



Département d'informatique
IFT 608 / IFT 702
Planification en intelligence artificielle
Plan de cours
Hiver 2023

Professeur**Froduald Kabanza**

Courriel : kabanza@usherbrooke.ca
Local : D4-1022-2
Téléphone : (819) 821-8000, 62865
Disponibilité : Vendredi 11h30 à 12h30 par Teams

Auxiliaires

Jordan Félicien Masakuna jordan.felicien.masakuna@usherbrooke.ca
D'Jeff Nkashama Kanda djeff.nkashama.kanda@usherbrooke.ca

Horaire

Judi	10h30 à 12h20	salle D3-2034
Vendredi	8h30 à 9h20	salle D3-2040

Description officielle de l'activité pédagogique

Objectifs	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	IFT615
Particularités	Cours jumelé : IFT 608 pour 1 ^{er} et IFT 702 pour les 2 ^e et 3 ^e cycles

1 Présentation

Cette section présente les objectifs et le contenu détaillé du cours.

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 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 Objectifs 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;
3. d'appliquer des algorithmes choisis à un problème simple.

1.3 Contenu détaillé

Thème	Sujet	Heures	Objectifs
1	Architecture d'un agent qui agit, apprend et planifie	1	1,2
1	<i>Rappel</i> : Planification avec des processus de décision de Markov; Programmation dynamique avec <i>value iteration</i> et avec <i>policy iteration</i> ; Programmation dynamique asynchrone; Generalised Policy Iteration	3	1,2
2	<i>Rappel</i> : Prediction - Approches Monte-Carlo pour estimer la valeur des états et pour les estimer la valeur de paires états-actions (fonction Q); Approche par différence temporelle pour estimer la valeur des états et pour les estimer la valeur de paires états-actions (fonction Q);	1	1,2
3	<i>Rappel</i> : Apprentissage par renforcement par différence temporelle; <i>Q-Learning</i> ; <i>SARSA</i> ; Approximation de fonction	2	1,2
4	Apprentissage profond par renforcement – <i>Deep Q-Learning</i>	3	1,2
5	Apprentissage par renforcement profond – <i>Deep Policy Gradient</i> : <i>Reinforce</i> et <i>Actor-Critic</i>	3	1,2
6	<i>Imitation Learning</i> : Aperçu des approches: <i>Behaviour Cloning</i> ; <i>Direct Policy Learning</i> ; <i>Inverse Reinforcement Learning</i>	1	1,2
7	Architecture d'un agent qui agit, apprend et planifie	1	1,2
8	Planification avec la recherche heuristique dans un espace d'états – Monte-Carlo Tree Search	2	1,2
9	Planification de trajectoires avec évitement d'obstacles : Représentations géométriques et transformations ; Espace de configurations ; Détection de collisions ; Approches par décomposition exacte ; Approches par échantillonnage; Algorithme de planification avec des contraintes différentielles	3	1,2
10	Planification déterministe déterministe avec la recherche heuristique dans	3	1,2

	l'espace d'états et un modèle d'actions symbolique : Langage PDDL pour modéliser des actions ; Extraction automatique d'heuristiques à partir d'un modèle symbolique d'actions		
11	Planification déterministe déterministe avec la recherche heuristique dans l'espace d'états, un modèle d'actions symbolique et le contrôle de la recherche : raisonnement temporel;	3	1, 2
12	Planification déterministe déterministe avec la recherche heuristique dans l'espace d'états, un modèle d'actions symbolique et le contrôle de la recherche : raisonnement hiérarchique;	3	1,2
13	Reconnaissance de buts, de plan, d'intention : énoncé du problème et aperçu des approches	1	1,2
14	Planification distribuée : énoncé du problème et aperçu des approches	1	1,2
15	Applications et notions avancées	5	3

2 Organisation

Cette section présente la méthode pédagogique utilisée, le calendrier officiel du cours, la méthode d'évaluation ainsi que l'échéancier des travaux.

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 étudiants de mettre en application des approches de planification le sélectionnées parmi celles vues en classe.

2.2 Contenu détaillé et calendrier du cours

Les dates dans le calendrier suivant pourraient varier en fonction du rythme dans le cours. La colonne des références indique entre crochets le matériel concerné pour chaque séance (voir la Section 3 pour la liste du matériel). Les chiffres suivant les crochets sont les sections dans le matériel indiqué.

Date	Cours magistraux	Lectures
Sem 1 5-6 Jan	Introduction	1 : 1, 3 : 1, 4 : 1
	Présentation du plan du cours	
	Architecture d'un agent qui agit, apprend et planifie <i>Rappel</i> : Planification avec des processus de décision de Markov : Programmation dynamique avec <i>value iteration</i> et avec <i>policy iteration</i> ; Programmation dynamique asynchrone; Generalised Policy Iteration	1 : 8.1 1 : 3, 4.1-4.6
Sem 2 12-13 Jan	<i>Rappel</i> : Prediction - Approches Monte-Carlo pour estimer la valeur des états et pour les estimer la valeur de paires états-actions (fonction Q); Approche par différence temporelle pour estimer la valeur des états et pour les estimer la valeur de paires états-actions (fonction Q);	1 : 5.1-5.2 1 : 6.1-6.2 1 : 6.4
	<i>Rappel</i> : Apprentissage par renforcement par différence temporelle; <i>Q-Learning</i> ; <i>SARSA</i> ; Approximation de fonction	1 : 6.3
Sem 3 19-20 Jan	Apprentissage profond par renforcement – <i>Deep Q-Learning</i>	1 : 9.7
	<i>Énoncé du Devoir 1</i>	
Sem 4 26-27 Jan	Apprentissage par renforcement profond – <i>Deep Policy Gradient</i> : <i>Reinforce</i> et <i>Actor-Critic</i>	1 : 13.1 1 : 13.3-13.5

	<i>Énoncé du Devoir 2</i>	
Sem 5 2-3 Fev	<i>Imitation Learning</i> : Aperçu des approches: <i>Behaviour Cloning</i> ; <i>Direct Policy Learning</i> ; <i>Inverse Reinforcement Learning</i>	2
	Planification avec la recherche heuristique dans un espace d'états – Monte-Carlo Tree Search	1 : 8.1 1 : 8.8-8.11
	<i>Énoncé du Projet</i>	
Sem 6 9-10 Fev		
Sem 7 16-17 Fev	Planification de trajectoires avec évitement d'obstacles : Représentations géométriques et transformations ; Espace de configurations ; Détection de collisions ; Approches par décomposition exacte ; Approches par échantillonnage; Algorithme de planification avec des contraintes différentielles	3 : 3-5 3 : 6.2-6.3 3 : 5 13 : 14
Sem 8 23-24 Fev	Examens périodiques (avec levée de cours)	
Sem 9 2-3 Mar	Relâche des activités pédagogiques	
Sem 10 9-10 Mar	Planification déterministe déterministe avec la recherche heuristique dans l'espace d'états et un modèle d'actions symbolique : Langage PDDL pour modéliser des actions ;	4 : 2.2-2.1 5
	<i>Évaluation du projet – Étape 1</i>	
Sem 11 16-17 Mar	Extraction automatique d'heuristiques à partir d'un modèle symbolique d'actions	4 : 2.7 4 : 7
	Planification déterministe déterministe avec la recherche heuristique dans l'espace d'états, un modèle d'actions symbolique et le contrôle de la recherche : raisonnement temporel;	
Sem 12 23-24 Mar	Planification déterministe déterministe avec la recherche heuristique dans l'espace d'états, un modèle d'actions symbolique et le contrôle de la recherche : raisonnement hiérarchique;	4 : 8
	<i>Énoncé du devoir 3</i>	
Sem 13 30-31 Mar	Reconnaissance de buts, de plan, d'intention : énoncé du problème et aperçu des approches	6
	Planification distribuée : énoncé du problème et aperçu des approches	7
	<i>Évaluation du projet – Étape 2</i>	
Sem 14 6-8 Avr	Pas de cours jeudi : temps pour travail sur le projet et préparer les présentations	
	Congé universitaire vendredi : Vendredi Saint	
Sem 15 13-14 avr	<i>Évaluation du projet – Étape 3</i>	
	<i>Évaluation du sujet avancé</i>	
Sem 16	Examens finaux	

2.3 Évaluation

Travail Pratique	IFT 608	IFT 702
Devoir 1	10%	10%
Devoir 2	10%	10%
Devoir 3	10%	10%
Projet / étape 1	15 %	15 %
Projet / étape 2	20%	20 %
Projet / étape 3	35 %	25 %
Sujet avancé	N/A	10 %

Le sujet avancé est pour les étudiants gradués. Ils devront le valider avec l'enseignant au préalable en même temps que l'énoncé du projet.

2.4 Échéancier des travaux

Travail pratique	Publication de l'énoncé	Date limite de remise	Pondération IFT608	Pondération IFT702
Devoir 1	Vendredi 19 janvier	Jeudi 26 janvier à minuit	10%	10%
Devoir 2	Vendredi 27 janvier	Jeudi 2 février à minuit	10%	10%
Devoir 3	Vendredi 24 mars	Jeudi 30 mars à minuit	10%	10%
Projet / Étape 1	Vendredi 3 février	Mercredi 8 mars à minuit	15 %	15%
Projet / Étape 2	Vendredi 3 février	Mercredi 29 mars à minuit	20%	20%
Projet / Étape 3	Vendredi 3 février	Mercredi 12 avril à minuit	35%	25%
Sujet avancé	Vendredi 3 février	Mercredi 12 avril à minuit	N/A	10%

Directives particulières

Les énoncés, les critères d'évaluation et les autres directives seront communiqués au moment approprié. Les directives particulières suivantes vont s'appliquer.

Toute soumission d'un travail pratique en retard vaudra zéro, à moins qu'elle soit motivée par des raisons valables et conformes au règlement des études.

Les devoirs sont individuels. Le projet pourra se faire par groupe de quatre. Un groupe de deux est recommandé pour un apprentissage optimal.

2.5 Utilisation d'appareil électronique et du courriel

Selon le règlement complémentaire des études, section 4.2.3¹, l'utilisation d'ordinateurs, de cellulaires ou de tablettes pendant une prestation est interdite à condition que leur usage soit explicitement permis dans le plan de cours.

Dans ce cours, l'usage de téléphones cellulaires est interdit. Celui des de tablettes ou d'ordinateurs est autorisé uniquement pour prendre des notes. Le son doit être coupé en tout temps. Cette permission peut être retirée en tout temps si leur usage entraîne des abus.

Comme indiqué dans le règlement universitaire des études, section 4.2.3², toute utilisation d'appareils de captation de la voix ou de l'image exige la permission du professeur.

L'utilisation des chats Teams est recommandée pour poser vos questions à la place du courriel.

1 https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Intranet/Informations_academiques/Sciences_Reglement_complementaire_2017-05-09.pdf

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

2.6 Matériel du cours

Documents

1. Richard S. Sutton & Andrew H. Barto (2020). *Reinforcement Learning : An Introduction*. Second Edition, 2020, publié par MIT Press et disponible en ligne: <http://www.incompleteideas.net/book/the-book-2nd.html>
2. Zoltan Lorincz. A brief Overview of Imitation Learning. <https://smartlabai.medium.com/a-brief-overview-of-imitation-learning-8a8a75c44a9c>
3. Steven Lavalle (2006). *Planning Algorithms*. Morgan Kaufmann. Cambridge University Press. <http://planning.cs.uiuc.edu/>
4. Malik Ghallab, Dana Nau & Paolo Traverso (2016). *Automated Planning and Acting*. <http://projects.laas.fr/planning/book.pdf>
5. PDDL Language (2005): <https://helios.hud.ac.uk/scommv/IPC-14/repository/gerevini-long-unpublished-2005.pdf>
6. Durfee (2001). Distributed problem solving and planning. <https://pdfs.semanticscholar.org/8f03/09b15dc027dcf4d6642aa7d13f7d5617e4ba.pdf>
7. Masters & Sardina (2019). Cost-Based Goal Recognition in Navigational Domains. *JAIR*. <https://www.jair.org/index.php/jair/article/view/11343>
8. Les diapositives du cours sont disponibles en ligne
9. **Optionnel:** *Artificial Intelligence: A Modern Approach (AIMA)* de Stuart Russel & Peter Norvig. *Fourth Edition*, 2020, publiée par Pearson. Ce livre est utilisé par le cours IFT615. Il recoupe les références précédentes à beaucoup d'égards. Il est moins profond sur certains aspects.

Logiciels

1. OpenAI Gym <https://gymnasium.farama.org/>
2. ROS (framework de programmation de robots): <http://www.ros.org/>
3. OMPL (planification de trajectoires) : <http://ompl.kavrakilab.org/>