

Université de
Sherbrooke

Département de mathématiques
ROP 631 – Optimisation non linéaire
Plan d'activité pédagogique
Été 2023

Enseignant

Luc Marchand

Courriel : Luc.Marchand@USherbrooke.ca

Local : D6-0057

Téléphone : +1 819 821-8000 x62038

Disponibilités : À confirmer

Responsable(s) : Direction du département

Site web du cours : <https://moodle.usherbrooke.ca>

Description officielle de l'activité pédagogique¹

Cibles de formation :	Connaître et maîtriser la théorie élémentaire et les techniques de l'optimisation non linéaire différentiable en dimension finie. S'initier à la pratique de ces techniques.
Contenu :	Conditions nécessaires d'optimalité d'ordre un et deux ; conditions suffisantes. Méthodes de descente par recherche linéaire et par régions de confiance. Convergence globale des méthodes de descente. Vitesse de convergence des méthodes itératives. Conditions de Karush-Kuhn-Tucker (KKT) pour les problèmes sous contraintes. Méthodes d'activation de contraintes, de projections et de directions réalisables pour les contraintes linéaires. Méthodes de pénalité et barrière pour les contraintes générales.
Crédits	3
Organisation	7 heures d'exposé magistral par semaine 2 heures d'exercices par semaine 10 heures de travail personnel par semaine
Préalable	MAT298, ROP 318
Particularités	Aucune

¹<https://www.usherbrooke.ca/admission/fiches-cours/rop631>

1 Présentation

Cette section présente les cibles de formation spécifiques et le contenu détaillé de l'activité pédagogique. Cette section, non modifiable sans l'approbation du comité de programme du Département d'informatique, constitue la version officielle.

1.1 Mise en contexte

Ce cours de 3 crédits (3-1-5) est obligatoire pour les étudiantes et étudiants du baccalauréat en mathématiques et est un cours optionnel pour celles et ceux du baccalauréat en enseignement des mathématiques au secondaire.

Le thème central de ce cours est l'optimisation (maximisation ou minimisation) de fonctions de \mathbb{R}^n dans \mathbb{R} sujettes à des restrictions. Ces dernières se traduisent par l'exigence que la solution au problème d'optimisation satisfasse à un certain nombre d'équations linéaires ou non linéaires. Il consiitue donc une extension naturelle de la matière couverte dans le cours ROP318 (Programmation linéaire) qui traite le cas particulier où la fonction objectif et les contraintes sont linéaires.

La résolution de problèmes d'optimisation s'effectuera avec l'aide d'outils issus de l'analyse mathématique. La démarche s'articulera autour de la recherche de conditions permettant de vérifier l'optimalité d'un point candidat, puis du développement de familles d'algorithmes itératifs convergeant vers un optimum.

1.2 Cibles de formation spécifiques

Connaître les notions et le vocabulaire associés au domaine de l'optimisation (optimum, points stationnaires, conditions d'optimalité, analyse asymptotique). Connaître les conditions d'optimalités usuelles pour les problèmes d'optimisation différentiables dans \mathbb{R}^n . Connaître les différents algorithmes de base ainsi que leurs caractéristiques distinctives lorsqu'appliqués sur différents types de problèmes d'optimisation. Être en mesure d'implémenter ces algorithmes.

1.3 Contenu détaillé

Thème	Contenu	Nbr. d'heures	Objectifs
1	Introduction et définitions : 1. Introduction 2. Types d'optima 3. Rappels de calcul différentiel 4. Notions sur la convexité. 5. Formes quadratiques. 6. Analyse asymptotique.	4	1
2	Optimisation sans contraintes de fonctions d'une variable réelle : 1. Conditions d'optimalité. 2. Algorithmes de descente. 3. Algorithmes d'approximation polynomiale. 4. Algorithme combiné. 5. Algorithme de région de confiance.	9	1, 2, 3, 4
3	Optimisation sans contraintes de fonctions à plusieurs variables : 1. Conditions d'optimalité. 2. Algorithmes de descente. 3. Méthode du gradient. 4. Méthode de Newton. 5. Minimisation de fonctions quadratiques.	8	1, 2, 3, 4
4	Optimisation différentiable avec contraintes linéaires : 1. Conditions d'optimalité. 2. Algorithmes de directions réalisables. 3. Méthode du gradient projeté. 4. Méthode du gradient réduit.	9	1, 2, 3, 4
5	Optimisation différentiable avec contraintes non linéaires : 1. Condition d'optimalité. 2. Algorithmes de directions réalisables.	9	1, 2, 3, 4

2 Organisation

Cette section propre à l'approche pédagogique de chaque enseignante ou enseignant présente la méthode pédagogique, le calendrier, le barème et la procédure d'évaluation ainsi que l'échéancier des travaux. Cette section doit être cohérente avec le contenu de la section précédente.

2.1 Méthode pédagogique

Sur les neuf heures à l'horaire, sept sont consacrées aux cours théoriques présentés sous forme d'exposés magistraux et deux aux séances d'exercices. Les énoncés des exercices complétés lors de la séance seront donnés préalablement sur Moodle, à chaque semaine. On s'attend à ce qu'en moyenne, les étudiantes et les étudiants consacrent dix heures de travail personnel à ce cours hebdomadairement.

Les devoirs et le travail pratique seront assignés environ à chaque semaine. Dû à la nature nouvelle du cours sous un format intensif, un effort supplémentaire sera fait afin de séparer les travaux théoriques et pratiques, ces derniers ayant davantage de temps pour leur réalisation. Ces devoirs seront des évaluations corrigées, constituent un complément essentiel et permettent de consolider la compréhension des concepts, pas toujours simples, exposés en cours. Les devoirs devront être rédigés sur un medium informatique, idéalement par LaTeX, ou manuscrits puis numérisés. Aucun support sur des logiciels de rédaction autre que LaTeX ne sera fourni. La plateforme GradeScope sera utilisée pour la remise, correction et rétroaction des devoirs, qu'ils soient rédigés à l'informatique, ou manuscrits puis numérisés.

Comme toutes les personnes étudiantes inscrites à une activité pédagogique ont une adresse de courriel de l'université, tout message devant être fait par l'enseignant en dehors des heures de classe sera transmis par courriel à l'alias des personnes étudiantes inscrites à ROP631 - Optimisation non linéaire. Assurez-vous d'activer votre compte de courrier électronique. Des documents seront disponibles sur le site Moodle du cours et les résultats aux évaluations seront disponibles à partir de l'interface Genote.

Le cours utilisera le langage de programmation mathématique Julia pour ses travaux pratiques. Un document d'introduction sera disponible sur Moodle.

2.2 Calendrier

Date	Thème	Devoirs et travaux pratiques
2023-06-26	1 et 2	
2023-07-03	2 et 3	Remise Devoir 0
2023-07-10	3	Remise Devoir 1
2023-07-17	Examen, 3 et 4	Remise Devoir 2
2023-07-24	4 et 5	Remise Travail pratique
2023-07-31	4 et 5	Remise Devoir 3
2023-08-07	Examen et Révision	Remise Devoir 4
2023-08-14	Examen	

Considérant la nouvelle nature du cours, il est possible que le déroulement ne se passe pas exactement tel que prévu à ce calendrier.

2.3 Évaluation

Devoirs et travaux pratiques (6)	30 %
Examen intra	30 %
Examen final	40 %

Modalités et critères d'évaluation : Le cours ROP631 - Optimisation non linéaire porte sur un contenu qui se construit et s'élabore de plus en plus tout au long de la session. Les notions apprises auparavant seront donc reprises à l'examen final.

Les examens comportent des questions théoriques qui visent à vérifier l'acquisition des connaissances et leur compréhension et des questions plus pratiques qui visent à vérifier si vous êtes en mesure d'appliquer ces connaissances dans des cas plus concrets.

Les critères de correction seront, en ordre d'importance, la pertinence et la cohérence de la démarche, la rigueur des raisonnements, la clarté, l'exactitude et la précision des solutions aux problèmes et la justesse des calculs.

De plus, il demeure incontestable que le succès aux évaluations est directement relié aux efforts qui ont été consacrés aux exercices. Le travail investi dans la résolution de ceux-ci est donc très important pour l'atteinte des objectifs du cours et pour la réussite aux évaluations.

Les exigences pour atteindre les cotes finales ne sont pas déterminées par notes fixées. Celles-ci seront déterminées par rapport à la moyenne et la variance des résultats du groupe.

2.3.1 Qualité de la langue et de la présentation

Conformément à l'article 17 du règlement facultaire d'évaluation des apprentissages² l'enseignante ou l'enseignant peut retourner à l'étudiante ou à l'étudiant tout travail non conforme aux exigences quant à la qualité de la langue et aux normes de présentation.

2.3.2 Plagiat

Le plagiat consiste à utiliser des résultats obtenus par d'autres personnes afin de les faire passer pour sien et dans le dessein de tromper l'enseignante ou l'enseignant. Vous trouverez en annexe un document d'information relatif à l'intégrité intellectuelle qui fait état de l'article 9.4.1 du Règlement des études³. Lors de la correction de tout travail individuel ou de groupe une attention spéciale sera portée au plagiat. Si une preuve de plagiat est attestée, elle sera traitée en conformité, entre autres, avec l'article 9.4.1 du Règlement des études de l'Université de Sherbrooke. L'étudiante ou l'étudiant peut s'exposer à de graves sanctions qui peuvent être soit l'attribution de la note E ou de la note zéro (0) pour un travail, un examen ou une activité évaluée, soit de reprendre un travail, un examen ou une activité pédagogique. Tout travail suspecté de plagiat sera transmis au Secrétaire de la Faculté des sciences. Ceci n'indique pas que vous n'avez pas le droit de coopérer entre deux équipes, tant que la rédaction finale des documents et la création du programme restent le fait de votre équipe. En cas de doute de plagiat, l'enseignante ou l'enseignant peut demander à l'équipe d'expliquer les notions ou le fonctionnement du code qu'elle ou qu'il considère comme étant plagié. En cas d'incertitude, ne pas hésiter à demander conseil et assistance à l'enseignante ou l'enseignant afin d'éviter toute situation délicate par la suite.

2.4 Échéancier des travaux

Devoirs et travaux pratiques	Sujet	Réception	Remise	Points
Devoir 0	Rappels	2023-06-26	2023-07-03	4
Devoir 1	Optimisation à une variable	2023-07-04	2023-07-10	4
Travail pratique	Implémentation de méthodes d'optimisation non linéaire sans contraintes	2023-07-04	2023-07-24	10
Devoir 2	Optimisation sans contrainte à plusieurs variables	2023-07-11	2023-07-17	4
Devoir 3	Optimisation à plusieurs variables à contraintes linéaires	2023-07-25	2023-07-31	4
Devoir 4	Optimisation à plusieurs variables à contraintes non linéaires	2023-08-01	2023-08-07	4

2.4.1 Directives particulières

Les devoirs doivent être remis par la plateforme GradeScope en équipe de deux ou trois personnes avant l'heure d'échéance du devoir. Tout travail qui ne respectera pas ces règles sera refusé et la personne étudiante recevra une note de zéro pour l'évaluation en question.

Pour toute absence à un examen, tout travail remis en retard ou toute tentative de plagiat, la personne étudiante recevra une note de zéro pour l'évaluation en question. Sous réserve d'application du règlement facultaire d'évaluation des apprentissages des étudiantes et des étudiants, il n'y aura aucun examen de reprise. En cas d'absence motivée à un des devoirs ou travail pratique, le poids de cette évaluation sera reporté sur l'examen final.

²https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/2017-10-27_Reglement_facultaire_-_evaluation_des_apprentissages.pdf

³<https://www.usherbrooke.ca/registraire/droits-et-responsabilites/reglement-des-etudes/>

2.5 Utilisation d'appareils électroniques et du courriel

Selon le règlement complémentaire des études, section 4.2.3⁴, l'utilisation d'ordinateurs, de cellulaires ou de tablettes pendant une prestation est interdite à condition que leur usage soit explicitement permise dans le plan de cours.

Dans ce cours, l'usage de téléphones cellulaires, de tablettes ou d'ordinateurs est autorisées. Cette permission peut être retirée en tout temps si leur usage entraîne des abus.

Tel qu'indiqué dans le règlement universitaire des études, section 4.2.3⁵, toute utilisation d'appareils de captation de la voix ou de l'image exige la permission de la personne enseignante.

Note : L'utilisation du courriel est recommandée pour poser vos questions.

3 Matériel nécessaire pour l'activité pédagogique

Notes de cours :

Jean-Pierre Dussault. Optimisation mathématiques. Notes de cours, Université de Sherbrooke, 2022.

Lien URL : <https://info.usherbrooke.ca/jpdussault/OPT.pdf>

Language de programmation Julia : <https://julialang.org/>

D'autres ressources seront partagées sur la page Moodle du cours au cours de la session.

4 Références

[1] Jean-Pierre Dussault. Optimisation mathématiques. Notes de cours, Université de Sherbrooke, 2017.

⁴https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/Sciences_Reglement_complementaire.p

⁵<https://www.usherbrooke.ca/registraire/droits-et-responsabilites/reglement-des-etudes/>

L'intégrité intellectuelle passe, notamment, par la reconnaissance des sources utilisées. À l'Université de Sherbrooke, on y veille!

Extrait du Règlement des études (Règlement 2575-009)

9.4.1 DÉLITS RELATIFS AUX ÉTUDES

Un délit relatif aux études désigne tout acte trompeur ou toute tentative de commettre un tel acte, quant au rendement scolaire ou une exigence relative à une activité pédagogique, à un programme ou à un parcours libre.

Sont notamment considérés comme un délit relatif aux études les faits suivants :

- a) commettre un plagiat, soit faire passer ou tenter de faire passer pour sien, dans une production évaluée, le travail d'une autre personne ou des passages ou des idées tirés de l'œuvre d'autrui (ce qui inclut notamment le fait de ne pas indiquer la source d'une production, d'un passage ou d'une idée tirée de l'œuvre d'autrui);
 - b) commettre un autoplagiat, soit soumettre, sans autorisation préalable, une même production, en tout ou en partie, à plus d'une activité pédagogique ou dans une même activité pédagogique (notamment en cas de reprise);
 - c) usurper l'identité d'une autre personne ou procéder à une substitution de personne lors d'une production évaluée ou de toute autre prestation obligatoire;
 - d) fournir ou obtenir toute aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle, pour une production faisant l'objet d'une évaluation;
 - e) obtenir par vol ou toute autre manœuvre frauduleuse, posséder ou utiliser du matériel de toute forme (incluant le numérique) non autorisé avant ou pendant une production faisant l'objet d'une évaluation;
 - f) copier, contrefaire ou falsifier un document pour l'évaluation d'une activité pédagogique;
- [...]

Par plagiat, on entend notamment :

- Copier intégralement une phrase ou un passage d'un livre, d'un article de journal ou de revue, d'une page Web ou de tout autre document en omettant d'en mentionner la source ou de le mettre entre guillemets;
- reproduire des présentations, des dessins, des photographies, des graphiques, des données... sans en préciser la provenance et, dans certains cas, sans en avoir obtenu la permission de reproduire;
- utiliser, en tout ou en partie, du matériel sonore, graphique ou visuel, des pages Internet, du code de programme informatique ou des éléments de logiciel, des données ou résultats d'expérimentation ou toute autre information en provenance d'autrui en le faisant passer pour sien ou sans en citer les sources;
- résumer ou paraphraser l'idée d'un auteur sans en indiquer la source;
- traduire en partie ou en totalité un texte en omettant d'en mentionner la source ou de le mettre entre guillemets ;
- utiliser le travail d'un autre et le présenter comme sien (et ce, même si cette personne a donné son accord);
- acheter un travail sur le Web ou ailleurs et le faire passer pour sien;
- utiliser sans autorisation le même travail pour deux activités différentes (autoplagiat).

Autrement dit : mentionnez vos sources
