



Département d'informatique

## IFT 615 Intelligence artificielle

Plan de cours

*Hiver 2018*

### 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 15 h à 16 h ou sur rendez-vous

### Auxiliaire

#### Mariane Maynard

Courriel : [Mariane.Maynard@USherbrooke.ca](mailto:Mariane.Maynard@USherbrooke.ca)  
 Téléphone : (819) 821-8000, 62872

### Horaire

Jeudi	13 h 30 à 14 h 20	salle D3-2037
Vendredi	8 h 30 à 10 h 20	salle D3-2037

### 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 ou IFT438) et (STT389 et STT418)

<sup>1</sup> <http://www.usherbrooke.ca/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 sans pilotes 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
JE 11/1	<b>Introduction</b>	1
	Présentation du plan d'activité pédagogique	
VE 12/1	<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> <li>Heuristiques admissibles et monotones</li> </ul>	3
JE 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
VE 19/1	<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
JE 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 Minmax</li> </ul>	5.1 à 5.5
VE 26/1	<b>Recherche heuristique pour les jeux compétitifs (suite)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Algorithme <i>Alpha-beta pruning</i></li> <li><i>Expectimax</i></li> </ul>	5.1 à 5.5
JE 1/2	<b>Logique du premier ordre :</b> Comment modéliser le raisonnement déductif avec la logique du premier ordre? <ul style="list-style-type: none"> <li>Syntaxe et sémantique</li> </ul>	7, 8

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modus ponens</li> </ul>	
VE 2/2	<b>Exemples d'inférences ave de la logique du premier ordre</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algorithme d'unification (<i>pattern matching</i>)</li> <li>• Preuve par résolution comme illustration du raisonnement déductif</li> </ul>	9.1 à 9.2, 9.5
JE 8/2	<b>Planification avec des modèles d'action logiques (planification classique)</b>	10
VE 9/2	<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> </ul>	13 14.1-14.5
JE 15/2	<b>Raisonnement probabiliste (suite)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apprentissage dans un réseau bayésien</li> </ul>	
VE 16/2	<b>Raisonnement probabiliste temporel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèle de Markov caché</li> <li>• Inférence par programmation dynamique</li> </ul>	15.1 à 15.3
JE 22/2	<b>Raisonnement probabiliste temporel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtres particulières</li> </ul>	15.5
VE 23/2	<b>Temps libre pour travailler sur le dernier TP</b>	
<b>Du Samedi 24 février au 3 mars :</b> Examen périodique et levé de cours		
<b>Du lundi 5 mars au vendredi 9 mars :</b> Relâche des activités pédagogiques		
JE 15/3	<b>Correction de l'intra</b>	
VE 16/3	<b>Processus de décision Markoviens</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
JE 22/3	<b>Apprentissage par renforcement</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apprentissage passif (différence temporelle)</li> </ul>	18.1, 21.1-21.3
VE 23/3	<b>Apprentissage par renforcement</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apprentissage actif (<i>Q-learning</i>)</li> <li>• Dilemme exploration vs exploitation</li> </ul>	
JE 29/3	<b>Apprentissage supervisé avec les réseaux de neurones</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perceptron</li> <li>• Régression logique</li> </ul>	18.7
<b>VE 30/3</b>	<b>Congé : Vendredi Saint.</b>	
JE 5/4	<b>Apprentissage supervisé avec les réseaux de neurones (suite)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réseaux de neurones artificiels</li> </ul>	
VE 6/4	<b>Apprentissage supervisé avec les réseaux de neurones (suite)</b>	

JE 12/4	<b>Temps libre pour compléter le dernier TP</b>	
VE 13/4	<b>Temps libre pour compléter le dernier TP</b>	
<b>Fin des cours et des travaux pratiques à partir du lundi 16 avril.</b> Les examens finaux ont lieu du 18 au 28 avril. <b>Examen final</b> : Couvre toute la matière.		

### 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 à l'article 17 du 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 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 4.2.3<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 12 janvier	Jeudi 25 janvier à minuit	10 %	Recherche heuristique
TP 2	Vendredi 26 janvier	Jeudi 15 février à minuit	10 %	Algorithmes multi-agents
TP 3	Vendredi 16 février	Jeudi 22 mars à minuit.	10 %	Inférences probabilistes
TP 4	Vendredi 23 mars	Jeudi 5 avril à minuit.	10 %	Apprentissage par renforcement
TP 5	Vendredi 6 avril	Lundi 16 avril à minuit	10 %	Réseaux de neurones

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

<sup>2</sup> <http://www.usherbrooke.ca/sciences/intranet/informations-academiques/reglement-devaluation/>

<sup>3</sup> <http://www.usherbrooke.ca/sciences/intranet/informations-academiques/reglement-devaluation/>

<sup>4</sup> <http://www.usherbrooke.ca/programmes/references/reglement/>

- 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 quatre.

### 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.

---

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

---

### Extrait du Règlement des études

#### 8.1.2 Relativement aux activités pédagogiques

L'expression délit désigne d'abord tout acte ou toute manœuvre visant à tromper quant au rendement scolaire ou quant à la réussite d'une exigence relative à une activité pédagogique.

Sans restreindre la portée générale de ce qui précède, est considéré comme un délit :

- a) la substitution de personnes ou l'usurpation d'identité lors d'une activité évaluée ou obligatoire;
- b) le plagiat, soit le fait, dans une activité évaluée, de faire passer indûment pour siens des passages ou des idées tirés de l'œuvre d'autrui;
- c) l'obtention par vol ou par toute autre manœuvre frauduleuse de document ou de matériel, la possession ou l'utilisation de tout matériel non autorisé avant ou pendant un examen ou un travail faisant l'objet d'une évaluation;
- d) le fait de fournir ou d'obtenir toute aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle, pour un examen ou un travail faisant l'objet d'une évaluation;
- e) le fait de soumettre, sans autorisation préalable, une même production comme travail à une deuxième activité pédagogique;
- f) la falsification d'un document aux fins d'obtenir une évaluation supérieure dans une activité ou pour l'admission à un programme.

#### 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 (autoplégat)

---

## Autrement dit : mentionnez vos sources.

---