

PÉRIODE D'ACCRÉDITATION : 2016 / 2021

UNIVERSITÉ PAUL SABATIER

---

# SYLLABUS MASTER

## Mention Informatique

### M2 recherche opérationnelle

---

<http://www.fsi.univ-tlse3.fr/>  
<http://m1.deptinfo.fr/>

2016 / 2017

13 JUILLET 2017

# SOMMAIRE

---

PRÉSENTATION . . . . .	3
PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS . . . . .	3
Mention Informatique . . . . .	3
Parcours . . . . .	3
PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M2 recherche opérationnelle . . . . .	3
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 . . . . .	32
TERMES GÉNÉRAUX . . . . .	32
TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES . . . . .	32
TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS . . . . .	32

# PRÉSENTATION

---

## PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS

### 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.

### PARCOURS

Le M2 RO est un parcours de niveau master 2 (M2) qui fait partie à la fois de la mention *Informatique* et de la mention *Mathématiques et applications* portées par l'**Université Paul Sabatier** (UPS) de Toulouse. Le M2 RO est co-accrédité par les écoles d'ingénieurs de la place toulousaine : **ENAC**, **INP-T (ENSEEIH et ENSIACET)** et **ISAE-Supaero**. La première année (M1) de ce parcours consiste en le M1 SID ou le M1 MAPI3 de l'UPS. Il s'adresse principalement à des étudiants français et étrangers désirant recevoir une formation de haut niveau en Recherche Opérationnelle (métiers d'ingénieur et de la recherche).

La capacité du parcours M2 RO est de 6 étudiants ; ce parcours fait partie de deux mentions : la mention *Informatique* d'une part, dont la capacité globale est de 175 étudiants, et la partie *Mathématiques et applications* d'autre part, dont la capacité globale est de 160 étudiants.

## PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M2 RECHERCHE OPÉRATIONNELLE

La Recherche Opérationnelle (RO) est une discipline scientifique à l'interface des Mathématiques appliquées, de l'Informatique et de l'Ingénierie. En RO, on cherche d'abord à modéliser les systèmes complexes de plus en plus présents dans l'industrie et dans les grandes organisations de façon à, ensuite, concevoir des outils d'aide à la décision pour l'amélioration de ces systèmes. Les problèmes réels ainsi modélisés mettent en jeu le plus souvent des sous-problèmes d'optimisation.

Pour répondre à une demande régionale importante des industriels (en particulier du secteur aéronautique) et de la recherche académique, le parcours RO toulousain a été créé en 2012 sous la spécialité M2R-IT de la mention Informatique. Ce parcours a connu une forte croissance en nombres d'étudiants : 4, 14, 20 puis près de 30 étudiants aux rentrées 2015 et 2016 en

provenance pour les deux-tiers des écoles co-habilitées ; pour ce qui concerne l'autre tiers, les inscrits à l'UPS, la majorité des étudiants viennent d'Afrique francophone ; sinon d'autres établissements français ou européens.

Ce parcours permettra à l'étudiant d'acquérir de solides compétences en modélisation mathématique, optimisation, algorithmique et mise en oeuvre informatique, ce dont le chercheur et l'ingénieur spécialistes de RO ont besoin.

L'objectif principal de ce parcours est de former des spécialistes (ingénieurs et/ou futurs doctorants) capables de développer une démarche scientifique complète de RO sur un problème réel concret, depuis la compréhension du problème jusqu'à la proposition aux décideurs d'un éventail de solutions en passant par la modélisation mathématique du problème, l'élaboration d'algorithmes d'optimisation, leur mise en oeuvre informatique, la conduite d'expériences numériques et l'analyse de résultats.

À l'issue de cette formation, les étudiants trouveront des débouchés comme ingénieur R& D dans de nombreux domaines d'applications : transports, énergie, production, logistique, télécommunications, médias, industrie manufacturière, construction, sociétés de conseils, éditeurs de logiciels, sciences du vivant, finance, etc.

Ils pourront s'ils le souhaitent approfondir leurs connaissances en sollicitant une thèse de doctorat, diplôme de plus en plus valorisé à l'étranger et dans les grandes multinationales françaises. Il existe de plus en RO de nombreuses possibilités de financement pour faire une thèse en France en milieu industriel (dite thèse CIFRE) pendant laquelle l'étudiant est embauché comme ingénieur par l'entreprise.

Les débouchés sont larges comme le démontrent les très nombreuses offres de stage que nous recevons. En 2013-2014, pour les 14 étudiants, 45 stages ont été proposés, dont un quart avec possibilités de poursuites en thèse financée. En 2014-2015, plus de 80 propositions

de stages recherche ont été reçues pour nos 20 étudiants, dont la moitié avec poursuites possibles en thèse financée. En 2015-2016, nous avons 120 offres de stage recherche en RO pour nos 30 étudiants !

De nombreux ingénieurs/chercheurs de l'industrie et des services (Airbus, Air France, Altran, Amadeus, Bouygues, Cap Gemini, EdF, Eurodecision, Google, IBM, Orange Labs, Renault, SNCF, Total) soutiennent le M2 RO toulousain – lire leurs témoignages sous l'onglet « Perspectives et carrières » du site web du M2 RO : <http://m2ro.recherche.enac.fr>

# RUBRIQUE CONTACTS

---

## CONTACTS PARCOURS

### RESPONSABLE M2 RECHERCHE OPÉRATIONNELLE

HAIT Alain

Email : [alain.hait@isae.fr](mailto:alain.hait@isae.fr)

HOUSSIN Laurent

Email : [houssin@laas.fr](mailto:houssin@laas.fr)

MONGEAU Marcel

Email : [mongeau@recherche.enac.fr](mailto:mongeau@recherche.enac.fr)

Téléphone : 06 62 25 95 73

### SECRÉTAIRE PÉDAGOGIQUE

TREMBLAI Séverine

Email : [severine.tremblai@adm.ups-tlse.fr](mailto:severine.tremblai@adm.ups-tlse.fr)

Téléphone : 05.61.55.67.66

Université Paul Sabatier

1TP1

118 route de Narbonne

31062 TOULOUSE cedex 9

## CONTACTS MENTION

### RESPONSABLE DE MENTION INFORMATIQUE

KOUAME Denis

Email : [denis.kouame@irit.fr](mailto:denis.kouame@irit.fr)

PAULIN Mathias

Email : [Mathias.Paulin@irit.fr](mailto:Mathias.Paulin@irit.fr)

Téléphone : 05 61 55 83 29

## CONTACTS DÉPARTEMENT: FSI.INFO

### DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT

CROUZIL Alain

Email : [alain.crouzil@irit.fr](mailto:alain.crouzil@irit.fr)

Téléphone : 05 61 55 69 28

### SECRETARIAT DU DÉPARTEMENT

LESTRADE Colette

Email : [lestrade@adm.ups-tlse.fr](mailto:lestrade@adm.ups-tlse.fr)

Téléphone : 05 61 55 81 58

Université Paul Sabatier

1TP1-14

118 route de Narbonne

31062 TOULOUSE cedex 9

# TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES UE DE LA FORMATION

9

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	Projet	Stage
<b>Premier semestre</b>									
<b>Choisir 9 UE parmi les 18 UE suivantes :</b>									
26	EIINO3QM	OPTIMISATION ET RECHERCHE OPÉRATIONNELLE (PRÉSENTIEL)	3	O	35		15		
27	EIINO3RM	OPTIMISATION ET RECHERCHE OPÉRATIONNELLE (PROJET)	3	O				25	
25	EIINO3PM	GRAPHES ET RÉSEAUX : MODÉLISATION ET ALGORITHMES	3	O	20				
10	EIINO3AM	OPTIMISATION NUMÉRIQUE LOCALE	3	O	18,75	12,5	5		
11	EIINO3BM	SUJETS SPÉCIAUX EN OPTIMISATION	3	O	20				
12	EIINO3CM	BASES DE L'OPTIMISATION COMBINATOIRE	3	O	20		15		
13	EIINO3DM	OPTIMISATION COMBINATOIRE AVANCÉE	3	O	20				
14	EIINO3EM	MÉTHODES STOCHASTIQUES POUR L'OPTIMISATION GLOBALE	3	O	24				
15	EIINO3FM	OPTIMISATION SOUS INCERTITUDE	3	O	20				
16	EIINO3GM	OPTIMISATION GLOBALE DÉTERMINISTE	3	O	20		2		
17	EIINO3HM	COMPLEXITÉ DES ALGORITHMES	3	O	20				
18	EIINO3IM	APPLICATION DE L'OPTIMISATION AU TRANSPORT AÉRIEN	3	O	20				
19	EIINO3JM	PROGRAMMATION PAR CONTRAINTES	3	O	18,75	12,5	5		
20	EIINO3KM	THÈMES CONTEMPORAINS EN OPTIMISATION	3	O	20				
21	EIINO3LM	INVERSE PROBLEMS	3	O	20				
22	EIINO3MM	APPRENTISSAGE	3	O	20				
23	EIINO3NM	GESTION INTÉGRÉE DE LA PRODUCTION ET DE L'ÉNERGIE	3	O	20				
24	EIINO3OM	CONCEPTION DE RÉSEAUX DE VALORISATION	3	O	20				
28	EIINO3VM	ANGLAIS	3	O		24			

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	Projet	Stage
<b>Second semestre</b>									
29	EIINO4AM	STAGE	24	O					5
30	EIINO4BM	RECHERCHE OPÉRATIONNELLE APPLIQUÉE	3	O	7		13		
31	EIINO4CM	PROJET TUTEURÉ D'INITIATION À LA RECHERCHE	3	O				150	





---

## LISTE DES UE

---

<b>UE</b>	<b>OPTIMISATION NUMÉRIQUE LOCALE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3AM</b>	Cours : 18,75h , TD : 12,5h , TP : 5h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DE GOURNAY Frédéric

Email : [frederic.de.gournay@math.univ-toulouse.fr](mailto:frederic.de.gournay@math.univ-toulouse.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce cours a pour objectif de présenter les bases de l'optimisation de fonctions multivariée à valeurs réelles afin de connaître les grands algorithmes de résolution de problème continus lisses et non lisses

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Première partie (en anglais) : Conditions d'optimalité avec et sans contrainte, descente de gradient projeté, Newton, SQP, dualité lagrangienne.

Deuxième partie : Analyse convexe (sous-différentiel, opérateurs proximaux, dualité). Théorie de la complexité en optimisation convexe. Descentes de sous gradient, de gradient proximales accélérées, méthodes duales, points intérieurs, descentes par coordonnées randomisées.

### PRÉ-REQUIS

Analyse matricielle, analyse numérique de base

### MOTS-CLÉS

Convexité, conditions d'optimalité, algorithmes, moindres carés, contraintes, dualité, optimisation non lisse

<b>UE</b>	<b>SUJETS SPÉCIAUX EN OPTIMISATION</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3BM</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MONGEAU Marcel

Email : [mongeau@recherche.enac.fr](mailto:mongeau@recherche.enac.fr)

Téléphone : 06 62 25 95 73

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Ce cours est donné par un professeur invité en séjour dans un des laboratoires de recherche associés au M2 RO sur une thématique recherche propre au domaine d'expertise du visiteur.

En 2014-2015 par exemple le sujet était l'Optimisation stochastique et ce cours a été donné par le Professeur Fabian Bastin de l'Université de Montréal - CIRRELT lors de son séjour sabbatique à l'ENAC).

<b>UE</b>	<b>BASES DE L'OPTIMISATION COMBINATOIRE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3CM</b>	Cours : 20h , TP : 15h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

NGUEVEU Sandra ulrich

Email : [ngueveu@laas.fr](mailto:ngueveu@laas.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Optimisation combinatoire : quelques problèmes types, rappels de complexité. Programmation linéaire en nombres entiers (PLNE) : définition, modélisation. Optimalité, relaxations et bornes. Algorithme de séparations et évaluations (branch & bound). Algorithme de plans sécants : coupes valides, coupes de Chvatal-Gomory, algorithme de Gomory. Algorithme de séparations et coupes (branch & cut). Programmation par contraintes.

### PRÉ-REQUIS

Programmation linéaire, méthode du simplexe

### MOTS-CLÉS

programmation linéaire en nombres entiers, programmation par contraintes.

<b>UE</b>	<b>OPTIMISATION COMBINATOIRE AVANCÉE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3DM</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

HAIT Alain

Email : [alain.hait@isae.fr](mailto:alain.hait@isae.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Comprendre des méthodes avancées en optimisation discrète, savoir quand utiliser quelle méthode, savoir utiliser les méthodes (petits exercices d'implémentation)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Sujets avancés en optimisation discrète

Méthodes de décomposition :

Décomposition de Benders

Décomposition de Dantzig-Wolfe

Génération de colonnes et algorithme de branch & price

Décomposition lagrangienne

Mise en oeuvre informatique

### PRÉ-REQUIS

Programmation linéaire, programmation linéaire en nombres entiers, méthode du simplexe, branch-and-bound, dualité.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Programmation Mathématique. Michel Minoux. Lavoisier, 2008.

Integer Programming. Laurence Wosley. Wiley, 1998.

Column generation. GERAD. Springer 2005.

### MOTS-CLÉS

Programmation linéaire en nombres entiers, méthodes de décomposition.

<b>UE</b>	<b>MÉTHODES STOCHASTIQUES POUR L'OPTIMISATION GLOBALE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3EM</b>	Cours : 24h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DELAHAYE Daniel

Email : [delahaye@recherche.enac.fr](mailto:delahaye@recherche.enac.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce cours a pour but de présenter les méthodes d'optimisation globale utilisant des principes stochastiques pour se déplacer dans l'espace d'état.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Méthodes de base : énumération, bombardement stochastique
- Recuit simulé (équilibre statistique, modèles markoviens homogènes et in-homogènes, convergence, principes de refroidissement, exemples d'application)
- Statistiques d'ordre : application à l'optimisation globale (branch and probability bound)
- Méthode tabou (principe d'intensification, principe d'aspiration, etc...)
- Évolution artificielle (principes de codage, méthodes de sélection, opérateurs de croisement, opérateurs de mutation, convergence prématurée, mise à l'échelle, crowding, recherche de plusieurs optima par sharing, évolution artificielle multi-objectif, évolution artificielle et statistiques d'ordre).
- Particle Swarm Optimization (PSO)
- Algorithmes d'estimation de distribution (EDA)
- Introduction à l'optimisation en espace de dimension infinie

### PRÉ-REQUIS

Algorithmes d'optimisation

### MOTS-CLÉS

Méta-heuristiques, optimisation globale, optimisation discrète

<b>UE</b>	<b>OPTIMISATION SOUS INCERTITUDE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3FM</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MONGEAU Marcel

Email : [mongeau@recherche.enac.fr](mailto:mongeau@recherche.enac.fr)

Téléphone : 06 62 25 95 73

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Optimisation robuste continue : modélisation des incertitudes, critères de robustesse, propagation des incertitudes, quantification des risques (chance constraints), sensibilité globale aux incertitudes, optimisation robuste.

Optimisation robuste discrète : scénarios d'incertitude, programmation linéaire en nombres entiers robuste, complexité et algorithmes pour l'optimisation combinatoire robuste (flots et réseaux, sac à dos, ordonnancement), prix de la robustesse, méthodes approchées et études de cas pratiques.

### PRÉ-REQUIS

Bases de l'optimisation combinatoire

<b>UE</b>	<b>OPTIMISATION GLOBALE DÉTERMINISTE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3GM</b>	Cours : 20h , TP : 2h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MESSINE Frédéric

Email : [frederic.messine@enseiht.fr](mailto:frederic.messine@enseiht.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Introduction à l'optimisation globale déterministe. Analyse par intervalles. Optimisation non-linéaire mixte en nombres entiers.



<b>UE</b>	<b>COMPLEXITÉ DES ALGORITHMES</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3HM</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BARNIER Nicolas

Email : [barnier@recherche.enac.fr](mailto:barnier@recherche.enac.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Objectifs : Estimation des temps de calcul et consommation mémoire des algorithmes classiques non-récurrents et récurrents. Caractérisation des problèmes de la classe NP et preuves de NP-complétude, résolution par des méthodes approchées.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

La notion de complexité des algorithmes est centrale à l'informatique moderne. Elle permet d'estimer les quantités de ressources (temps, espace) que l'exécution d'un programme utilisera en fonction de la taille des données. La première partie du cours est consacrée à l'analyse des algorithmes classiques, non-récurrents et récurrents, pour évaluer leur complexité en pire cas ou en moyenne, en temps et en espace : comptage de boucles, arbre d'exécution et de décision, dénombrement, méthode Master... La seconde partie traite de la classe des problèmes NP à partir du modèle de calcul de la machine de Turing. Les problèmes NP-complets sont introduits avec le théorème de Cook et les problèmes classiques de logiques, sur les ensembles, les graphes etc. sont détaillés. La notion fondamentale de réduction polynomiale entre problèmes est alors explorée de manière approfondie. Une topologie des classes de problèmes et de la hiérarchie polynomiale de classes peut alors être dégagée. Enfin, une approche plus pragmatique de la résolution des problèmes d'optimisation « difficiles » est présentée avec les schémas d'approximation polynomiaux, ainsi que la recherche systématique et approchée.

<b>UE</b>	<b>APPLICATION DE L'OPTIMISATION AU TRANSPORT AÉRIEN</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3IM</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DELAHAYE Daniel

Email : [delahaye@recherche.enac.fr](mailto:delahaye@recherche.enac.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Application des techniques mathématiques pour modéliser les différentes parties du système ATM (Air Traffic Management)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Principe de synthèse de sectorisation (2D, continue, discrète, dynamique extension 3D)
- Théorie de réseaux de transport
- Méthodes d'affectation de trafic (principes de Wardrop, équilibre statique, dynamique, déterministe stochastique, utilisateur, système)
- Modélisation mathématique de la capacité d'aéroport
- Métriques de complexité de trafic (géométrique, exposants de Lyapunov)

<b>UE</b>	<b>PROGRAMMATION PAR CONTRAINTES</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3JM</b>	Cours : 18,75h , TD : 12,5h , TP : 5h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BARNIER Nicolas

Email : [barnier@recherche.enac.fr](mailto:barnier@recherche.enac.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

La Programmation Par Contraintes (PPC) est un paradigme de programmation issu de la Programmation Logique qui permet de modéliser simplement de nombreux problèmes d'optimisation combinatoire, omniprésents dans l'industrie et les services, et de les résoudre efficacement.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Le cours présente tout d'abord le formalisme générique des Problèmes de Satisfaction de Contraintes (CSP) puis les algorithmes fondamentaux qui permettent de les résoudre de manière exacte : la cohérence d'arc (et de borne) ainsi que le Branch & Prune et le Branch & Bound associés aux stratégies classiques de résolution. La bibliothèque FaCiLe pour OCaml sert ensuite de support pour décrire la structure d'un programme en contraintes sur les domaines finis dans le cadre d'un langage généraliste de haut niveau, en détaillant la construction des buts de recherche (sous-but, récursivité, itérateurs, optimisation, stratégies...), les contraintes globales, la réification de contraintes, la création de contraintes utilisateur, etc. en analysant l'impact de la modélisation et de la prise en compte des symétries sur l'efficacité de la résolution.

<b>UE</b>	<b>THÈMES CONTEMPORAINS EN OPTIMISATION</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3KM</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

HIRIART-URRUTY Jean-Baptiste

Email : [jbhu@math.univ-toulouse.fr](mailto:jbhu@math.univ-toulouse.fr)

Téléphone : 05 61 55 67 80 (université)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Modélisation, prise en compte de l'incertitude, aspects théoriques de l'optimisation globale, optimisation convexe moderne (sous-différentiel et application prox), pré-requis pour l'apprentissage statistique et autres applications.

<b>UE</b>	<b>INVERSE PROBLEMS</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3LM</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

GRATTON Serge

Email : [serge.gratton@enseeiht.fr](mailto:serge.gratton@enseeiht.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Forecasting the behavior of a complex dynamical system using (physical) observations relies on the solution of an inverse problem. Solution techniques to solve this problem are often called data assimilation techniques. The purpose of this module is to present the algorithms that are used to solve real life problems described in the so-called variational approach, in the case where they involve a large number of degrees of freedom. These algorithms are at the intersection between optimization, inverse problems, and optimization theory.

Since many problems in scientific computing involve the solution of very large systems of linear equations, a purpose of the module is also to describe the mathematical techniques that can be used to tackle the problems on front-end parallel architectures.

<b>UE</b>	<b>APPRENTISSAGE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3MM</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

RACHELSON Emmanuel

Email : [emmanuel.rachelson@isae.fr](mailto:emmanuel.rachelson@isae.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Elaborer des machines numériques, des algorithmes, qui évoluent et apprennent à partir d'exemples est le but de la discipline de l'Apprentissage Artificiel.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

L'apprentissage supervisé en particulier s'intéresse à la question d'associer des mesures observées (par exemple des pixels d'une image, des mots dans un e-mail, des mesures de température) à une valeur discrète (l'image représente-t-elle un « 1 » ou un « 7 » ?, l'e-mail est-il un spam ?) ou continue (quelle sera la demande électrique ?), de façon à construire une fonction de prédiction qui généralise l'information obtenue à partir des données. On abordera ainsi les tâches de classification automatique supervisée, de régression et on fera une brève incursion dans le paysage de l'apprentissage non-supervisé, au travers des grandes familles d'algorithmes suivants : - Apprentissage bayésien naïf - Machines à Vecteurs Supports et méthodes à noyaux - Processus Gaussiens - Réseaux de Neurones - Deep Learning - Arbres de Décision - Boosting, Bagging et Forêts aléatoires.

### PRÉ-REQUIS

algèbre de base, probabilités conditionnelles, notions en régression linéaire, optimisation différentiable non-linéaire (KKT, dualité).

<b>UE</b>	<b>GESTION INTÉGRÉE DE LA PRODUCTION ET DE L'ÉNERGIE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3NM</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

HETREUX Gilles

Email : [gilles.hetreux@ensiacet.fr](mailto:gilles.hetreux@ensiacet.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

L'objectif est le développement de modèles PLM généraux traitant des problèmes couplant le pilotage de la production (niveau planification et ordonnancement) et la gestion de l'énergie (notamment la gestion des utilités comme l'électricité, la vapeur, l'eau surchauffée, le froid, etc.) Les TP associés s'appuient sur des formulations de programmation linéaire mixte associés à des graphes pour résoudre différents cas d'étude. La mise en oeuvre est réalisée avec ILOG Solver (IBM).

<b>UE</b>	<b>CONCEPTION DE RÉSEAUX DE VALORISATION</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3OM</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

FLOQUET Pascal

Email : [pascal.floquet@ensiacet.fr](mailto:pascal.floquet@ensiacet.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif est d'écrire un modèle d'une chaîne logistique pour la localisation de centres de stockage et d'ateliers de production.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Ce cours se subdivise en deux parties :

#### -Trajectoire de valorisation et logistique.

L'objectif est d'écrire un modèle d'une chaîne logistique pour la localisation de centres de stockage et d'ateliers de production. Le modèle prend en considération des contraintes de capacité (taille du stockage, capacité de traitement des ateliers), du choix de la technologie, de la saisonnalité de la matière première ainsi que son altération dans le temps. Le modèle développé permet également d'introduire l'approche multi périodes.

#### -Conception de réseaux d'échangeurs de chaleur.

Cette partie correspond principalement à un TD long concernant la conception de réseaux d'échangeurs. Il ne nécessite qu'un minimum d'apport « procédés » (équations modèle d'un échangeur de chaleur à contre-courant), se place dans l'aspect énergétique et développe les aspects Superstructure sous le logiciel de modélisation GAMS.



<b>UE</b>	<b>GRAPHES ET RÉSEAUX : MODÉLISATION ET ALGORITHMES</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3PM</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

STRECKER Martin

Email : [martin.strecker@irit.fr](mailto:martin.strecker@irit.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Introduction à la théorie des graphes spécifiquement pour la Recherche Opérationnelle

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Définitions élémentaires de la théorie des graphes. Arbres (récursions et décompositions, arbre couvrant de poids minimal). Problèmes de coloration (algorithmes précis et approximatifs; algorithmes pour des classes spécifiques, par exemple graphes planaires), problèmes de cheminements (plus courts chemins, Dijkstra, Bellman), problèmes de flots (Ford et Fulkerson, flots de coût minimal), problème du voyageur de commerce.

### PRÉ-REQUIS

Bonnes connaissances générales des maths discrètes (ensembles et relations, opérations de fermeture, ordres). Pas de connaissances spécifiques en graphes.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Diestel : Graph Theory, Springer Verlag, 2010. Flum, Grohe : Parameterized Complexity Theory Springer Verlag, 2006. Courcelle, Engelfriet : Graph Structure and Monadic Second-Order Logic, Cambridge University Press, 2012

### MOTS-CLÉS

Graphes, réseaux, flots, algorithmes

<b>UE</b>	<b>OPTIMISATION ET RECHERCHE OPÉRATIONNELLE (PRÉSENTIEL)</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3QM</b>	Cours : 35h , TP : 15h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

NOLL Dominikus

Email : [dominikus.noll@math.univ-toulouse.fr](mailto:dominikus.noll@math.univ-toulouse.fr)

Téléphone : 05.61.55.86.22

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Acquérir une méthodologie de modélisation d'un problème d'optimisation
- Reconnaître les différents types de problèmes d'optimisation
- Comprendre les principales méthodes d'optimisation et leur théorie sous-jacente (ex : dualité) pour les problèmes de programmation linéaire (PL), de programmation linéaire en nombres entiers (PLNE)
- Être capable de proposer un couple formulation / méthode de résolution à un problème d'optimisation donné. PL / simplexe, PL / méthode de points intérieurs, PLNE / branch and bound, problèmes de plus court de chemin problème boîte noire d'optimisation globale / krigeage, ...

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Généralités, modélisation Programmation linéaire : méthode du simplexe dualité analyse de sensibilité écarts complémentaires modélisation : régression moindres valeurs absolues, rendements d'échelle décroissants Introduction à la programmation linéaire en nombres entiers (PLNE) : introduction exemple du problème du voyageur de commerce relaxation continue problèmes de graphes modélisation survol des méthodes

### PRÉ-REQUIS

Analyse matricielle de base

### MOTS-CLÉS

programmation linéaire, dualité, simplexe, programmation linéaire en nombres entiers, graphes

<b>UE</b>	<b>OPTIMISATION ET RECHERCHE OPÉRATIONNELLE (PROJET)</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3RM</b>	Projet : 25h		

<b>UE</b>	<b>ANGLAIS</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIINO3VM</b>	TD : 24h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CHAPLIER Claire

Email : [claire.chaplier@univ-tlse3.fr](mailto:claire.chaplier@univ-tlse3.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Niveau C1 du CECRL (Cadre Européen de Certification en Langues)

Développer les compétences indispensables aux étudiant/es en vue de leur intégration dans la vie professionnelle.

Perfectionner les outils de communication permettant de s'exprimer dans le contexte international d'aujourd'hui et acquérir l'autonomie linguistique nécessaire à cette intégration

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Contenu linguistique de la discipline :

Enseignement axé sur le travail de l'expression orale

Documents du domaine de spécialité pouvant faire l'objet de collaboration entre enseignants de science et enseignants de langue

Nécessité d'un parcours individualisé répondant aux attentes de chaque étudiant.

Compétences

CO - EE - EO - EE

- Savoir communiquer en anglais scientifique
- Savoir repérer les éléments constitutifs d'une communication écrite ou orale dans le domaine de spécialité
- Savoir prendre la parole en public (conférence ou réunion) dans le cadre d'un colloque, projet de recherche, projet professionnel

### PRÉ-REQUIS

N/A

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

N/A

### MOTS-CLÉS

Projet - Repérer - Rédaction anglais scientifique - style - registre - critique - professionnel - commenter

UE	STAGE	24 ECTS	2 <sup>nd</sup> semestre
EIINO4AM	Stage : 5 mois minimum		

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Stage orienté recherche de 5 ou 6 mois dans le domaine de la Recherche opérationnelle dans un laboratoire de recherche

publique ou dans un service de recherche et développement (R& D) d'une entreprise, en France ou à l'étranger, conduisant à la production d'un rapport scientifique. Le stage peut se dérouler jusqu'en septembre. La soutenance orale a généralement lieu en septembre.

Mots-clés : Définition formelle d'un problème de Recherche opérationnelle, modélisation mathématique, algorithme, mise en oeuvre informatique, campagne d'expérimentations numériques, analyse des résultats, ajustement de paramètres, rebouclages avec : le problème initial, sa modélisation et l'algorithme de résolution.

<b>UE</b>	<b>RECHERCHE OPÉRATIONNELLE APPLIQUÉE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIINO4BM</b>	Cours : 7h , TP : 13h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MONGEAU Marcel

Email : [mongeau@recherche.enac.fr](mailto:mongeau@recherche.enac.fr)

Téléphone : 06 62 25 95 73

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Découverte des domaines d'applications de la RO, prise en main d'un solveur d'optimisation mathématique, résolution d'un problème industriel

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Deux parties : 1- Description d'applications industrielles en Recherche Opérationnelle, résolution d'un problème industriel à l'aide d'un solveur d'optimisation mathématique (travaux pratiques sur machine) 2- Introduction aux bases de la théorie des jeux et la mise en situation via un « serious game » pour initier l'étudiant aux problématiques inhérentes à la gestion d'un aéroport.

### PRÉ-REQUIS

Semestre 1 du M2 RO

### MOTS-CLÉS

applications industrielles, modélisation mathématique, solveur mathématique -

<b>UE</b>	<b>PROJET TUTEURÉ D'INITIATION À LA RECHERCHE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIINO4CM</b>	Projet : 150h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DURAND Nicolas

Email : [durand@recherche.enac.fr](mailto:durand@recherche.enac.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Projet tuteuré d'initiation à la recherche en recherche opérationnelle dans un laboratoire de recherche académique.

# GLOSSAIRE

---

## TERMES GÉNÉRAUX

### DÉPARTEMENT

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

### UE : UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Unité d'Enseignement. Un semestre est découpé en unités d'enseignement qui peuvent être obligatoire, optionnelle (choix à faire) ou facultative (UE en plus). Une UE représente un ensemble cohérent d'enseignements auquel est associé des ECTS.

### ECTS : EUROPEAN CREDITS TRANSFER SYSTEM

Les ECTS sont destinés à constituer l'unité de mesure commune des formations universitaires de Licence et de Master dans l'espace européen depuis sa création en 1989. Chaque UE obtenue est ainsi affectée d'un certain nombre d'ECTS (en général 30 par semestre d'enseignement). Le nombre d'ECTS est 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 de nos formations relèvent du domaine Sciences, Technologies, Santé.

### MENTION

La mention correspond à un champ disciplinaire. Elle comprend, en général, plusieurs parcours.

### PARCOURS

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

## TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS

### CM : COURS MAGISTRAL(AUX)

Cours dispensé en général devant un grand nombre d'étudiants (par exemple, une promotion entière), dans de grandes salles ou des amphis. Au-delà de l'importance du nombre d'étudiants, ce qui caractérise le cours magistral, est qu'il est le fait d'un enseignant qui en définit lui-même les structures et les modalités. Même si ses contenus font l'objet de concertations entre l'enseignant, l'équipe pédagogique, chaque cours magistral porte la marque de l'enseignant qui le dispense.



## TD : TRAVAUX DIRIGÉS

Ce sont des séances de travail en groupes restreints (de 25 à 40 étudiants selon les composantes), animés par des enseignants. Ils 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. En règle générale, les groupes de TP sont constitués des 16 à 20 étudiants. Certains travaux pratiques peuvent être partiellement encadrés voire pas du tout. A contrario, certains TP, du fait de leur dangerosité, sont très encadrés (jusqu'à 1 enseignant pour quatre 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 des 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.

