

Université de  
Sherbrooke

**Département d'informatique**  
**IFT 608 / IFT 702 – Planification en intelligence artificielle**  
**Plan d'activité pédagogique**  
Hiver 2024

---

**Enseignant**

Mohamed Mehdi Najjar

Courriel : [Mohamed.Mehdi.Najjar@USherbrooke.ca](mailto:Mohamed.Mehdi.Najjar@USherbrooke.ca)

Local :

Téléphone : +1 819 580-1274 x62876

Disponibilités : À déterminer au début de la session. Au besoin, prendre rendez-vous par courriel.

**Responsable(s)** : Froduald Kabanza

---

**Site web du cours** : À définir

---

**Horaire**

Exposé magistral :	Mardi	15h30 à 16h20	salle D7-2016
	Jeudi	8h30 à 10h20	salle D7-2016

---

**Description officielle de l'activité pédagogique<sup>1</sup>**

Cibles de formation :	Se familiariser avec les techniques courantes de planification en intelligence artificielle et approfondir certaines d'entre elles.
Contenu :	Modèles couramment utilisés pour représenter les actions, les capteurs et les buts des agents intelligents afin de planifier des tâches, des comportements ou des trajectoires; algorithmes utilisés pour résoudre ces modèles; exemples d'applications.
Crédits	3
Organisation	3 heures d'exposé magistral par semaine 6 heures de travail personnel par semaine
Préalable	IFT 615
Particularités	Aucune

---

<sup>1</sup><https://www.usherbrooke.ca/admission/fiches-cours/ift608>

# 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

Planifier c'est choisir, parmi les alternatives possibles, la meilleure séquence d'actions permettant d'accomplir un but donné. C'est une capacité importante dans la cognition, bien que souvent on n'en soit pas conscient. C'est aussi un des aspects importants de l'intelligence artificielle pour bien des applications réelles et potentielles. Par exemple, un robot ou un drone autonome doit pouvoir planifier une trajectoire de déplacement avec évitement d'obstacles et une séquence d'actions pour accomplir des tâches.

Ce cours vise à introduire différentes approches de planification parmi les plus récentes et les plus en vue dans la littérature. Traditionnellement, les algorithmes de planification en intelligence artificielle génèrent un plan d'action à partir d'une spécification explicite du modèle des actions possibles de l'agent pour qui on planifie. Plus récemment, on voit émerger des algorithmes d'apprentissage automatique pour lesquelles le plan et les modèles sont appris.

## 1.2 Cibles de formation spécifiques

À la fin de cette activité pédagogique, l'étudiante ou l'étudiant sera capable :

1. de comprendre et d'expliquer les principes et concepts de base derrière les algorithmes de planification en intelligence artificielle ;
2. d'évaluer le type d'approche appropriée pour un problème donné ;

### 1.3 Contenu détaillé

Thème	Contenu	Nbr. d'heures	Objectifs	Travaux
1	Planification de trajectoires avec évitement d'obstacles : Représentations géométriques et transformations ; Espace de configurations ; Détection de collisions ; Approches par décomposition exacte ; Algorithme de planification avec des contraintes différentielles (RDT) ; Librairie OMPL.	3	1, 2	✓
2	Planification de comportements complexes avec un modèle d'actions explicite : Planification déterministe par exploration dans l'espace d'états ; Langage PDDL pour modéliser des actions ; Extraction automatique d'heuristiques à partir de modèles d'actions ; ROSPLAN (planification robotique avec ROS).	3	1, 2	✓
3	Planification avec un modèle explicite de connaissances stratégiques : Exploration de l'espace d'états avec des connaissances stratégiques HTN ; Exploration de l'espace d'états avec des connaissances stratégiques temporelles.	3	1, 2	✓
4	Planification multiagents : Algorithme Monte-Carlo Tree Search ; Planification distribuée.	3	1, 2	✓
5	Reconnaissance de plan : Présentation du problème et aperçu de différentes approches.	3	1, 2	✓
6	Rappel - Apprentissage par renforcement : Interaction agent-environnement ; Notions de but/retour/récompenses et épisodes ; Notions de valeur, fonction Q et politique ; Équation de Bellman	1	1, 2	✓
7	Rappel - Programmation dynamique : Value et policy iteration ; Policy iteration généralisée	1	1, 2	✓
8	Rappel - Monte Carlo : On-policy vs off-policy ; Monte Carlo ES (Exploring starts) ; Monte Carlo sans ES	1	1, 2	✓
9	Rappel - Temporal difference : Prediction TD ; TD(0) ; SARSA ; Q-Learning	2	1, 2	✓
10	Deep reinforcement learning - Les bases : Rappel réseaux de neurones, Immitation learning + Dagger ;	2	1, 2	✓
11	Deep reinforcement learning - Policy gradient : Algorithme REINFORCE, REINFORCE + baseline ; Actor critique	3	1, 2	✓
12	Deep reinforcement learning : deep Q-Learning ; Double Q-Learning	2	1, 2	✓
13	Deep reinforcement learning - Méthodes avancées : PPO ; TD3 ; SAC ; etc.	2	1, 2	✓
14	Applications diverses et notions avancées : AlphaGo ; mu0 ; planification symbolique avec apprentissage profond ; etc.	6	1, 2	

1. Le cours doit comprendre au moins quatre travaux pratiques couvrant tous les sujets marqués «✓» dans le tableau.

## 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

Le cours se donnera sous forme de trois heures d'exposé magistral par semaine. Des devoirs et un projet permettront aux personnes étudiantes de mettre en application des approches de planification sélectionnées parmi celles vues dans le cours. Bien qu'il dispose d'un riche contenu théorique, le cours est principalement à vocation pratique. Les connaissances théoriques représentent un acquis nécessaire pour la mise en pratique, à travers le projet et les laboratoires, des approches choisies.

### 2.2 Calendrier

Semaine	Date	Thème	Devoir	Projet
1	2024-01-08	1 et 2		
2	2024-01-15	3 et 4		
3	2024-01-22	5 et 6		
4	2024-01-29	Projet, 2 et 7		
5	2024-02-05	Projet, 3 et 8	Remise Devoir 1	
6	2024-02-12	Projet, 4 et 9		
7	2024-02-19	5, 10 et 11	Remise Devoir 2	
8	2024-02-26	Examen périodique		
9	2024-03-04	Relâche		Remise Projet - Partie 1
10	2024-03-11	11, 12 et 14		
11	2024-03-18	13 et 14		
12	2024-03-25	11 et 14		
13	2024-04-01	Projet	Remise Devoir 3	
14	2024-04-08	Projet		Remise Projet - Partie 2
15	2024-04-15	Examen final		
16	2024-04-22	Examen final		

Les dates dans le calendrier pourraient légèrement varier en fonction du rythme réel durant les séances du cours.

### 2.3 Évaluation

Devoir (3)	45 %
Projet (2)	55 %

Il n'y a pas d'examens théoriques, mais plutôt un projet pratique en deux phases et 3 devoirs (2 pratiques, à réaliser en Python et 1 théorique).

Les deux phases du projet seront évaluées comme suit :

Partie 1 = 20 % : 15 % (10% rapport + 5 % présentation) + 5 % discours (speech) individuel.

Partie 2 = 35 % : 15 % implémentation (Python) + 5 % rapport + 5 % présentation + 5% discours individuel + 5% réponses aux questions.

Total des évaluations individuelles = 60 % – Total des évaluations de groupe = 40 %

Les critères d'évaluation pour les épreuves (travaux et projet) sont principalement basés sur la structure et la clarté du code-source (s'il y a lieu), l'exactitude et la précision des réponses aux questions théoriques ainsi que la pertinence des solutions proposées aux problèmes énoncés. La note de passage est un cumul, des notes des évaluations, supérieur ou égal à 50 sur 100. La cote finale sera attribuée dynamiquement par rapport à la performance globale du groupe.

### 2.3.1 Qualité de la langue et de la présentation

Conformément à l'article 17 du règlement facultaire d'évaluation des apprentissages<sup>2</sup> 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 études<sup>3</sup>. 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

Devoir	Sujet	Réception	Remise	Points
Devoir 1		2024-01-22	2024-02-05	15
Devoir 2		2024-02-05	2024-02-19	15
Devoir 3		2024-03-18	2024-04-01	15

Projet	Sujet	Réception	Remise	Points
Projet - Partie 1		2024-01-29	2024-03-08	20
Projet - Partie 2		2024-03-11	2024-04-12	35

### 2.4.1 Directives particulières

Les devoirs devront être réalisés individuellement et le projet obligatoirement par équipe de deux (2) à quatre (4) étudiantes et étudiants. Le nombre exact sera précisé au début de la session selon l'effectif réel. Les devoirs et les livrables du projet seront à remettre sur la page Moodle du cours, au plus tard à la date butoir indiquée dans le devoir en question. Une (1) seule journée de retard sera tolérée avec une pénalité de 20 %.

## 2.5 Utilisation d'appareils électroniques et du courriel

Selon le règlement complémentaire des études, section 4.2.3<sup>4</sup>, 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 4.2.3<sup>5</sup>, toute utilisation d'appareils de captation de la voix ou de l'image exige la permission de la personne enseignante.

**Note :** Je réponds aux questions posées par courriel à l'extérieur des périodes de cours.

<sup>2</sup>[https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Etudiants\\_actuels/Etudiants\\_actuels/Informations\\_academiques\\_et\\_reglements/2017-10-27\\_Reglement\\_facultaire\\_-\\_evaluation\\_des\\_apprentissages.pdf](https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Etudiants_actuels/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/2017-10-27_Reglement_facultaire_-_evaluation_des_apprentissages.pdf)

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

<sup>4</sup>[https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Etudiants\\_actuels/Etudiants\\_actuels/Informations\\_academiques\\_et\\_reglements/Sciences\\_Reglement\\_complementaire\\_.pdf](https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Etudiants_actuels/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/Sciences_Reglement_complementaire_.pdf)

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

Le canal Teams du cours sert principalement à la communication entre étudiant(e)s. Pour communiquer avec l'enseignant, l'usage du courriel est préconisé.

### 3 Matériel nécessaire pour l'activité pédagogique

### 4 Références

- [1] DeepMind StarCraft 2 API. <https://github.com/deepmind/pysc2>, 2019.
- [2] ROS - Robot Operating System. <https://www.ros.org/>, 2021.
- [3] ALFONSO GEREVINI AND DEREK LONG : BNF Description of PDDL3.0. <https://helios.hud.ac.uk/scommv/IPC-14/repository/gerevini-long-unpublished-2005.pdf>, 2005.
- [4] BROWNE, CAMERON B. AND POWLEY, EDWARD AND WHITEHOUSE, DANIEL AND LUCAS, SIMON M. AND COWLING, PETER I. AND ROHLFSHAGEN, PHILIPP AND TAVENER, STEPHEN AND PEREZ, DIEGO AND SAMOTHRAKIS, SPYRIDON AND COLTON, SIMON : A Survey of Monte Carlo Tree Search Methods. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 4(1):1–43, 2012.
- [5] EDMUND H. DURFEE : Distributed Problem Solving and Planning. In *EASSS*, 2001. Disponible à <https://pdfs.semanticscholar.org/8f03/09b15dc027dcf4d6642aa7d13f7d5617e4ba.pdf>.
- [6] GHALLAB, MALIK AND NAU, DANA AND TRAVERSO, PAOLO : *Automated Planning and Acting*. Cambridge University Press, USA, 1st édition, 2016.
- [7] IOAN A. ŞUCAN AND MARK MOLL AND LYDIA E. KAVRAKI : The Open Motion Planning Library. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(4):72–82, December 2012. <https://ompl.kavrakilab.org>.
- [8] JONATHAN HUI : RL — Imitation Learning. <https://jonathan-hui.medium.com/rl-imitation-learning-ac28116c02fc>, 2018.
- [9] LAVALLE, STEVEN M. : *Planning Algorithms*. Cambridge University Press, USA, 2006.
- [10] MIQUEL RAMÍREZ AND HECTOR GEFFNER : Probabilistic Plan Recognition Using Off-the-Shelf Classical Planners. In MARIA FOX AND DAVID POOLE, éditeur : *Proceedings of the Twenty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence, AAAI 2010, Atlanta, Georgia, USA, July 11-15, 2010*. AAAI Press, 2010.
- [11] MIQUEL RAMÍREZ AND HECTOR GEFFNER : Goal Recognition over POMDPs : Inferring the Intention of a POMDP Agent. In TOBY WALSH, éditeur : *IJCAI 2011, Proceedings of the 22nd International Joint Conference on Artificial Intelligence, Barcelona, Catalonia, Spain, July 16-22, 2011*, pages 2009–2014. IJCAI/AAAI, 2011.
- [12] MNIH, VOLODYMYR AND KAVUKCUOGLU, KORAY AND SILVER, DAVID AND RUSU, ANDREI A. AND VENESS, JOEL AND BELLEMARE, MARC G. AND GRAVES, ALEX AND RIEDMILLER, MARTIN AND FIDJELAND, ANDREAS K. AND OSTROVSKI, GEORG AND PETERSEN, STIG AND BEATTIE, CHARLES AND SADIK, AMIR AND ANTONOGLU, IOANNIS AND KING, HELEN AND KUMARAN, DHARSHAN AND WIERSTRA, DAAN AND LEGG, SHANE AND HASSABIS, DEMIS : Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*, 518(7540):529–533, feb 2015.
- [13] ROSS, STEPHANE AND GORDON, GEOFFREY AND BAGNELL, DREW : A Reduction of Imitation Learning and Structured Prediction to No-Regret Online Learning. In GORDON, GEOFFREY AND DUNSON, DAVID AND DUDÍK, MIROSLAV, éditeur : *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, pages 627–635, Fort Lauderdale, FL, USA, 11-13 Apr 2011. PMLR.
- [14] SILVER, DAVID AND HUANG, AJA AND MADDISON, CHRIS J. AND GUEZ, ARTHUR AND SIFRE, LAURENT AND VAN DEN DRIESSCHE, GEORGE AND SCHRITTWIESER, JULIAN AND ANTONOGLU, IOANNIS AND PANNEERSHELVAM, VEDA AND LANCTOT, MARC AND DIELEMAN, SANDER AND GREWE, DOMINIK AND NHAM, JOHN AND KALCHBRENNER, NAL AND SUTSKEVER, ILYA AND LILICRAP, TIMOTHY AND LEACH, MADELEINE AND KAVUKCUOGLU, KORAY AND GRAEPEL, THORE AND HASSABIS, DEMIS : Mastering the Game of Go with Deep Neural Networks and Tree Search. *Nature*, 529(7587):484–489, jan 2016.
- [15] SUTTON, RICHARD S. AND BARTO, ANDREW G. : *Reinforcement Learning : An Introduction*. The MIT Press, Second édition, 2018.

## 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

---