



Département d'informatique

IFT 615  
Intelligence artificielle

Plan de cours

*Hiver 2019*

---

**Professeur****Froduald Kabanza**

Courriel : [kabanza@usherbrooke.ca](mailto:kabanza@usherbrooke.ca)  
Local : D4-1022-2  
Téléphone : (819) 821-8000, 62865  
Site : [planiart.usherbrooke.ca/cours/ift615](http://planiart.usherbrooke.ca/cours/ift615)  
Disponibilité : Jeudi 14 h 30 à 15 h 30 ou sur rendez-vous

**Auxiliaire****Antoine Théberge**

Courriel : [Antoine.Theberge@USherbrooke.ca](mailto:Antoine.Theberge@USherbrooke.ca)

---

**Horaire**

Judi	13 h 30 à 14 h 20	salle D3-2040
Vendredi	8 h 30 à 10 h 20	salle D3-2040

---

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

Objectifs	Connaître les fondements de l'intelligence artificielle. Comprendre les caractéristiques et propriétés des techniques de base utilisées en intelligence artificielle. Savoir choisir et appliquer les différentes approches en fonction du problème à résoudre.
Contenu	Notions d'agent et d'environnement. Recherche heuristique (A*) et locale. Raisonnement dans un jeu à deux adversaires. Satisfaction de contraintes. Logique de premier ordre. Réseaux bayésiens (dynamiques) et processus de décision de Markov. Apprentissage supervisé (Perceptron, régression logistique et réseaux de neurones artificiels). Apprentissage par renforcement. Autres sujets d'intelligence artificielle non couverts parmi les précédents.
Crédits	3
Organisation	3 heures d'exposé magistral par semaine 6 heures de travail personnel par semaine
Préalable	IFT436 et (STT289 ou STT418)

---

<sup>1</sup> <https://www.usherbrooke.ca/admission/fiches-cours/ift615/>

## 1 Présentation

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

### 1.1 Mise en contexte

L'intelligence artificielle (IA) a le potentiel de changer nos vies significativement sur bien des aspects sociaux et économiques. Des applications dans plusieurs domaines montrent déjà des capacités d'apprentissage automatique, de prise de décision autonome, et d'interaction humain-machine. Les assistants virtuels comme Siri, Google Now, Alexa ou Cortana sont déjà entrés dans nos vies. Les voitures autonomes sont annoncées pour bientôt. La reconnaissance d'image, la traduction de texte, l'aide à la navigation et l'aide au diagnostic médical sont autant d'autres illustrations du potentiel de l'IA. Mais on est encore loin d'avoir une IA comparable à l'intelligence humaine. On est capable de coder une IA pour un domaine aussi pointu que le diagnostic médical ou aussi complexe que le jeu de Go, mais on ne sait pas encore comment programmer une IA capable d'avoir un niveau d'intuition et une capacité d'apprentissage d'un enfant de quatre ans. L'IA demeure un domaine d'avenir, avec des défis de recherche stimulants et beaucoup de retombées potentielles dans plusieurs domaines.

Le cours IFT 615 couvre les méthodes et les outils fondamentaux sur lesquels reposent la plupart des techniques actuelles pour programmer des logiciels dotés d'une certaine forme d'IA. Nous verrons les propriétés (forces et faiblesses) de ces méthodes et apprendrons à différencier les contextes d'application selon leur méthode la plus appropriée. Sur le plan pratique, les étudiants auront à programmer des algorithmes d'IA présentés dans le cours.

### 1.2 Objectifs spécifiques

À la fin de cette activité pédagogique, l'étudiante ou l'étudiant devrait connaître, comprendre et être capable d'appliquer les approches de base en :

1. notions de base en intelligence artificielle ;
2. recherche heuristique en intelligence artificielle (algorithme A\*) ;
3. recherche locale ;
4. intelligence artificielle dans un jeu à deux adversaires ;
5. résolution de problèmes par la satisfaction de contraintes ;
6. inférence pour la logique de premier ordre (preuve par résolution) ;
7. raisonnement probabiliste en intelligence artificielle (réseaux bayésiens et réseaux bayésiens dynamiques) ;
8. planification par les processus de décision de Markov ;
9. apprentissage supervisé, incluant les réseaux neuronaux ;
10. apprentissage par renforcement ;
11. et, optionnellement, d'autres sujets d'intelligence artificielle.

En plus, à la fin du cours, l'étudiant devra posséder une vision générale de ces méthodes et savoir choisir la meilleure méthode pour une situation d'application donnée.

### 1.3 Contenu détaillé

Thème	Cours Magistraux	Heures	Objectifs
1	<b>Agents intelligents</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition</li> <li>• Types d'environnements</li> </ul>	1	1
2	<b>Recherche heuristique globale</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recherche dans un graphe,</li> <li>• Algorithme A*</li> <li>• Heuristiques admissibles et monotones</li> </ul>	2	2
3	<b>Recherche heuristique locale</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algorithme <i>hill-climbing</i></li> <li>• Algorithme recuit-simulé</li> </ul>	1	3

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Algorithmes génétiques.</li> </ul>		
4	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Satisfaction des <i>backtracking search</i></b></li> <li><i>AC-3</i></li> </ul>	2	5
5	<b>Recherche heuristique pour les jeux compétitifs</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Minmax</li> <li>Alpha-beta pruning</li> </ul>	3	4
6	<b>Logique du premier ordre</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Syntaxe et sémantique</li> <li>Modus ponens</li> <li>Algorithme d'unification (<i>pattern matching</i>).</li> <li>Preuve par résolution</li> </ul>	4	6
7	<b>Raisonnement probabiliste</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rappel de la théorie des probabilités</li> <li>Réseaux bayésiens</li> <li>Inférences dans un réseau bayésien</li> <li>Indépendance et D-séparation</li> </ul>	4	7
8	<b>Raisonnement probabiliste temporel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Inférence dans les modèles temporels</li> <li>Chaîne de Markov</li> <li>Modèle de Markov caché</li> <li>Inférence par programmation dynamique</li> </ul>	4	7
9	<b>Processus de décision Markoviens</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Définition</li> <li>Valeur d'un plan</li> <li>Algorithme <i>value-iteration</i>.</li> <li>Algorithme <i>policy-iteration</i></li> </ul>	2	8
10	<b>Apprentissage par renforcement</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Apprentissage passif (différence temporelle)</li> <li>Apprentissage actif (<i>Q-learning</i>)</li> <li>Dilemme exploration vs exploitation</li> </ul>	3	10
11	<b>Apprentissage supervisé</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Perceptron</li> <li>Régression logistique</li> <li>Réseaux de neurones artificiels</li> </ul>	3	10
12	Autres sujets choisis en intelligence artificielle	6	11

Tous les thèmes, à part le 11<sup>e</sup>, doivent être couverts. Les heures pour certains thèmes peuvent varier de plus ou moins une heure.

## 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.

Quatre travaux pratiques permettront aux étudiants de mettre en application des approches d'intelligence artificielle sélectionnées parmi celles vues en classe.

### 2.2 Contenu détaillé et calendrier

Les dates dans le calendrier suivant pourraient varier en fonction du rythme dans le cours. Les sections font référence au livre *Artificial Intelligence : A Modern Approach (AIMA)* de Stuart Russel & Peter Norvig. *Third Edition* publié par Prentice Hall en 2009.

Date	Cours Magistraux	Sections dans le livre AIMA
Sem 1 JE 10/1 VE 11/1	<b>Introduction</b>	1
	Présentation du plan d'activité pédagogique	
	<b>Agents intelligents :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition</li> <li>• Types d'environnements</li> </ul>	2, 7.1
	<b>Recherche heuristique globale :</b> Comment utiliser la recherche heuristique pour trouver un chemin optimal ? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recherche dans un graphe,</li> <li>• Algorithme A*</li> </ul>	3
Sem 2 JE 17/1 VE 18/1	<b>Recherche heuristique locale :</b> Comment utiliser une recherche heuristique locale pour trouver rapidement un bon chemin ? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algorithme <i>hill-climbing</i></li> <li>• Algorithme recuit-simulé</li> <li>• Algorithmes génétiques</li> </ul>	4.1
	<b>Satisfaction des contraintes :</b> Comment modéliser et solutionner des problèmes par une approche de satisfaction de contraintes ? <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>backtracking search</i></li> <li>• <i>AC-3</i></li> </ul>	6.1 à 6.4
Sem 3 JE 24/1 VE 25/1	<b>Recherche heuristique pour les jeux compétitifs :</b> Comment utiliser la recherche heuristique pour décider les bonnes actions qu'un système doit prendre face à un joueur (adversaire) ? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algorithme <i>Minmax</i></li> <li>• Algorithme <i>Alpha-beta pruning</i></li> <li>• <i>Expectimax</i></li> </ul>	5.1 à 5.5
Sem 4 JE 31/1 VE 1/2	<b>Pas de cours magistral : Travail sur TP #2</b>	

Date	Cours Magistraux	Sections dans le livre AIMA
<b>Sem 5</b> JE 7/2 VE 8/2	<b>Raisonnement probabiliste</b> : Comment modéliser le raisonnement probabiliste avec réseaux bayésiens ? <ul style="list-style-type: none"> <li>Rappel de la théorie des probabilités</li> <li>Réseaux bayésiens</li> <li>Inférences dans un réseau bayésien</li> <li>Indépendance et D-séparation</li> <li>Apprentissage dans un réseau bayésien</li> </ul>	13 14.1-14.5
<b>Sem 6</b> JE 14/2 VE 15/2	<b>Raisonnement probabiliste temporel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modèle de Markov caché</li> <li>Inférence par programmation dynamique dans un modèle de Markov caché</li> <li>Filtres particulières (couvert à travers TP)</li> </ul>	15.1 à 15.3 15.5
<b>Sem 7</b> JE 21/2 VE 22/2	<b>Apprentissage supervisé avec les réseaux de neurones</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>K plus proches voisins</li> <li>Perceptron</li> <li>Régression logistique</li> </ul>	18.7
	<b>Révisions en vue de l'intra</b>	
<b>23/2 au 2/3</b>	<b>Examen périodique</b>	
<b>4/3 au 8/3</b>	<b>Relâche</b>	
<b>Sem 8</b> JE 14/3 VE 15/3	<b>Correction de l'intra</b>	
	<b>Apprentissage supervisé avec les réseaux de neurones (suite)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Optimisation de la perte avec la descente du gradient</li> <li>Réseaux de neurones artificiels</li> </ul>	
<b>Sem 9</b> JE 21/3 VE 22/3	<b>Apprentissage profond avec application choisie (possiblement en vision, la reconnaissance de plan dans un domaine de navigation ou un autre domaine)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cours invité par Mariane Maynard</li> </ul>	
<b>Sem 10</b> JE 28/3 VE 29/3	<b>Apprentissage par renforcement</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Apprentissage passif</li> <li>Apprentissage actif (<i>Q-learning</i>)</li> <li>Dilemme exploration vs exploitation</li> </ul>	18.1, 21.1-21.3
<b>Sem 11</b> JE 4/4 VE 5/4	<b>Processus de décision Markoviens (Jeudi)</b> : Comment planifier des décisions séquentielles à l'aide des processus de décision Markoviens ? <ul style="list-style-type: none"> <li>Algorithme <i>value-iteration</i></li> <li>Algorithme <i>policy-iteration</i></li> </ul>	17.1 à 17.4
	<b>Logique du premier ordre (Vendredi)</b> : Comment modéliser le raisonnement déductif avec la logique du premier ordre ? <ul style="list-style-type: none"> <li>Syntaxe et sémantique</li> <li>Modus ponens</li> <li>Algorithme d'unification (<i>pattern matching</i>)</li> <li>Preuve par résolution comme illustration du raisonnement déductif</li> </ul>	7, 8 9.1 à 9.2, 9.5

Date	Cours Magistraux	Sections dans le livre AIMA
Sem 12 JE 11/4	<b>Logique du premier ordre</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preuve par résolution comme illustration du raisonnement déductif (Exercice)</li> </ul>	
	<b>Révisions en vue de l'examen final</b>	
<b>12/4 au 26/4</b>	<b>Examen final</b>	
<b>Fin du cours</b>		

## 2.3 Évaluation

Travaux pratiques :	50 %
Examen périodique :	15 %
Examen final :	35 %

Les examens sont à livre fermé. Vous avez droit à une feuille d'aide-mémoire personnelle, recto verso.

## 2.4 Qualité du français et de la présentation

Conformément au règlement facultaire d'évaluation des apprentissages<sup>2</sup>, 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.

## 2.5 Utilisation d'appareils électroniques et du courriel

Selon le règlement complémentaire des études, section 4.2.3<sup>3</sup>, l'utilisation d'ordinateurs, de cellulaires ou de tablettes pendant une prestation est interdite à moins que leur usage ne 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 4.2.3<sup>4</sup>, toute utilisation d'appareils de captation de la voix ou de l'image exige la permission du professeur.

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

## 2.6 Échéancier et critères d'évaluation du projet

Travail pratique	Publication de l'énoncé	Date limite de remise	Pondération	Sujet
TP 1	Vendredi 11 janvier	Mercredi 23 janvier à minuit	10 %	Recherche heuristique
TP 2	Vendredi 25 janvier	Mercredi 13 février à minuit	10 %	Algorithmes multi-agents
TP 3	Vendredi 15 février	Mercredi 13 mars à minuit	10 %	Inférences probabilistes
TP 4	Vendredi 15 mars	Mercredi 27 mars à minuit	10 %	Apprentissage supervisé

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

<sup>3</sup> [https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/Etudiants\\_actuels/Informations\\_academiques\\_et\\_reglements/2017-10-27\\_Reglement\\_facultaire\\_-\\_evaluation\\_des\\_apprentissages.pdf](https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/2017-10-27_Reglement_facultaire_-_evaluation_des_apprentissages.pdf)

<sup>4</sup> <https://www.usherbrooke.ca/registraire/droits-et-responsabilites/reglement-des-etudes/>

TP 5	Mardi 19 mars	Jeudi 11 avril à minuit	10 %	Apprentissage par renforcement
------	---------------	-------------------------	------	--------------------------------

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 (par exemple, maladie avec attestation du médecin).
- Les devoirs pourront se faire par groupe de deux.

### 3 Matériel pour le cours

Il n'y a pas de manuel obligatoire. On peut facilement suivre le cours avec les présentations (PowerPoint) des cours magistraux disponibles sur le site web du cours.

L'essentiel du contenu est basé sur le livre *Artificial Intelligence : A Modern Approach (AIMA) de Stuart Russel & Peter Norvig. Third Edition* publié par Prentice Hall en 2009, bien que dans certains cas la présentation soit différente. Une version anglaise ainsi qu'une version française sont en réserve à la bibliothèque. C'est le livre le plus référencé par les cours d'introduction à l'intelligence artificielle dans la plupart des universités. Mais il date un peu et la 4<sup>e</sup> édition se fait attendre. Ce n'est pas une mauvaise idée de se le procurer, mais ce n'est plus obligatoire.

Les [capsules en ligne sur YouTube d'Hugo Larochelle](#) sont fortement recommandées. Elles sont bien alignées avec les présentations (PowerPoint) du cours.



UNIVERSITÉ DE

SHERBROOKE

## L'intégrité intellectuelle passe, notamment, par la reconnaissance des sources utilisées.

### 4 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 autoplaijat, 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 ;

[...]

#### **4.1 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 (autoplaijat).

---

### **Autrement dit : mentionnez vos sources**

---