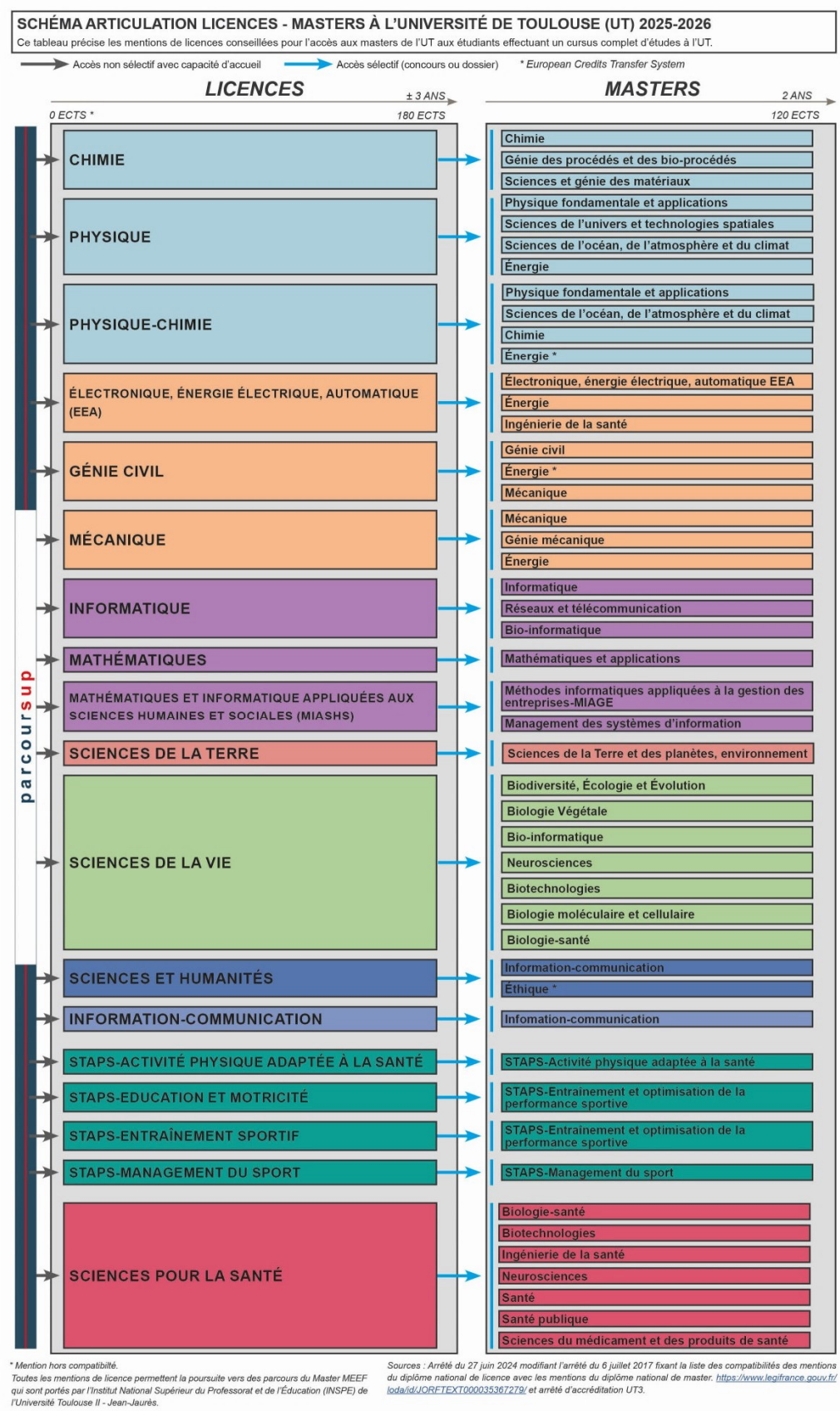
GLOSSAIRE . . . . . 26

TERMES GÉNÉRAUX . . . . . 26

TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES . . . . . 26

TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS . . . . . 27

# SCHÉMA ARTICULATION LICENCE MASTER



# PRÉSENTATION DE LA MENTION

## MENTION INFORMATIQUE

L'informatique est une discipline scientifique à l'impact sociétal de plus en plus important et partie intégrante de tout métier scientifique.
En première année de ce master, un socle de compétences communes conséquent sert de base à une spécialisation progressive.
En seconde année de ce master, année de spécialisation forte, une formation théorique et technologique de haut niveau est proposée aux étudiants, leur permettant d'accéder aux nombreux débouchés dans l'industrie de l'Informatique et de ses interactions mais aussi de poursuivre leurs études en doctorat.
L'offre de formation est déclinée autour des pôles thématiques suivants :

- Le traitement de l'information et ses infrastructures
- Le génie logiciel comme ensemble de concepts, de méthodes et d'outils de développement.
- La manipulation du contenu selon différents points de vue : analyse/synthèse de l'information, structuration et recherche d'information en intégrant la problématique des données massives.
- La représentation et le traitement des connaissances en intelligence artificielle, liens avec la robotique.
- L'interaction entre l'homme et la machine et les contraintes ergonomiques et cognitives y afférant.

# PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M1 RECHERCHE OPÉRATIONNELLE OPTIMISATION

# RUBRIQUE CONTACTS

## CONTACTS PARCOURS

### RESPONSABLE M1 RECHERCHE OPÉRATIONNELLE OPTIMISATION

SBIHI Mohamed
Email : mohammed.sbihi@enac.fr

### SECRÉTAIRE PÉDAGOGIQUE

NICOLAS Clement
Email : clement.nicolas2@univ-tlse3.fr Téléphone : 05 61 55 64 12

## CONTACTS MENTION

### RESPONSABLE DE MENTION INFORMATIQUE

MENGIN Jérôme
Email : mengin@irit.fr

ROCHANGE Christine
Email : christine.rochange@irit.fr Téléphone : 05 61 55 84 25

## CONTACTS DÉPARTEMENT: FSI.INFO

### DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT

GASQUET Olivier
Email : olivier.gasquet@univ-tlse3.fr

### SECRETARIAT DU DÉPARTEMENT

RODRIGUES Manuella
Email : manuella.rodrigues@univ-tlse3.fr Téléphone : 05 61 55 73 54

Université Paul Sabalier
1TP1, bureau B13
118 route de Narbonne
31062 TOULOUSE cedex 9

# TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES UE DE LA FORMATION

| page | Code | Intitulé UE | semestre* | ECTS | Obligatoire Facultatif | Cours | Master Class | Cours-TD | TD | TP | Projet | Stage* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Premier semestre** | | | | | | | | | | | | |
| 10 | KINO7AAU | OPTIMISATION | I | 6 | O | 24 | | | 24 | 12 | | |
| | KINO7ABU | THÉORIE DES LANGAGES | I | 6 | O | | | | | | | |
| 11 | | KINX7AB1 Théorie des langages (TL) | | | | 22 | | | 14 | 18 | | |
| | | KINX7AB2 Théorie des langages - mc (TL) | | | | | 3 | | | | | |
| | KINO7ACU | ALGORITHMIQUE AVANCÉE | I | 6 | O | | | | | | | |
| 13 | | KINX7AC1 Algorithmique avancée (AA) | | | | 20 | | | 24 | 10 | | |
| | | KINX7AC2 Algorithmique avancée - mc (AA) | | | | | 3 | | | | | |
| 14 | KINO7ADU | PROBABILITES | I | 6 | O | 24 | | | 24 | 12 | | |
| | KINO7AEU | SIMULATION ALEATOIRE | I | 6 | O | | | | | | | |
| 15 | | KMAX7AC1 Simulation aléatoire (SA) | | | | 18 | | | 20 | 24 | | |
| 16 | | KMAX7AC2 Simulation aléatoire (projet) (SA-PRJ) | | | | | | | | | 12,5 | |
| | KINO7FRU | MISE À NIVEAU | I | 0 | F | | | 24 | | | | |
| **Second semestre** | | | | | | | | | | | | |
| 17 | KINO8AAU | TRAVAUX D'INITIATION À LA RECHERCHE (TIR) | II | 3 | O | 6 | | | | | | |
| 18 | KINO8ABU | STAGE / TER | II | 6 | O | | | | | | 150 | 3 |
| 19 | KINO8ACU | STATISTIQUES | II | 6 | O | 24 | | | 24 | 12 | | |
| | KINO8AEU | INTELLIGENCE ARTIFICIELLE 1 | II | 6 | O | | | | | | | |
| 20 | | KINX8AE1 Apprentissage automatique 1 (AA) | | | | 10 | | | 8 | 10 | | |
| | | KINX8AE3 Apprentissage automatique 1 - mc (AA) | | | | | 2 | | | | | |
| 21 | | KINX8AE2 Raisonnement sur des connaissances hiérarchiques ou imparfaites (RCHI) | | | | 10 | | | 16 | 2 | | |
| | | KINX8AE4 Raisonnement sur des connaissances hiérarchiques ou imparfaites - mc (RCHI) | | | | | 2 | | | | | |

* **AN** :enseignenents annuels, **I** : premier semestre, **II** : second semestre
**Stage**: en nombre de mois

| page | Code | Intitulé UE | semestre* | ECTS | Obligatoire Facultatif | Cours | Master Class | Cours-TD | TD | TP | Projet | Stage* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KINO8AFU | TRAITEMENT DE DONNÉES 1 | II | 6 | O | | | | | | | |
| 22 | KINX8AF1 | Introduction au traitement du signal, aux signaux sonores et aux images (IT3SI) | | | | 12 | | | 6 | 10 | | |
| | KINX8AF3 | Introduction au traitement du signal, aux signaux sonores et aux images - mc (IT3SI) | | | | | 2 | | | | | |
| 24 | KINX8AF2 | Fondements de la Recherche d'Information (FRI) | | | | 12 | | | 6 | 10 | | |
| | KINX8AF4 | Fondements de la Recherche d'Information - mc (FRI) | | | | | 2 | | | | | |
| 25 | KINO8AVU | ANGLAIS | II | 3 | O | | | | 24 | | | |

* **AN** :enseignenents annuels, **I** : premier semestre, **II** : second semestre
**Stage**: en nombre de mois

# LISTE DES UE

| UE | OPTIMISATION | 6 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| KINO7AAU | Cours : 24h , TD : 24h , TP : 12h | Enseignement en français | Travail personnel 90 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BERTRAND Jérôme
Email : bertrand@math.univ-toulouse.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'optimisation joue un rôle fondamental dans la conception, la production et la gestion des biens et des services. Les domaines d'application de l'optimisation sont extrêmement variés. On peut citer comme exemples : la forme d'un objet, le rendement d'un appareil, le fonctionnement d'un moteur, le contrôle de l'espace aérien, le choix des investissements économiques, etc.
Cet enseignement a pour objectif d'introduire les principaux algorithmes d'optimisation (sans contraintes ou avec contraintes) en se basant sur l'étude mathématique des conditions d'optimalité.
Les méthodes décrites en cours seront illustrées par des TP en Matlab.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Structure générale d'un problème d'optimisation. Exemples. Contraintes fonctionnelles de type égalités et inégalités. Classification des problèmes d'optimisation. Définition de minimum local, global. Structure générale des algorithmes d'optimisation. Optimisation sans contraintes : conditions nécessaires d'optimalité du premier ordre, du second ordre. Conditions suffisantes d'optimalité. Cas convexe. Notion de cône des directions admissibles et cône tangent.
Contraintes de type égalités : conditions nécessaires d'optimalité du premier ordre et du second ordre.
Algorithmes fondamentaux d'optimisation sans contraintes : méthodes de descente, méthodes de gradient (pas constant, pas optimal), méthodes de recherche linéaire inexactes, critères de Wolfe, d'Armijo, méthode du gradient conjugué, méthode de Newton, méthodes de quasi-Newton, formules de mise à jour de DPF et BFGS, méthode de Gauss-Newton.
Contraintes générales (égalités et inégalités) : théorème KKT, conditions suffisantes du second ordre, notion de dualité lagrangienne.
Algorithmes d'optimisation avec contraintes : méthode du gradient projeté, méthode duale d'Uzawa, méthode SQP, méthodes de pénalisation.

## PRÉ-REQUIS

Calcul différentiel sur Rn : calcul de gradients, matrices jacobiennes et hessiennes, développements de Taylor.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

— |M. Bierlaire, Introduction a l'optimisation différentiable.
— |J. Nocedal & S. J. Wright, Numerical optimization.
— |D. G. Luenberger & Y. Ye, Linear and nonlinear programming.

## MOTS-CLÉS

Conditions d'optimalité, méthode de gradient, algorithme d'optimisation, vitesse de convergence, dualité.

| UE | THÉORIE DES LANGAGES | 6 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| Sous UE | Théorie des langages (TL) | | |
| KINX7AB1 | Cours : 22h , TD : 14h , TP : 18h | Enseignement en français | Travail personnel 96 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CASSE Hugues
Email : Hugues.Casse@irit.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette UE a deux objectifs : (a) comprendre le fonctionnement d'un analyseur de source et l'obtention de code intermédiaire (front-end) et (b) exploiter cette représentation pour générer et optimiser des codes exécutables (back-end) tout en mettant en oeuvre des stratégies de vérification afin d'assurer la correction du compilateur.Les compétences visées incluent :

- mettre en oeuvre un analyseur de code source,
- développer des traducteurs vérifiés appliqués à la représentation intermédiaire du programme,
- savoir optimiser les performances d'un programme traduisant des requêtes relationnelles.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Compilation de langage impératif

- Exécution et compilation
- Analyse syntaxique
- Génération de code

Vérification

- Preuve assistée
- Modélisation d'AST typés
- Sémantique de langages
- Transformations vérifiées

Compilation d'une requête en langage déclaratif

- Introduction et motivations
- Optimisation de code
- Génération de code

Les TPs consistent en la mise en oeuvre d'un mini-projet permettant de réaliser un compilateur composé d'un analyseur pour un langage de programmation réel exécuté par une machine virtuelle.
La première partie consiste à réaliser un mini-compilateur de l'analyse du source à la génération du code : analyse lexicale, analyse syntaxique, construction des arbres de syntaxe abstrait et génération de code. En seconde partie, des optimisations vérifiées seront réalisées sur la représentation intermédiaire . L'environnement de preuve interactive utilisé pour cela (Coq) est d'abord présenté avec un rappel des notions sous-jacentes, puis un ensemble d'exemples de sémantiques de langages de programmation est formalisé, avant de modéliser et vérifier une transformation agissant sur la représentation intermédiaire.

## PRÉ-REQUIS

théorie des langages, preuve interactive, connaissances en bases de données relationnelles

## COMPÉTENCES VISÉES

- mettre en oeuvre un analyseur de code source,
- développer des traducteurs vérifiés appliqués à la représentation intermédiaire du programme,
- savoir optimiser les performances d'un programme traduisant des requêtes relationnelles.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A. Aho et al. Compilateurs : principes, techniques et outils. Pearson Education.
Y. Bertot. Coq in a Hurry. EJCP, 2016.
M. Bouzeghoub et al. Systèmes de BD : des techniques d'implantation à la conception de schémas. Eyrolles.

MOTS-CLÉS

Compilation, optimisation, génération de code, analyse syntaxique, représentation intermédiaire, sémantiques, preuve assistée, transformation vérifiée.

| UE | ALGORITHMIQUE AVANCÉE | 6 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| Sous UE | Algorithmique avancée (AA) | | |
| KINX7AC1 | Cours : 20h , TD : 24h , TP : 10h | Enseignement en français | Travail personnel 96 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MENGIN Jérôme
Email : mengin@irit.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Après des rappels de complexité des algorithmes, illustrés sur des opérations sur des structures de données avancées, ce module présente les principales méthodes et algorithmes pour modéliser et résoudre les problèmes de décision et d'optimisation linéaire et / ou combinatoire. Après validation de ce module, les étudiant-e-s sauront :

- Reconnaître un problème d'optimisation combinatoire difficile
- Modéliser des problèmes en flots, en programmation linéaire (avec ou sans variable entière), en programmation par contraintes
- Choisir et utiliser efficacement un outil de résolution approprié
- Implémenter les opérations sur les arbres de recherche et les tas, et des algorithmes de résolution exacte ou incomplète pour un problème d'optimisation combinatoire, et analyser leur complexité

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

1. Structures de données avancées (tas, arbres de recherche)
2. Flots : réseaux de transport sans, calcul de flots maximum
3. Programmation linéaire : formalisme, résolution graphique, problème dual
4. Problèmes classiques d'optimisation combinatoire difficile : partitionnement, ordonnancement, routage, ...
5. Algorithmes approchés, coefficient d'approximation
6. Le problème SAT, méthode DPLL
7. Classes de complexité : La classe NP, réductions, NP-complétude et classes d'approximation
8. Formalismes génériques et recherches exhaustives : PPC, backtrack, heuristiques, forward checking ; PLNE, relaxation ; modélisation
9. Méthodes incomplètes : principe des recherches locales / sur populations ; méta-heuristiques (liste tabou, ...)

Pour chaque type de problème d'optimisation ou de décision abordé, on étudie la complexité des algorithmes et la modélisation. Les travaux pratique consisteront en l'implémentation d'un solveur de type "backtrack", en l'implémentation d'algorithmes de recherche locale, et en l'utilisation de solveurs de PPC / PLNE.

## PRÉ-REQUIS

Graphes, Structures de Données, Complexité

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Algorithmique. T. Cormen, C. Leiserson, R. and C. Stein. 3ème éd., 2010
Algorithms. S. Dasgupta, C.H. Papadimitriou, U.V. Vazirani. McGraw-Hill, 2006.

## MOTS-CLÉS

Flots, Programmation Linéaire, optimisation combinatoire, SAT, CSP, classes de complexité, Méta-Heuristiques, Tas binomiaux, B-arbres

| UE | PROBABILITES | 6 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| KINO7ADU | Cours : 24h , TD : 24h , TP : 12h | Enseignement en français | Travail personnel 90 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COSTA Manon
Email : manon.costa@math.univ-toulouse.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'étude de phénomènes complexes issus de la biologie, l'économie, l'industrie, la physique requiert de plus en plus souvent l'utilisation de familles de variables aléatoires dépendant du temps, ou plus exactement de processus stochastiques.
Cet enseignement a pour objectif principal d'introduire et d'étudier, à partir d'exemples, les processus stochastiques les plus classiques :

- les martingales, i.e. la dynamique de base dans le cadre dépendant ;
- les chaînes de Markov à espace d'états fini ou dénombrable, i.e. la dynamique markovienne de base, qui servira dans divers algorithmes et modèles ;
- le processus de Poisson, i.e. la dynamique à temps continu de base.
- Différents modèles et processus présentés seront mis en œuvre lors de TP sur Scilab, Matlab, R ou Python.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Conditionnement
- Espérance conditionnelle dans L2.
- Chaînes de Markov
  Propriété de Markov. Classification des états. Mesures invariantes pour espace d'états finis, convergence. Ergodicité (LGN et TLC) admise.
  Exemples : modèle de Wright-Fisher, marches aléatoires sur Z, Z2, processus de Galton-Watson...
- Processus de Poisson
- Processus de Bernoulli. Processus de Poisson homogène sur R.
- Introduction aux Martingales
- Surmartingales, sousmartingales. Théorème d'arrêt. Exemple ruine du joueur.

## PRÉ-REQUIS

- Notions de base en théorie de la mesure, intégration, probabilités, théorèmes-limites.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Barbe, Ledoux Probabilité – Bercu, Chafaï : Modélisation stochastique et simulation : cours et applications – Foata, Fuchs Processus stochastiques, Processus de Poisson, chaînes de Markov et martingales – https ://www.python.org

## MOTS-CLÉS

Processus stochastiques, martingales, chaînes de Markov

| UE | SIMULATION ALEATOIRE | 6 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| Sous UE | Simulation aléatoire (SA) | | |
| KMAX7AC1 | Cours : 18h , TD : 20h , TP : 24h | Enseignement en français | Travail personnel 88 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DELMOTTE Thierry
Email : thierry.delmotte@math.univ-toulouse.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif principal est d'étudier quelques méthodes de simulation de variables aléatoires, et d'illustrer certains modèles et résultats de probabilités et de statistiques par des simulations.Les différentes modélisations et méthodes présentées seront mises en oeuvre lors de TP sur R, Scilab, Matlab ou Python.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Simulations de variables aléatoires réelles et méthodes de Monte Carlo. Méthode de la fonction de répartition. Méthode du rejet. Méthode de Monte Carlo brute. Théorème de la limite centrale. Analyse de l'erreur. (facultatif : quantification d'une probabilité sur R)
- Méthodes de rééchantillonnage. Jacknife, bootstrap, validation croisée. Méthode d'échantillonnage préférentiel par vraisemblance
- Inégalités de concentration et/ou grandes déviations (facultatif). Utilisation de Chebyshev, Cramer-Chernoff, Bahadur-Rao, ou encore Hoeffding
- Simulation et prévision dans le modèle gaussien Vecteur gaussien. Simulations d'un vecteur gaussien (Box-Muller, transformation linéaire). Conditionnement gaussien. Prévision en régression linéaire gaussienne. Filtrage de Kalman Théorème central limite multidimensionnel.
- Chaînes de Markov. Simulations de chaînes de Markov à espace d'états fini et continu. Estimation des probabilités de transition. Illustration des convergences
- Introduction aux MCMC. Méthode de Metropolis. Méthode de Monte Carlo utilisant une chaîne de Markov. Recuit simulé. Quelques algorithmes stochastiques : moyenne, médiane, minimisation d'une fonction

## PRÉ-REQUIS

- Notions de base en intégration et probabilités, algèbre linéaire.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Barbe, Ledoux (1998) « Probabilité ». Bercu, Chafai (2007) Modélisation stochastique et simulation. Barbe, Bertail (1995) « The weighted bootstrap ». https ://www.python.org/

## MOTS-CLÉS

- simulations, Monte-Carlo, algorithmes stochastiques

| UE | SIMULATION ALEATOIRE | 6 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| Sous UE | Simulation aléatoire (projet) (SA-PRJ) | | |
| KMAX7AC2 | Projet : 12,5h | Enseignement en français | Travail personnel 88 h |

[ Retour liste des UE ]

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Durant le projet, les étudiants implémentent les algorithmes vus en cours.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Durant le projet, les étudiants implémentent les algorithmes vus en cours.

## PRÉ-REQUIS

Simulation aléatoire.

| UE | TRAVAUX D'INITIATION À LA RECHERCHE (TIR) | 3 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| KINO8AAU | Cours : 6h | Enseignement en français | Travail personnel 69 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MORENO José
Email : jose.moreno@univ-tlse3.fr

| UE | STAGE / TER | 6 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| KINO8ABU | Stage : 3 mois minimum , Projet : 150h | Enseignement en français | Travail personnel 150 h |

[ Retour liste des UE ]

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

L'étudiant.e peut faire un stage d'au moins 3 mois en entreprise ou en laboratoire, ou travailler à l'université pour une durée équivalente sur l'un des sujets proposés par l'équipe pédagogique du master.

| UE | STATISTIQUES | 6 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| KINO8ACU | Cours : 24h , TD : 24h , TP : 12h | Enseignement en français | Travail personnel 90 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BERTHET Philippe
Email : philippe.berthet@math.univ-toulouse.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif principal est d'acquérir les notions et propriétés cruciales des plus populaires modèles paramétriques et non paramétriques- le modèle général linéaire, le modèle basique pour dépendences multivariées, qui sera généralisé en Master 2 par des méthodes récentes sur les modèles pénalisés par des classes de fonctions.
- tests de rang signé non-parametriques avec des hypothèses minimales sur la distribution des données
- Etude des séries temporelles, le modèle de base des recherches de tendances, avec un aperçu des modèles non stationnaires.
- Les différentes modélisations et methodes presentées seront illustrées en des Travaux Pratiques sur R, Scilab, Matlab ou Python.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Le modèle linéaire général et ses généralisations - 5 semaines.
- Vecteurs gaussiens, transformées linéaires, théorème de Cochran. Modèle linéaire général, méthode des moindres carrés, méthode du maximum de vraisemblance. coefficients de régression dans la régression multiple. Test de signification (Student), test de modèles imbriqués (Fisher), Intervalle de prédiction. Analyse de variance avec un ou deux facteurs.
- Tests non paramétriques - 3 semaines.Rappel de la combinatoire énumérative et des probabilités discrètes, distribution des statistiques d'ordre, test de somme des rangs de Wilcoxon.
- Série chronologique - 4 semaines.
  Tendances et modèles saisonniers d'une série chronologique. Stationnarité, estimation de la fonction d'autocorrélation, test de Portemanteau. Bruit blanc, suppression d'une tendance sous-jacente, détection de pas. Série stationnaire, autocorrélation partielle (AR, ARMA).

## PRÉ-REQUIS

- Notions de base en statistiques (estimation et test), integration et probabilité, algèbre linéaire.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- "Probabilités, analyse des données et statistique", Gilbert Saporta.
- "Le modèle linéaire par l'exemple", Jean-Marc Azais et Jean-Marc Bardet.
- https ://www.python.org/

## MOTS-CLÉS

- Linear model, tests, time series

| UE | INTELLIGENCE ARTIFICIELLE 1 | 6 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| Sous UE | Apprentissage automatique 1 (AA) | | |
| KINX8AE1 | Cours : 10h , TD : 8h , TP : 10h | Enseignement en français | Travail personnel 90 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

PELLEGRINI Thomas
Email : thomas.pellegrini@irit.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Nous présentons les approches en apprentissage profond (deep learning), plus précisément les réseaux de neurones profonds. Ils sont à l'origine de grandes avancées dans beaucoup de domaines : reconnaissance d'objets dans les images, super-résolution en imagerie médicale, reconnaissance automatique de la parole, etc. Nous aborderons les techniques d'apprentissage de ces réseaux, avec l'algorithme de rétro-propagation et la différentiation automatique. Nous décrirons les architectures standards utiles en fonction de différentes applications : les réseaux fully-connected, convolutifs, récurrents. Les mécanismes d'attention seront abordés. Nous aborderons la question de l'explicabilité des réseaux profonds, qui sont souvent vus comme des "boîtes noires" au fonctionnement opaque.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Le cours s'articulera autour des points suivants :

- Introduction à l'apprentissage profond : historique, exemples d'application, les différents types de réseaux de neurones.
- Algorithme de rétro-propagation et différentiation automatique, règles d'actualisation des poids d'un réseau. Calcul "manuel" de l'apprentissage d'un réseau jouet, vectorisation des calculs. Calcul de gradients par différentiation "automatique".
- Les réseaux convolutifs (CNN). Rappels sur les convolutions, couches de convolutions, convolutions à trous.
- La modélisation de séquences avec les réseaux de neurones récurrents : RNN, LSTM, GRU. L'algorithme de rétropropagation à travers le temps.
- Introduction aux réseaux de neurones sequence-to-sequence et aux mécanismes d'attention.
- Introduction à l'explicabilité, techniques de détection de saillance. Limites et perspectives.

## PRÉ-REQUIS

Avoir suivi le cours "Calcul Scientifique Apprentissage Automatique" du tronc commun. Connaissances en analyse, algèbre linéaire, probabilités.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Neural Networks and Deep Learning, M. Nielsen, 2016
- Programming PyTorch for Deep Learning, I. Pointer, O'REILLY
- L'apprentissage profond, I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, Quantmetry.

## MOTS-CLÉS

Introduction à l'apprentissage profond. Algorithme de rétropropagation du gradient. Réseaux de neurones convolutifs. Réseaux de neurones récurrents.

| UE | INTELLIGENCE ARTIFICIELLE 1 | 6 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| Sous UE | Raisonnement sur des connaissances hiérarchiques ou imparfaites (RCHI) | | |
| KINX8AE2 | Cours : 10h , TD : 16h , TP : 2h | Enseignement en français | Travail personnel 90 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BANNAY Florence
Email : Florence.Bannay@irit.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

La modélisation des systèmes complexes capables de raisonner et de décider nécessite des méthodes et outils adéquats. L'objectif est de présenter des méthodes de représentation et de traitement de connaissances certaines et organisées, ou imprécises et/ou incertaines et/ou inconsistantes, à savoir les formalismes de la logique de description, de la logique possibiliste et les mécanismes de gestion de l'inconsistance.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Partie I. Représenter et raisonner sur des connaissances certaines 2h C, 8h TD, 0 TP

- Cas d'usage adaptés à chaque mineure, lien entre logiques de description et ontologies/graphes conceptuels (pourquoi et comment on applique ces modes de représentation aux pbs des ontologies) (2h),
- présentation du langage (4h)
- Les pbs d'efficacité de raisonnement (complexité) suite à la logique de description utilisée ; inférence avec les logiques de description (4h)

Partie II. Représenter et raisonner sur les connaissances incertaines, inconsistantes 8h C, 8 TD, 2h TP

- Introduction (imprécision, vague, mesures de l'incertain, rappels probabilités, fonctions de croyance) (2h C 2h TD)
- Possibilités : raisonnement en logique possibiliste 4hC + 4hTD + 2h TP
- Gestion de l'inconsistance dans les bases de connaissances, bases de données 2hC + 2hTD

TP de 2h sur logique possibiliste avec Sat4J
Pas de projet prévu

## PRÉ-REQUIS

Formalismes logiques (logique des propositions et logique des prédicats). Théorie des graphes. Notions élémentaires en théorie des probabilités

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Panorama de l'Intelligence Artificielle, vol 1. P Marquis, O Papini, H Prade. 2014. Cépaduès
https ://www.sat4j.org/

## MOTS-CLÉS

Représentation de connaissances, Logique de description, Incertitude, Logique possibiliste, Inconsistance, Intelligence Artificielle.

| UE | TRAITEMENT DE DONNÉES 1 | 6 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| Sous UE | Introduction au traitement du signal, aux signaux sonores et aux images (IT3SI) | | |
| KINX8AF1 | Cours : 12h , TD : 6h , TP : 10h | Enseignement en français | Travail personnel 90 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

KOUAME Denis
Email : denis.kouame@irit.fr

PINQUIER Julien
Email : pinquier@irit.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce cours doit permettre aux étudiants de découvrir le traitement du signal. Il sert de base pour appréhender la formation et l'acquisition des images, des signaux en général, de la parole et de la musique en particulier.

- Appréhender la formation et la représentation des signaux visuels et sonores
- Comprendre les notions de signal numérique et analogique ainsi que les fréquences
- Connaître les outils de représentation temporelle, spatiale et fréquentielle des images et du son
- Savoir analyser un signal numérique par extraction de fréquences et interpréter en fonction du contenu (son et image)
- Concevoir un filtre répondant à une spécification donnée
- Connaître les bases nécessaires à la manipulation élémentaire des images
- Connaître les bases nécessaires pour analyser un contenu audio (parole, musique)

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

*Outils de traitement du signal*

- Notions introductives sur le son et les images.
- Processus de numérisation sonore et visuel : échantillonnage, quantification, les notions d'échantillon sonore et de pixel.
- Notion de fréquence, transformée de Fourier (1D, 2D), illustrations sur les signaux mono-dimensionnels, le son et les images.
- Convolution discrète et filtrage linéaire. Isoler un son ou du bruit, filtrer une image.
- Ondelettes discrètes et décomposition dyadique. Notion de compression d'une image.
- Le bruit et son traitement.

*Mise en œuvre des outils*

- Application au traitement du son
  1. Analyses temporelle et fréquentielle.
- Application au traitement d'image
  1. Représentation des images et manipulations élémentaires des pixels.

**Aspect pratique**

- Découverte de la parole et de la musique à travers des traitements élémentaires.
- Découverte du traitement des images à travers les techniques d'amélioration.

## PRÉ-REQUIS

Aucun

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bellanger, M., Traitement numérique du signal, Dunod, 2006.
R.C. Gonzales, E.R. Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2007.
Rabiner, L.R. ; Schafer, R.W. Theory and applications of digital speech processing. Prentice Hall, 2010.

## MOTS-CLÉS

Traitement du signal, son, images numériques, transformée de Fourier, fréquence, filtrage.

| UE | TRAITEMENT DE DONNÉES 1 | 6 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| Sous UE | Fondements de la Recherche d'Information (FRI) | | |
| KINX8AF2 | Cours : 12h , TD : 6h , TP : 10h | Enseignement en français | Travail personnel 90 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

LECHANI-TAMINE Lynda
Email : Lynda.Tamine-Lechani@irit.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les systèmes modernes d'accès à l'information tels que les moteurs de recherche, les systèmes de recommandation et les agents de recherche conversationnels sont des systèmes basés sur le développement d'un noyau qui couvre l'indexation, la représentation et la sélection d'information pertinente. L'objectif de cet enseignement est de présenter les fondements pour le développement du noyau d'un système de recherche d'information de type texte.
Les compétences attendues sont : a) maîtriser les méthodes d'indexation et de représentation sémantique de textes ; b) maîtriser les modèles de base de la recherche d'information ; c) implémenter un noyau de système d'accès à l'information et évaluer empiriquement ses performances.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

1. Préliminaires Objectifs, notions et vocabulaire de base, tâches et applications de la recherche d'information2. Indexation et représentation de textes
- Principes d'indexation
- Représentation lexicale
- Représentation sémantique : représentation conceptuelle, représentation à thèmes (PLSA, LDA), représentation distributionnelle

3. Modèles de recherche d'information
- Large aperçu des modèles de base (ex. vectoriel)
- Modèles de langue
- Apprentissage d'ordonnancement
- Modèles basés sur les réseaux de neurones

4. Principes de l'évaluation orientée système Protocoles d'évaluation (principes, collection de test, métriques) Campagnes d'évaluation majeures 5. Introduction aux modèles de représentation et modèles d'accès aux informations multi-modales (texte et image)

## PRÉ-REQUIS

Statistique et probabilités niveau licence
Bases de l'apprentissage automatique, apprentissage profond

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- C. D. Manning et al. 2008. Introduction to Information Retrieval.
- M. Amini et E. Gaussier, Recherche d'information, Applications

## MOTS-CLÉS

Texte, Indexation, Représentation, Requête, Document, Sémantique, Réseau de neurones, modèle de langue Évaluation empirique

| UE | ANGLAIS | 3 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| KINO8AVU | TD : 24h | Enseignement en français | Travail personnel 51 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MURAT Julie
Email : julie.murat@univ-tlse3.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Permettre aux étudiants de développer les compétences indispensables à la réussite dans leur future vie professionnelle en contextes culturels variés.Acquérir l'autonomie linguistique nécessaire et perfectionner les outils de langue spécialisée permettant l'intégration professionnelle et la communication d'une expertise scientifique dans le contexte international.
Niveau C1/C2 du CECRL (Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues)

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Développer :
- les compétences liées à la compréhension de publications scientifiques ou professionnelles rédigées en anglais ainsi que les compétences nécessaires à la compréhension de communications scientifiques orales.
- les outils d'expression permettant de maîtriser une présentation orale et/ou écrite et d'aborder une discussion critique dans le domaine scientifique
- la maîtrise des éléments d'argumentation critique à l'oral et/ou à l'écrit d'une publication scientifique
une réflexion plus large sur leur place, leur intégration et leur rayonnement en tant que scientifiques dans la société, abordant des questions d'actualité, d'éthique, d'intégrité

## PRÉ-REQUIS

Niveau B2 du CECR

## COMPÉTENCES VISÉES

S'exprimer avec aisance à l'oral, devant un public, en usant de registres adaptés aux différents contextes et aux différents interlocuteurs.Se servir aisément d'une langue vivante autre que le français : compréhension et expression écrites et orales :
- Comprendre un article scientifique ou professionnel rédigé en anglais sur un sujet relatif à leur domaine.
- Produire un écrit scientifique ou technique dans un anglais adapté, de qualité et respectant les normes et usages de la communauté scientifique anglophone.
-Interagir à l'oral en anglais : réussir ses échanges formels et informels lors des colloques, réunions ou entretiens professionnels.

## MOTS-CLÉS

Projet Anglais scientifique Rédaction Publication Communication esprit critique scientifique interculturel

# GLOSSAIRE

## TERMES GÉNÉRAUX

### SYLLABUS

Dans l'enseignement supérieur, un syllabus est la présentation générale d'un cours ou d'une formation. Il inclut : objectifs, programme de formation, description des UE, prérequis, modalités d'évaluation, informations pratiques, etc.

### DÉPARTEMENT

Les départements d'enseignement sont des structures d'animation pédagogique internes aux composantes (ou facultés) qui regroupent les enseignantes et enseignants intervenant dans une ou plusieurs mentions.

### UE : UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Un semestre est découpé en unités d'enseignement qui peuvent être obligatoires, à choix ou facultatives. Une UE représente un ensemble cohérent d'enseignements auquel sont associés des ECTS.

### UE OBLIGATOIRE / UE FACULTATIVE

L'UE obligatoire fait référence à un enseignement qui doit être validé dans le cadre du contrat pédagogique. L'UE facultative vient en supplément des 60 ECTS de l'année. Elle est valorisée dans le supplément au diplôme. L'accumulation de crédits affectés à des UE facultatives ne contribue pas à la validation de semestres ni à la délivrance d'un diplôme.

### ECTS : EUROPEAN CREDITS TRANSFER SYSTEM

Les ECTS constituent l'unité de mesure commune des formations universitaires de licence et de master dans l'espace européen. Chaque UE obtenue est ainsi affectée d'un certain nombre d'ECTS (en général 30 par semestre d'enseignement, 60 par an). Le nombre d'ECTS varie en fonction de la charge globale de travail (CM, TD, TP, etc.) y compris le travail personnel. Le système des ECTS vise à faciliter la mobilité et la reconnaissance des diplômes en Europe.

## TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES

Les diplômes sont déclinés en domaines, mentions et parcours.

### DOMAINE

Le domaine correspond à un ensemble de formations relevant d'un champ disciplinaire ou professionnel commun. La plupart des formations de l'UT3 relèvent du domaine « Sciences, Technologies, Santé ».

### MENTION

La mention correspond à un champ disciplinaire. Il s'agit du niveau principal de référence pour la définition des diplômes nationaux. La mention comprend, en général, plusieurs parcours.

### PARCOURS

Le parcours constitue une spécialisation particulière d'un champ disciplinaire choisie par l'étudiant·e au cours de son cursus.

### LICENCE CLASSIQUE

La licence classique est structurée en six semestres et permet de valider 180 crédits ECTS. Les UE peuvent être obligatoires, à choix ou facultatives. Le nombre d'ECTS d'une UE est fixé sur la base de 30 ECTS pour l'ensemble des UE obligatoires et à choix d'un semestre.

### LICENCE FLEXIBLE

À la rentrée 2022, l'université Toulouse III - Paul Sabatier met en place une licence flexible. Le principe est d'offrir une progression "à la carte" grâce au choix d'unités d'enseignement (UE). Il s'agit donc d'un parcours de formation personnalisable et flexible dans la durée. La progression de l'étudiant·e dépend de son niveau de départ et de son rythme personnel. L'inscription à une UE ne peut être faite qu'à condition d'avoir validé les UE pré-requises. Le choix de l'itinéraire de la licence flexible se fait en concertation étroite avec une direction des études (DE) et dépend de la formation antérieure, des orientations scientifiques et du projet professionnel de l'étudiant·e. L'obtention du diplôme est soumise à la validation de 180 crédits ECTS.

### DIRECTION DES ÉTUDES ET ENSEIGNANT·E RÉFÉRENT·E

La direction des études (DE) est constituée d'enseignantes et d'enseignants référents, d'une directrice ou d'un directeur des études et d'un secrétariat pédagogique. Elle organise le projet de formation de l'étudiant·e en proposant une individualisation de son parcours pouvant conduire à des aménagements. Elle est le lien entre l'étudiant·e, l'équipe pédagogique et l'administration.

## TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS

### CM : COURS MAGISTRAL(AUX)

Cours dispensé en général devant un grand nombre d'étudiantes et d'étudiants (par exemple, une promotion entière), dans de grandes salles ou des amphithéâtres. Ce qui caractérise également le cours magistral est qu'il est le fait d'une enseignante ou d'un enseignant qui en définit les structures et les modalités. Même si ses contenus font l'objet de concertations avec l'équipe pédagogique, chaque cours magistral porte donc la marque de la personne qui le crée et le dispense.

### TD : TRAVAUX DIRIGÉS

Ce sont des séances de travail en groupes restreints (de 25 à 40 étudiantes et étudiants selon les composantes), animées par des enseignantes et enseignants. Les TD illustrent les cours magistraux et permettent d'approfondir les éléments apportés par ces derniers.

### TP : TRAVAUX PRATIQUES

Méthode d'enseignement permettant de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant les CM et les TD. Généralement, cette mise en pratique se réalise au travers d'expérimentations et les groupes de TP sont constitués de 16 à 20 étudiantes et étudiants. Certains travaux pratiques peuvent être partiellement encadrés ou peuvent ne pas être encadrés du tout. A contrario, certains TP, du fait de leur dangerosité, sont très encadrés (jusqu'à une enseignante ou un enseignant pour quatre étudiantes et étudiants).

### PROJET OU BUREAU D'ÉTUDE

Le projet est une mise en pratique en autonomie ou en semi-autonomie des connaissances acquises. Il permet de vérifier l'acquisition de compétences.

### TERRAIN

Le terrain est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises en dehors de l'université.

## STAGE

Le stage est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises dans une entreprise ou un laboratoire de recherche. Il fait l'objet d'une législation très précise impliquant, en particulier, la nécessité d'une convention pour chaque stagiaire entre la structure d'accueil et l'université.

## SESSIONS D'ÉVALUATION

Il existe deux sessions d'évaluation : la session initiale et la seconde session (anciennement appelée "session de rattrapage", constituant une seconde chance). La session initiale peut être constituée d'examens partiels et terminaux ou de l'ensemble des épreuves de contrôle continu et d'un examen terminal. Les modalités de la seconde session peuvent être légèrement différentes selon les formations.

## SILLON

Un sillon est un bloc de trois créneaux de deux heures d'enseignement. Chaque UE est généralement affectée à un sillon. Sauf cas particuliers, les UE positionnées dans un même sillon ont donc des emplois du temps incompatibles.


Université
de Toulouse