Université Pierre et Marie Curie

M1 Androide 2017-2018

FoSyMa - Fondements des Systèmes Multiagents

PREMIÈRE SESSION 2018

Durée : 2h ; Documents de cours et de TD autorisés

Les parties doivent être traitées sur des copies séparées.
Veillez à bien indiquer votre nom sur chaque copie et à les anonymiser. Le barème est donné à titre indicatif.

1 Partie 1 : Protocole de consensus multi-agents (4 points)

N agents évoluent dans un environnement partagé. Un agent central propose des tâches T_i pour $1 \leqslant i \leqslant n$ décomposables en sous-tâches $T_{i,j}$ où $1 \leqslant j \leqslant k$. Nous posons les contraintes suivantes :

- aucun agent ne peut exécuter une tâche tout seul et il ne peut exécuter qu'une sous-tâche d'une même tâche ;
- chaque sous-tâche $T_{i,j}$ réalisée apporte un gain $g_{i,j}$;
- un agent a des préférences $p_{i,j}$ pour les sous-tâches $T_{i,j}$ qu'il peut effectuer ; les agents ne révèlent pas leurs stratégies individuelles mais échangent uniquement leurs préférences par rapport aux sous-tâches.
- un agent A_k possède ou non la compétence pour réaliser une sous-tâche - $Cap(A_k, T_{i,j})$ a donc une valeur booléenne.
- il y a toujours une solution pour réaliser une tâche (suffisamment d'agents compétents)

Question 1 : On suppose que les agents sont rationnels (chercheront à optimiser leurs gains) et qu'un agent ne peut s'engager que dans 1 seule coalition à la fois même si plusieurs coalitions sont possibles. Décrire, en pseudo code, le comportement d'un agent sans prendre en compte les comportements des autres agents (1 point).

Question 2 : On suppose maintenant qu'un agent peut être en conflit avec d'autres agents par rapport aux sous-tâches. Dans ce cas, les agents vont chercher un consensus pour trouver une solution (une affection de toutes sous-tâches à des agents) qui permet de réaliser la tâche.

- Décrire un protocole d'atteinte de consensus basé sur l'échange de préférences entre agents. Le consensus porte sur la coalition qui va effectuer la tâche (1,5 points).
- Modifier votre protocole pour qu'il garantisse, dans le cas de communications asynchrones, un accès équitable aux préférences des agents et pour empêcher la manipulation du protocole (1,5 points).

2 Partie 2 : Formation de coalitions (6 points)

On considère un jeu coalitionnel à 3 agents (numérotés 1, 2 et 3) et dont la fonction caractéristique est la suivante :

C	v(C)
(1)	1
(2)	2
(3)	3
(12)	5
(13)	4
(23)	5
(123)	5

On suppose que les agents sont égoïstes. Un agent ne devra être engagé que dans une seule coalition à la fois. Il pourra toutefois quitter une coalition pour en rejoindre une autre.

Question 1 : Calculez les valeurs de Shapley pour la grande coalition. (1,5 points)

Question 2 : En supposant que les agents sont rétribués par des gains calculés avec la valeur de Shapley, quelles sont les structures de coalition stables ? Justifiez. (1,5 points)

Question 3 : On souhaite permettre aux agents de former des coalitions de manière distribuée. Chaque agent peut proposer des coalitions aux autres et accepter ou refuser des propositions de coalition. Décrivez un protocole permettant aux agents de former des coalitions. Vous détaillerez en particulier, les messages échangés entre les agents et l'enchaînement de ces messages. Illustrez ensuite sur le jeu coalitionnel précédent. (2 points)

Question 4 : On suppose maintenant que le système est ouvert. Quelles sont les problématiques à prendre en compte ? Illustrez vos propos sur le jeu coalitionnel précédent. (1 point)

3 Partie 3 (5 points)

3.1 Gossip problem (2.5 points)

On rappelle que le *gossip problem* consiste, pour un ensemble d'agents $\{a, b, \ldots\}$ détenant chacun un *secret* (on note X le secret initialement connu de x), à atteindre un état où chacun connaît l'ensemble des secrets (*état but*). Lorsque deux agents *échangent*, chacun apprend l'ensemble des secrets actuellement connus de l'autre agent. On désigne un agent ayant connaissance de l'intégralité du message comme un *expert*. On utilise la notation par tuple pour désigner un état, par exemple $\langle ABC, BC, BC \rangle$ est l'état où l'agent a connaît ABC, l'agent b connaît BC, et l'agent c connaît BC. Le nombre total de secrets *tot-sec* est simplement la somme du nombre de secrets connus par chaque agent. Sur cet exemple, on a $3 + 2 + 2 = 7$.

Question 1 : Donnez une borne inférieure sur la valeur *tot-sec* dans tout état où au moins un agent est un expert. Montrez que cette borne peut être atteinte en mode séquentiel (les échanges se font les uns après les autres).

Question 2 : Montrez que l'état $\langle ABCD, ABC, BCD, ABCD\rangle$ est atteignable en exhibant une séquence d'échanges y menant.

Question 3 : Une version parallèle du protocole peut simplement être définie : on peut ainsi supposer que pendant un *tour* un nombre quelconque d'échanges peut avoir lieu, à la condition qu'aucun agent ne soit impliqué dans plus d'un échange à la fois. Est-il vrai que dans ce modèle le nombre de tours nécessaires à atteindre l'état but est strictement croissant en fonction du nombre d'agents ? (Prouvez le, ou donnez un contre-exemple).

3.2 Analyse de protocoles (2.5 points)

Un ensemble de n sites à (potentiellement) exploiter ont été classés comme *bons* (G) ou *mauvais* (B) par un agent c, sur la base d'avis émis par m agents explorateurs. Ces agents explorateurs ont eux-même exprimé leur avis en désignant chaque site comme étant bon ou mauvais après leur inspection. Le détail de la procédure utilisée par c pour aggréger les avis des agents explorateurs n'est pas connu. Néanmoins, pour que cette classification soit conforme, il doit être vrai que pour chaque paire $(g, b) \in G \times B$, au moins un agent a effectivement considéré g comme *bon* et b comme *mauvais*.

Deux protocoles de vérification sont alors proposés :
- π_1 : pour chaque paire $(g, b) \in G \times B$, demander à chaque agent explorateur s'il classe g comme bon et b comme mauvais ;
- π_2 : demander à chaque agent explorateur de désigner l'ensemble des sites qu'il classe comme *bon*.

Question 1 : Comparez la quantité d'information induite par chaque protocole dans le pire des cas, en supposant que $m = 10$, $G = 5$, $B = 5$, et $n = 10$.

Question 2 : De manière asymptotique, pensez-vous qu'un protocole soit meilleur (*i.e.* qu'il demande moins d'information) que l'autre ?

4 Partie 4 : un puits sans fond (5 points)

Soit un graphe $G(S, A)$, inconnu, sur lequel sont déployés aléatoirement $n >= 1$ agents. Chaque agent, chaque nœud et chaque arête du graphe dispose d'un identifiant unique.

L'environnement est asynchrone. A la différence du projet, un agent ne découvre l'identifiant d'un nœud que lorsqu'il visite celui-ci (ou qu'un autre agent lui communique l'information). Aussi, à partir d'un nœud donné, un agent ne perçoit initialement que l'identifiant du nœud où il se trouve et les identifiants des arêtes qu'il peut emprunter.

Un puits est un sommet dangereux qui détruit n'importe quel agent qui y entre. L'objectif de cet exercice est de proposer des stratégies vous permettant de localiser avec certitude la position d'un puits sur un graphe quelconque.

1. En supposant le rayon de communication illimité et la présence d'un unique puits sur le graphe (2 points) :
   (a) Quel est le nombre minimal d'agents nécessaires pour localiser avec certitude le puits ?
   (b) Explicitez la stratégie à employer.

(c) Quel est la complexité (en nombre de messages, nombre de déplacements et nombre d'agents) de votre stratégie ?

2. On suppose maintenant le rayon de communication fixé à k (distance en nombre d'arêtes entre deux nœuds permettant à deux agents de s'échanger des informations). En considérant toujours la présence d'un unique puits sur le graphe (2 points) :

   (a) Combien d'agents sont maintenant nécessaires ?

   (b) Si votre stratégie a changé, donnez la nouvelle ainsi que la complexité associée (tenant compte de k).

3. Si le graphe est connu des agents (topologiquement parlant) lors de leur déploiement, quel est le nombre minimal d'agents maintenant nécessaires pour assurer la localisation du puits ? Donnez la stratégie associée ainsi que sa complexité. (1 point)