UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Département d'informatique

IFT 615
Intelligence artificielle

Examen final
Hiver 2012

Le vendredi 19 avril, 9 h 00 à 12 h 00, au D7-2016

PROFESSEUR
Hugo Larochelle
http://www.dmi.usherb.ca/~larocheh

INSTRUCTIONS

L'examen dure trois heures.

Le manuel (livre de référence) ainsi que deux (2) feuilles recto-verso de notes personnelles manuscrites **sont autorisés**. La **calculatrice est acceptée**. Par contre, **tout autre appareil électronique est strictement interdit**, en particulier tout appareil muni d'un moyen de communication.

L'examen comporte six (6) questions pour un total de quarante (40) points. Le questionnaire contient 16 pages incluant celle-ci.

Répondez directement sur le questionnaire aux endroits encadrés.

Des feuilles brouillon vous sont fournies.

Ne détachez aucune feuille de ce questionnaire.

Écrivez votre nom, prénom et matricule ci-dessous, puis signez.

NOM : ______________________________ **PRÉNOM :** ___________________________________

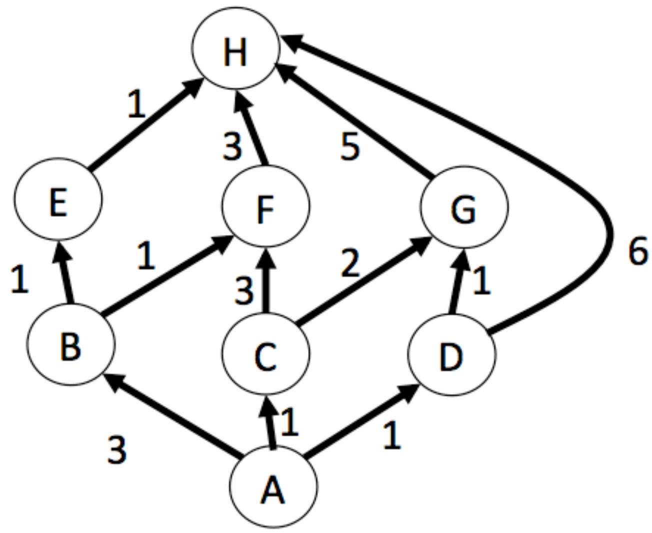
MATRICULE : __________________

SIGNATURE : ____

Q1 /7	Q2 /7	Q3 /7	Q4 /6	Q5 /7	Q6 /6	TOTAL /40

Question 1 (7 points) – *Recherche heuristique*

Soit le graphe et l'heuristique *h(n)* suivants :



n	*h(n)*
A	4
B	2
C	2
D	2
E	1
F	3
G	4
H	0

Le nœud de départ est A, et le nœud but est H. Le nombre près de chaque arrête est le coût associé à chaque transition entre les nœuds.

a) (5 points) Simulez l'exécution de l'algorithme A* pour ce graphe, en donnant l'état de la liste *open* au début de chaque itération. **N'oubliez pas de donner également la solution retournée par A* pour ce problème.**

b) (0.5 point) L'heuristique *h*(*n*) est-elle admissible? Justifiez votre réponse.

c) (0.5 point) L'heuristique *h*(*n*) est-elle monotone? Justifiez votre réponse.

d) (1 point) Donnez une heuristique admissible et monotone pour ce problème (spécifiez la valeur de votre heuristique pour tous les nœuds du graphe).

Question 2 (7 points) – *Logique du premier ordre*

Soit l'énoncé de faits suivant :

« Marie est une actrice. Jean est un acteur. Il a joué dans un film de Zombies. Marie a joué dans tous les films dans lesquels Jean a joué. Tous les films qui contiennent des créatures mythiques sont des films d'horreur. Un zombie est une créature mythique. »

On aimerait savoir si Marie a déjà joué dans un film d'horreur.

a) (3 points) Donnez l'ensemble des formules représentant tous les énoncés dans cette situation, sous forme de logique du premier ordre. Le niveau de détails de vos formules doit seulement être suffisant pour déterminer si Marie a déjà joué dans un film d'horreur. **Listez explicitement les variables, les constantes et les prédicats dans vos formules**.

b) (2 points) Convertissez les formules de la question a) sous forme normale conjonctive. Numérotez chaque formule.

c) (2 points) Utilisez la preuve par résolution afin de démontrer que Marie a déjà joué dans un film d'horreur. Vous pouvez faire référence à vos numéros de formule de la question b).

Question 3 (7 points) – *Raisonnement probabiliste*

a) (2 points) Soit la table de **probabilités conjointes** suivante :

A	*B*	*C*	*P(A,B,C)*
faux	*faux*	*faux*	0.11
faux	*faux*	*vrai*	0.05
faux	*vrai*	*faux*	0.1
faux	*vrai*	*vrai*	0.2
vrai	*faux*	*faux*	0.25
vrai	*faux*	*vrai*	0.11
vrai	*vrai*	*faux*	0.03
vrai	*vrai*	*vrai*	0.15

Calculez la probabilité conditionnelle $P(A{=}vrai|C{=}faux)$.

b) (3 points) Soit un réseau bayésien avec les **probabilités conditionnelles** suivantes :

A	*B*	*P*(*D*=*vrai*|*A*,*B*)
faux	*faux*	0.1
faux	*vrai*	0.2
vrai	*faux*	0.8
vrai	*vrai*	0.7

B	*P*(*A*=*vrai*|*B*)
faux	0.3
vrai	0.2

D	*P*(*C*=*vrai*|*D*)
faux	0.8
vrai	0.3

P(*B*=*vrai*)
0.4

Calculez la probabilité conditionnelle *P*(*B*=*vrai*|*D*=*faux*).

c) (1.5 point) Soit un modèle de Markov caché où les variables cachées H_t et observées S_t ont comme domaine {*nord*,*sud*,*est*,*ouest*}. Supposons que la séquence S_1=*nord*, S_2=*sud*, S_3=*sud*, S_4=*ouest* et S_5=*nord* soit observée, et que vous ayez calculé les tableaux α et β suivants :

α(i,t)

i \ t	1	2	3	4	5
nord	0.025	0.00319	0.0008	0.00098	0.00011
est	0.05	0.0375	0.0095	0.00038	0.00027
sud	0.025	0.01375	0.00284	0.00227	0.00012
ouest	0.15	0.00256	0.0008	0.00098	0.00067

β(i,t)

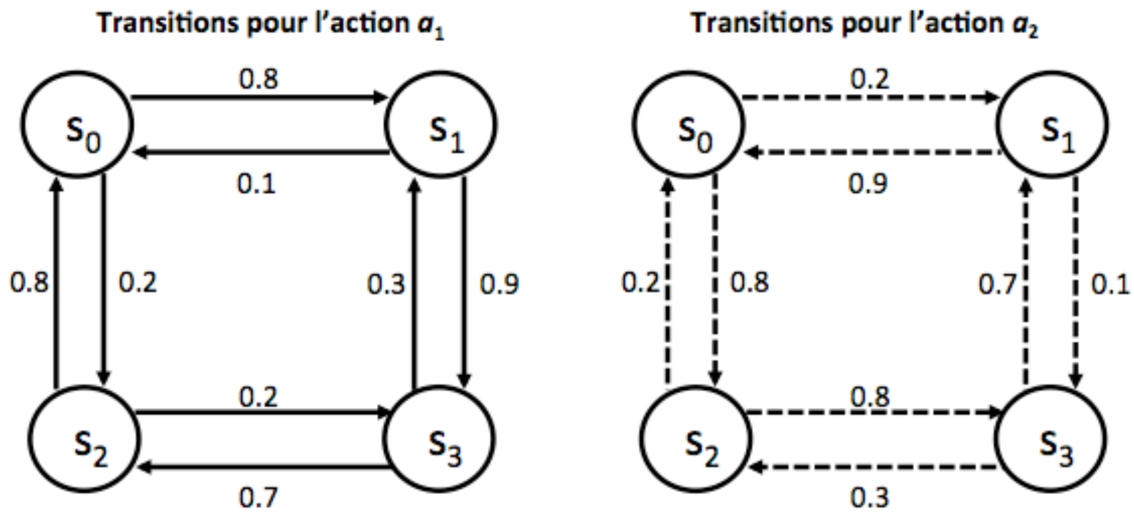
i \ t	1	2	3	4	5
nord	0.00261	0.0104	0.06588	0.24	1
est	0.00466	0.01924	0.08525	0.285	1
sud	0.00632	0.02654	0.08409	0.28	1
ouest	0.00475	0.01929	0.08404	0.195	1

Calculez la distribution de lissage au temps t=2, c.-à-d.
P(H_2| S_1=*nord*, S_2=*sud*, S_3=*sud*, S_4=*ouest* et S_5=*nord*)

d) (0.5 point) Quelles sont les définitions de $\alpha(i,t)$ et $\beta(i,t)$? En d'autres mots, à quelles probabilités dans un modèle de Markov caché correspondent ces valeurs?

Question 4 (6 points) – *Processus de décision markovien (PDM)*

Soit le processus de décision markovien (PDM) ayant l'ensemble d'état $S = \{s_0, s_1, s_2, s_3\}$, l'ensemble d'actions A = $\{a_1, a_2\}$, la fonction de récompense $R(s_0) = -1$, $R(s_1) = -5$, $R(s_2) = 1$ et $R(s_3) = 10$, un facteur d'escompte $\gamma = 0.5$, ainsi que les distributions de transition (environnement) suivantes:



a) (5 points) Simulez une itération de l'algorithme d'itération par valeurs (*value iteration*) appliqué à ce PDM. Utilisez l'initialisation $V(s_0) = -1$, $V(s_1) = -5$, $V(s_2) = 1$ et $V(s_3) = 10$. À la fin de la deuxième itération, **donnez également la politique qui serait alors retournée par l'algorithme**.

b) (1 point) Supposons que vous n'ayez pas accès aux distributions de transition, mais que vous ayez accès à un simulateur pour ce PDM. Quel type d'approche devriez-vous alors prendre, afin de trouver la politique optimale pour ce PDM?

Question 5 (7 points) – *Apprentissage automatique*

Soit l'ensemble d'entraînement suivant :

$\mathbf{x}_t$	y_t
[2,0]	1
[0,3]	0
[3,0]	0
[1,1]	1

a) (5 points) Simulez une itération de l'algorithme du Perceptron sur cet ensemble. Vous devez donc parcourir chaque exemple une seule fois, du haut vers le bas. Utilisez un taux d'apprentissage α = 0.1, et initialisez le vecteur de poids **w** à [0,0] et le biais *b* à 0.5.

b) (2 points) On vous demande de développer un système de reconnaissance de panneaux de signalisation, à insérer dans un système de conduite automatique de voiture. Le système doit pouvoir prendre en entrée une image et déterminer si l'image contient ou non un panneau de signalisation. Vous avez à votre disposition deux ensembles d'images : un ensemble avec des images sans panneau de signalisation, et un autre où les images contiennent un panneau.

Décrivez comment vous pourriez utiliser l'algorithme du Perceptron afin d'implémenter un tel système de reconnaissance de panneau de signalisation. Votre réponse devrait contenir (1) les détails sur la représentation des données que vous utiliseriez et (2) la description d'une procédure correcte d'utilisation des ensembles d'images fournis afin de développer votre système et mesurer sa performance finale de façon non-biaisée.

Question 6 (6 points) – *Questions générales*

a) (1 point) Décrivez comment un algorithme de recherche locale pourrait être utilisé pour faire de l'apprentissage par renforcement.

b) (1 point) Pourquoi est-il important d'appliquer une technique de lissage à un modèle de langage?

c) (1 point) Décrivez ce qu'est le dilemme d'exploration vs. exploitation, et décrivez une façon de contrôler la balance entre l'exploration et l'exploitation d'un algorithme d'apprentissage par renforcement.

d) (1 point) Donnez un exemple d'application d'un modèle de Markov caché.

e) (1 point) Décrivez une façon d'améliorer la performance de généralisation d'un algorithme d'apprentissage par renforcement.

f) (1 point) Soit la fonction $f(x_1,x_2) = x_1 - \log(1+\exp(x_2 - x_1))$, calculez la dérivée partielle de $f(x_1,x_2)$ par rapport à x_1.

Fin de l'examen