

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Département d'informatique

IFT 615
Intelligence artificielle

Examen final
Été 2012

Le vendredi 10 août, 9 h 00 à 12 h 00, au D3-2037

PROFESSEUR

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

INSTRUCTIONS

L'examen dure trois heures.

Le manuel (livre de référence) **n'est pas autorisé**. Par contre, trois (3) feuilles recto-verso de notes personnelles manuscrites **sont autorisées**. 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 14 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 /7	Q5 /7	Q6 /5	TOTAL /40

Question 1 (7 points) – Recherche locale

Soit un espace d'états où un état $n = (i, j)$ correspond à une case à la rangée i et la colonne j sur une grille. De plus, soit la fonction objectif $F(n)$ ayant les valeurs suivantes, pour différentes valeurs de i et j :

	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6
i=1	4	4	2	1	1	0
i=2	4	5	7	3	2	1
i=3	3	10	8	4	2	6
i=4	2	6	4	0	8	10
i=5	1	0	2	6	15	12
i=6	0	0	3	4	9	7

Supposez que l'on souhaite trouver l'état n qui maximise la fonction $F(n)$.

a) (2.5 points) Simulez l'exécution de l'algorithme de *hill-climbing* en utilisant l'état $n=(2,5)$ (c'est-à-dire $i=2, j=5$) comme état (nœud) initial. Comme états successeurs d'un état (i, j) , utilisez les 4 états verticalement et horizontalement adjacents dans la grille (c'est-à-dire $(i+1, j)$, $(i-1, j)$, $(i, j+1)$ et $(i, j-1)$ pour un état qui n'est pas situé sur le bord de la grille). Dans votre simulation, **donnez la liste des états visités par l'algorithme.**

b) (2.5 points) Répétez la simulation de *hill-climbing*, mais en **ajoutant** aux états successeurs les états diagonalement adjacents dans la grille. Ainsi, pour un état qui n'est pas situé sur le bord de la grille, en plus des états $(i+1, j)$, $(i-1, j)$, $(i, j+1)$ et $(i, j-1)$ utilisés en a), considérez également les états $(i+1, j+1)$, $(i-1, j+1)$, $(i+1, j-1)$ et $(i-1, j-1)$. Dans votre simulation, **donnez la liste des états visités par l'algorithme.**

c) (1 point) Dans un algorithme génétique, **quelles sont les 3 étapes** à travers lesquelles l'algorithme passe afin de produire les états n^* de la nouvelle génération ?

d) (1 point) Soit une population $\{(1,2),(5,2),(4,6),(3,4)\}$ de valeurs de n , **donnez un exemple de l'exécution des 3 étapes** données à la question c) et **donnez un exemple d'état n^*** qui pourrait être généré.

Question 2 (7 points) – *Raisonnement probabiliste*

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

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	$P(A,B,C)$
<i>faux</i>	<i>faux</i>	<i>faux</i>	0.2
<i>faux</i>	<i>faux</i>	<i>vrai</i>	0.11
<i>faux</i>	<i>vrai</i>	<i>faux</i>	0.04
<i>faux</i>	<i>vrai</i>	<i>vrai</i>	0.03
<i>vrai</i>	<i>faux</i>	<i>faux</i>	0.27
<i>vrai</i>	<i>faux</i>	<i>vrai</i>	0.07
<i>vrai</i>	<i>vrai</i>	<i>faux</i>	0.21
<i>vrai</i>	<i>vrai</i>	<i>vrai</i>	0.07

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

b) (2 points) Soit un réseau bayésien avec les **probabilités conditionnelles** suivantes :

D	$P(A=vrai D)$
<i>faux</i>	0.1
<i>vrai</i>	0.2

A	$P(B=vrai A)$
<i>faux</i>	0.3
<i>vrai</i>	0.2

A	$P(C=vrai A)$
<i>faux</i>	0.8
<i>vrai</i>	0.3

$P(D=vrai)$
0.4

Calculez la distribution conditionnelle $P(A|C=faux)$.

c) (1 point) Dans le réseau bayésien de la question b), est-ce que C et B sont indépendants ? Justifiez votre réponse.

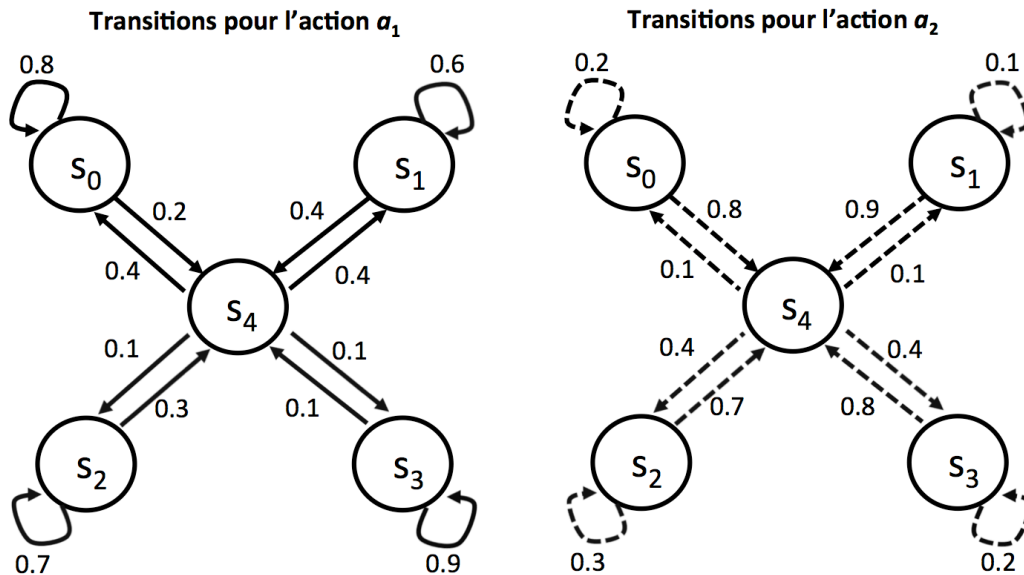
d) (1 point) Soit un modèle de Markov caché où les variables cachées H_t et observées S_t ont toutes les deux comme domaine $\{nord, sud, est, ouest\}$. Supposons que la séquence $S_1=nord$, $S_2=sud$, $S_3=sud$ et $S_4=ouest$ soit observée et que vous ayez déjà calculé les tableaux de programmation dynamique α et β .

Donnez les formules qui, à partir des tableaux α et β , permettraient de calculer la distribution de lissage au temps $t=3$, c'est-à-dire $\mathbf{P}(H_3 \mid S_1=nord, S_2=sud, S_3=sud, S_4=ouest)$.

e) (1 point) Nommez deux applications auxquelles peut servir un modèle de Markov caché.

Question 3 (7 points) – Processus de décision markovien (PDM) et apprentissage par renforcement

Soit le processus de décision markovien (PDM) ayant l'ensemble d'état $S = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4\}$, l'ensemble d'actions $A = \{a_1, a_2\}$, la fonction de récompense $R(s_0) = -2$, $R(s_1) = -6$, $R(s_2) = 2$, $R(s_3) = 9$ et $R(s_4) = 0$, un facteur d'escompte $\gamma = 0.5$, ainsi que les distributions de transition (environnement) suivantes:



a) (4 points) Simulez une itération de l'algorithme d'itération par valeurs (*value iteration*) appliqué à ce PDM. Utilisez l'initialisation $V(s_0) = -1$, $V(s_1) = -5$, $V(s_2) = 3$, $V(s_3) = 10$ et $V(s_4) = 1$. À la fin de l'itération, **donnez également la politique qui serait alors retournée par l'algorithme.**

b) (2 points) Supposons que vous n'ayez pas accès aux distributions de transition, mais que vous ayez accès à un simulateur pour ce PDM, vous permettant de faire de l'apprentissage par renforcement par *Q-learning*. Supposons que vous connaissiez la fonction de récompense. Soit l'initialisation de la fonction action-valeur suivante :

$Q(s_0, a_1) = -1$	$Q(s_0, a_2) = 1$
$Q(s_1, a_1) = -7$	$Q(s_1, a_2) = -4$
$Q(s_2, a_1) = 6$	$Q(s_2, a_2) = 4$
$Q(s_3, a_1) = 15$	$Q(s_3, a_2) = 11$
$Q(s_4, a_1) = 1$	$Q(s_4, a_2) = 2$

Supposons que vous observiez dans une simulation une **transition de l'état s_2 à l'état s_4 après avoir exécuté l'action a_2** . Exécutez la mise à jour de la fonction action-valeur à faire dans le cadre du *Q-learning*.

c) (1 point) Décrivez comment on peut utiliser un algorithme de recherche locale afin de faire de l'apprentissage par renforcement.

Question 4 (7 points) – Apprentissage automatique

Soit l'ensemble d'entraînement suivant :

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

a) (4 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 $\alpha = 0.1$, et initialisez le vecteur de poids \mathbf{w} à [0,0,0] et le biais b à 0.5.

b) (2 points) Soit la fonction $f(x,y) = x^3 - \log(y + \exp(y - x))$. Calculez les dérivées partielles de $f(x,y)$ par rapport à x et à par rapport à y .

c) (1 point) Quelle est la différence entre l'algorithme du Perceptron et l'algorithme de la régression logistique ?

Question 5 (7 points) – Applications : *vision par ordinateur et traitement de la langue*

a) (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 panneaux 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.

b) (3 points) Calculez le résultat de la convolution de l'image X par le filtre W ci-dessous.

0	128	255	128
0	128	255	255
0	128	128	128

 $*$

-1	3	-1
0	-1	0

X W

c) (1 point) Qu'est-ce qu'un modèle de langage n -gramme ?

d) (1 point) À quoi sert le lissage de modèle n -gramme ?

Question 6 (5 points) – Questions générales

a) (1 point) Déterminez à **quel type de problème** correspond la situation suivante et dites **quel algorithme** vous utiliseriez pour résoudre ce problème :

« Une société de transport en commun a besoin d'un programme qui lui permettrait de gérer son parc d'autobus. Elle aimerait mettre en place plusieurs lignes d'autobus dans la ville, avec un service fréquent. Étant donné un horaire pour toutes ces lignes, la société de transport aimerait que ce programme puisse lui dire si elle a suffisamment d'autobus pour assurer ce service. »

b) (1 point) Vrai ou faux : « L'algorithme A* n'est pas garanti de retourner un chemin optimal s'il utilise une heuristique admissible. Pour retourner un chemin optimal, il doit utiliser une heuristique monotone (cohérente). »

c) (1 point) Soit les symboles suivants :

- $Emploi(p,o)$: prédicat indiquant que la personne p a comme profession o .
- $Client(p_1,p_2)$: prédicat indiquant que la personne p_1 est un client de la personne p_2 .
- *Chirurgien* et *Avocat* sont des constantes désignant des professions.

Écrivez sous forme de logique du premier ordre l'affirmation « Tous les chirurgiens ont un avocat ».

d) (2 points) Écrivez ce qui distingue les algorithmes *minimax* et élagage alpha-beta. Nommez également une propriété importante qu'ils ont en commun.

Fin de l'examen