UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Département d'informatique

IFT 615
Intelligence artificielle

Examen final
Hiver 2016

Jeudi 28 avril 2016, 9 h à 12 h, au D3-2034

CHARGÉ DE COURS
Frédéric Bergeron *(frederic.bergeron2@usherbrooke.ca)*

INSTRUCTIONS

L'examen dure trois heures.

Le manuel (livre de référence) **n'est pas autorisé**. Par contre, deux (2) 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 **sept (7) questions** pour un total de **quarante (40) points**. Le questionnaire contient 16 pages incluant celle-ci.

Répondez directement sur le questionnaire, dans les encadrés.

Des feuilles de brouillons 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 /5	Q2 /7	Q3 /4	Q4 /7	Q5 /6	Q6 /6	Q7 /5	TOTAL /40

Question 1 (5 points) – **Recherche locale**

a) (2 points) Soit un espace d'états où un état n = (i,j) correspond à une case de la rangée i et de la colonne j. Le tableau suivant donne les valeurs de la fonction objectif *F(n)*.

	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9
i=1	0	3	2	1	0	3	9	12	13
i=2	2	3	2	-1	-2	4	6	7	15
i=3	3	2	9	5	3	3	5	12	10
i=4	5	12	10	5	4	2	6	8	9
i=5	8	5	4	4	6	1	5	7	7
i=6	-2	0	1	3	9	3	2	4	0
i=7	-1	0	3	4	3	5	2	2	0

Simulez l'exécution de l'algorithme de recherche locale *Hill Climbing*. **Donnez les cases traversées ainsi que la valeur retournée par l'algorithme** en supposant que l'état (nœud) de départ est n=(2,5) (c'est-à-dire i=2, j=5) et que vous cherchez à maximiser la valeur. Comme états successeurs d'un état (i,j), utilisez les quatre (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).

b) (1.5 point) La recherche locale peut aussi être utilisée pour résoudre des problèmes de **satisfaction de contraintes**. En classe, nous avons vu l'algorithme min-conflits (*min-conflicts*). Expliquez l'idée dernière l'algorithme dans vos mots. **N'oubliez pas de donner une formulation pour la fonction objectif.**

c) (1.5 point) Vers la fin du cours, nous avons vu une dernière application pour la recherche locale dans l'apprentissage par renforcement. Décrivez comment on peut utiliser un algorithme de recherche locale afin de faire de **l'apprentissage par renforcement**.

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

Soit les énoncés suivants :

Alexis est soit un microbiologiste soit un pharmacien.
Olivier est un étudiant, mais il a aussi un autre emploi.
Tous les microbiologistes sont biologistes.
Olivier n'a pas de pharmacien (i.e., n'est client d'aucun pharmacien).
Il existe un pharmacien dont tous les clients sont des biologistes.
Tous les biologistes ont un pharmacien.

a) (2 points) Exprimez les énoncés précédents en formule de logique du premier ordre. **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**. Vous n'êtes pas obligé de donner toutes les étapes de la conversion.

c) (2 points) Soit les prédicats *p*, *q*, *r* et *s*, les variables *x* et *y*, puis les constantes *a* et *b*. Soit la base de connaissances suivante :

1. $\neg p(a, b)$
2. $\neg p(a, b) \lor q(b) \lor r(a)$
3. $\forall x\ \forall y\ q(x) \lor p(y, b) \lor r(a)$
4. $q(b) \lor p(a, b) \lor s(a)$
5. $\neg q(a)$
6. $q(b) \lor p(a, a)$
7. $s(b)$

Utilisez la preuve par résolution pour prouver $\exists x\ r(x)$ et trouvez la valeur de *x* satisfaisant cette formule.

d) (1 point) Soit le prédicat *p*, les variables *x* et *z*, les fonctions *f*, *g* et *h* puis les constantes *a*, *b, c*. Trouvez l'unificateur le plus général.

$\{p(h(f(x), z), z), p(y, g(x))\}$

Question 3 (4 points) – **Réseaux bayésiens dynamiques**

a) (1 point) Soit un réseau bayésien avec les probabilités conditionnelles suivantes :

P(A=vrai)
0.3

A	P(B=vrai|A)
vrai	0.4
faux	0.2

A	B	P(C=vrai|A,B)
vrai	vrai	0.2
vrai	faux	0.6
faux	vrai	0.7
faux	faux	0,8

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

b) (3 points) Il est possible d'utiliser un modèle de Markov caché pour faire de l'étiquetage syntaxique. Dans ce cas, les variables cachées sont les classes des mots et les variables visibles sont les mots d'une phrase. Étant donné les tables de probabilités d'un modèle de Markov caché suivantes :

Distribution initiale

H_1	det	nom	verbe	.
$\log_2 P(H_1{=}b)$	-1	-2	-3	-4

Modèle de transition

b	det	nom	verbe	.
$\log_2 P(\text{det}\mid b)$	-3	-1	-2	-3
$\log_2 P(\text{nom}\mid b)$	-2	-3	-1	-3
$\log_2 P(\text{verbe}\mid b)$	-3	-1	-2	-3
$\log_2 P(.\mid b)$	-3	-2	-1	-3

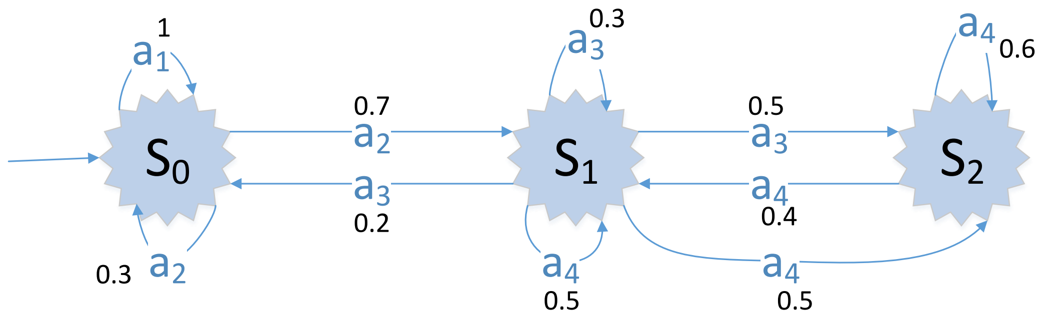
Modèle d'observation

b	det	nom	verbe	.
$\log_2 P(\text{Le}\mid b)$	-5	-10	-10	-20
$\log_2 P(\text{printemps}\mid b)$	-10	-6	-5	-20
$\log_2 P(\text{commence}\mid b)$	-10	-7	-4	-20
$\log_2 P(.\mid b)$	-20	-20	-20	-1

Étiquetez la phrase suivante : **Le printemps commence.**

Question 4 (7 points) – **Processus de décision markovien et apprentissage par renforcement**

Soit le processus de décision markovien (PDM) ayant l'espace d'état S = {s_0,s_1,s_2}, l'ensemble d'actions A={a_1,a_2,a_3,a_4} et la fonction de récompense R(s_0)=0, R(s_1)=-4 et R(s_2)=3, un facteur d'escompte γ=0.6 et les distributions de transition suivantes :



a) (3 points) Simulez une itération de l'algorithme d'itération par valeur appliqué à ce PDM. Utilisez l'initialisation V(s_0)=-1, V(s_1)=-3 et V(s_2)=2.

b) (2 points) Supposons maintenant que nous n'avons plus accès aux distributions de transition, mais plutôt à un simulateur pour ce PDM. Utilisez l'algorithme d'apprentissage par différence temporelle pour calculer la valeur de chacun des états après l'essai suivant :

$$(s_0) \rightarrow (s_0) \rightarrow (s_1) \rightarrow (s_2)$$

Utilisez la fonction de récompense $R(s_0)=0$, $R(s_1)=-4$ et $R(s_2)=3$,un taux d'apprentissage $\alpha=0.1$ et un taux d'escompte $\gamma=0.6$.

c) (2 points) Supposons maintenant que nous souhaitons faire l'apprentissage par renforcement par *Q-learning*. Utilisez la fonction de récompense $R(s_0)=0$, $R(s_1)=-4$ et $R(s_2)=3$,un taux d'apprentissage $\alpha=0.1$ et un taux d'escompte $\gamma=0.6$. Soit l'initialisation de la fonction action-valeur suivante :

$$Q(s_0,a_1) = -1$$
$$Q(s_0,a_2) = -2$$
$$Q(s_1,a_3) = 2$$
$$Q(s_2,a_4) = 3$$

Nous observons une **transition de l'état s_1 vers l'état s_0 après avoir exécuté l'action a_3**. Exécutez la mise à jour de la fonction action-valeur à faire dans le cadre du *Q-learning*.

Question 5 (6 points) – **Apprentissage automatique**

Soit l'ensemble d'entraînement suivant :

x_t	y_t
[0,0,-1]	1
[1,2,3]	0
[-1,0,4]	1
[2,3,2]	0
[0,1,2]	1
[4,3,5]	0

a) (2 points) Soit une entrée de test **x**=[3.2,0.5,2.7]. Donnez la classe de **x** qui serait prédite par l'algorithme des *k* plus proches voisins basé sur la distance de Manhattan $\mathrm{d}(\mathrm{x}, \mathrm{x'}) = \sum_i |x_i - x_i'|$ et utilisant k=3.

b) (3 points) Simulez une itération de l'algorithme du Perceptron sur les trois premiers éléments de cet ensemble (donc x_1, x_2 et x_3). Vous devez donc parcourir chacun des trois exemples une seule fois, du haut vers le bas. Utilisez un taux d'apprentissage $\alpha = 0.1$, et initialisez le vecteur de poids w à [0,0,0] et le biais b à 0.5.

c) (1 point) Pourquoi un réseau de neurones est-il plus puissant qu'un simple Perceptron?

Question 6 (6 points) – **Application Vision par ordinateur et classification de documents**

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

0	64	255	255
0	64	128	64
0	128	128	64

X

0	0.5	0
0.5	1	0.5

W

b) (3 points) Soit les deux descriptions de club suivantes, une pour un club sportif et une pour un club culturel :

Sportif : Développer des nageurs au maximum de leur potentiel et les amener vers un haut niveau compétitif.

Culturel : Génies en herbe est un jeu-questionnaire visant à développer la culture générale de ses adeptes, et ce dans un cadre compétitif.

On a donc deux corpus, un pour la catégorie sportive, l'autre pour la catégorie culturelle. Soit la nouvelle description de club suivante :

Notre mission est de développer le plein potentiel de chacun de nos joueurs, entraineurs et arbitres pour être compétitif.

Supposez l'utilisation du vocabulaire suivant : {« développer », « potentiel », « compétitif », « questionnaire », « culture »}.

(i) Quelle est la distribution unigramme associée à la catégorie sportive ? Utiliser une constante de lissage δ = 0.1.

(ii) Quelle est la distribution unigramme associée à la catégorie culturelle ? Utiliser aussi une constante de lissage δ = 0.1.

(iii) À l'aide des distributions unigrammes calculées en (i) et (ii), et en supposant une distribution a priori uniforme sur les catégories (c.-à -d. P(C = sportive) = P(C = culturelle) = 0.5), déterminez dans quelle catégorie la nouvelle description serait classifiée, par un classifieur bayésien naïf multinomial

Question 7 (5 points) – **Questions diverses**

a) (0.5 point) Nous avons vu que la fonction *tanh* pouvait être utilisée en remplacement de la fonction sigmoïde dans un réseau de neurones. Soit $f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$ la représentation exponentielle de *tanh*. Calculez la dérivée de *f*(*x*) par rapport à *x*.

b) (1 point) Soit la fonction $f(x, y) = xy^2 + \log(3x + \frac{x}{y^2})$. Calculez la dérivée partielle de *f(x,y)* par rapport à *y*.

c) (1 point) Dans A*, à quelle condition une heuristique est-elle cohérente?

d) (1 point) Écrivez ce qui distingue les algorithmes minimax et élagage alpha-beta. Nommez également une propriété importante qu'ils ont en commun.

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

Fin de l'examen