

FoSyMa Cours 4

Coordination et Planification multiagent

Aurélien Beynier

FoSyMa, Master 1 ANDROIDE

22 février 2019

Plan

- 1 Coordination
- 2 Organisation
- 3 Coordination par planification
- 4 Représentation des plans
- 5 Génération des plans
 - Planification centralisée
 - Planification distribuée
 - Coordination centralisée de plans décentralisés
 - Coordination distribuée de plans décentralisés
- 6 Planification sous-incertitude

Coordination (rappel)

- Rappel :
 - Dans un SMA, le contrôle est distribué : chaque agent prend ses décisions de façon autonome
 - Mais les agents agissent dans un même environnement dynamique → interactions possibles entre les actions des agents, pas toujours possible de les anticiper lors de la conception du système
 - Les agents peuvent devoir partager des ressources limitées

Coordination (rappel)

- La coordination est utilisée dans le cas où les actions individuelles des agents peuvent interférer entre elles (interactions positives ou négatives)
 - Interactions positives : partage d'actions, réalisation conjointe d'actions, facilitation d'actions
 - Interactions négatives : incompatibilité de buts, accès à des ressources limitées
- Elle permet d'améliorer le comportement des agents en prenant en compte les interactions des comportements : résolution de blocages, amélioration des comportements, obtention de nouveaux comportements
- Par exemple : passage d'un couloir étroit, exploration partagée de l'espace, possibilité de soulever un objet lourd ou de détecter de nouveaux événements

Coordination (rappel)

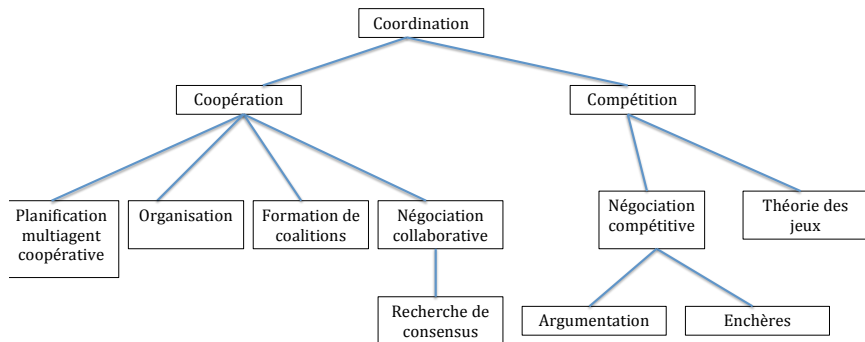
Définition [Mal88]

“Ensemble des activités supplémentaires qu’il est nécessaire d’accomplir dans un environnement multi-agents et qu’un seul agent poursuivant les mêmes buts n’accomplirait pas.”

Définition 2 [Fer95]

“la coordination des actions, dans le cadre de la coopération, peut donc être définie comme l’articulation des actions individuelles accomplies par chacun des agents de manière à ce que l’ensemble aboutisse à un tout cohérent et performant. (...) l’action du groupe est améliorée soit par une augmentation des performances, soit par une diminution des conflits. La coordination des actions est donc l’une des principales méthodes pour assurer la coopération entre agents autonomes”

Coordination (rappel)



Qu'est-ce qu'une organisation

Définition Morin - [Fer95]

Une organisation peut être définie comme un agencement de relations entre composants ou individus qui produit une unité, ou système, dotée de qualités inconnues au niveau des composants ou individus. L'organisation lie de façon interrelationnelle des éléments ou événements ou individus divers dès lors deviennent les composants d'un tout. Elle assure solidarité et solidité relative, donc assure au système une certaine possibilité de durée en dépit de perturbations aléatoires.

Les organisations constituent à la fois le support et la manière dont se passent les interrelations, c'est-à-dire la façon dont sont réparties les tâches, les informations, les ressources et la coordination.

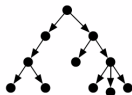
Structures organisationnelles

Structure organisationnelle

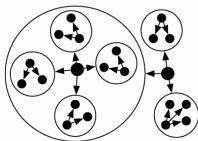
- La structure organisationnelle est ce qui caractérise, sur un plan abstrait, une organisation. Elle définit les rôles, les comportements attendus et les relations d'autorité entre les agents.
- L'organisation est une instantiation d'une structure.
- La structure organisationnelle est définie par un ensemble de classes d'agents caractérisés par les rôles qui leurs sont affectés et par un ensemble de relations entre ces rôles. Les rôles définissent les capacités, les objectifs, les droits et les obligations des différents partis.

Structures organisationnelles

- **Hiérarchiques** : sous forme d'arbre. Les nœuds de plus haut niveau ont une vue plus globale. Les agents n'interagissent qu'avec des entités directement connectées (niveau supérieur ou inférieur).

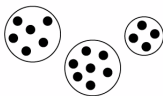


- **Holarchies** : organisation hiérarchiques entre holons. Chaque holon est une unité de base de l'organisation et fonctionne également comme un tout.



Structures organisationnelles

- **Coalitions** : chaque coalition est formée par un groupe d'agents interagissant ensemble. Il n'y a pas de coordination entre les différentes coalitions en dehors des buts qu'elles poursuivent. L'organisation au sein d'une coalition est généralement égalitaire mais on peut envisager une hiérarchie ou la présence d'un leader.



- **Egalitaires** : tous les agents ont le même “pouvoir”. Tous les agents peuvent demander à n'importe quel autre agent d'effectuer une tâche.
- ... [HL04]

Structures organisationnelles

Les structures organisationnelles peuvent être constituées de 2 manières :

- **prédéfinie** par le concepteur
- **émergente** : agents réactifs sans structure organisationnelle prédéfinie mais résultant des interactions entre les agents. La répartition des rôles et des tâches se fait par auto-organisation. Par exemple, les sociétés de fourmis.

Limitations des organisations

- Les organisations permettent de structurer les interactions, réduire et gérer l'incertitude.
- Toutefois, les organisations peuvent affecter l'efficacité, les coûts de communication, réduire la flexibilité et la réactivité.
→ Nécessité de penser minutieusement les structures d'organisation.

Pourquoi planifier ?

- Décider **avant leur exécution** des actions à entreprendre en tenant compte de leur impact (intentionnel ou non) sur les performances des agents (buts et/ou récompenses).
- Dans un SMA : les actions d'un agent peuvent influencer les actions des autres agents (actions possibles et effets des actions, interactions positives ou négatives).
- Un agent doit donc tenir compte de l'influence de ses actions sur les autres mais également de l'impact des actions des autres sur lui-même.
- L'espace des trajectoires d'actions possibles peut croître de façon exponentielle → la plupart du temps impossible de toutes les énumérer.

Planification multi-agent

- Planification **pour** plusieurs agents : les plans calculés seront exécutés en parallèle et de manière distribuée
- Planification **par** plusieurs agents : les agents collaborent afin de construire un plan ou un ensemble de plans.
 - Découpage du problème initiale en sous-problèmes
 - Résolution en parallèle des différentes parties du problème (calcul de plans)
 - Coordination entre les agents afin d'obtenir une solution globale cohérente et efficace
 - Évite le goulot d'étranglement et la fragilité liée au panne d'un point central.

Planification multi-agent

Exemples d'applications :

- Missions multi-robots : exploration, patrouille, assistance, ...



- Véhicules intelligents



- Jeux



Planification multi-agent

- Simulation de systèmes complexes : simulation urbaine, phénomènes économiques, mise en œuvre de politiques publiques, phénomènes biologiques, ...



- Smart cities



Planification multi-agent

- Aide à la décision dans des systèmes humains-logiciels :
patrouille de police, aiguilleurs du ciel, ...



- Planification de déplacements (par exemple systèmes GPS)
- Planification d'arguments à poser dans un débat



Planification multi-agent

Qu' est-ce qu'un plan ?

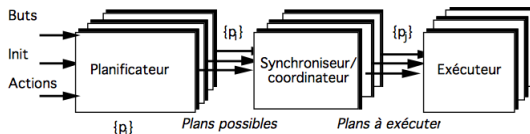
Séquence d'actions (partiellement) ordonnées dont l'exécution permet d'atteindre les buts souhaités ou de maximiser une mesure de performance.

Problématiques

- Les actions d'un agent ont des conséquences à plus ou moins long terme sur les autres agents (actions, objectifs).
- Il n'est pas efficace que les agents planifient indépendamment les uns des autres.
- **Coordination** requise entre les agents (qu'ils soient coopératifs ou compétitifs).

Planification multiagent coopérative

Une fois les buts et les tâches définis et alloués aux agents, le processus de planification peut être décomposé en 2 étapes distinctes [Fer95]



- Planification centralisée : 1 seul planificateur
- Planification distribuée : 1 planificateur par agent

Représentation des plans

Dans tous les cas, **les plans seront exécutés de manière distribuée.**

Chaque agent doit donc pouvoir décider, à partir de ses connaissances individuelles, quelle action individuelle réaliser.

Représentations de plans possibles :

- Formalismes dérivés de STRIPS : pré-condition, action, post-condition
- Fonction *Etat* \rightarrow *Action* ou *Connaissances* \rightarrow *Action*
- Automate à états finis
- Réseaux de Pétri récursifs

Aparté sur STRIPS

- Langage “classique” de représentation des problèmes de planification basé sur la logique
- Les **états** sont représentés par une conjonction de littéraux propositionnels positifs et des littéraux de premier ordre :
 $\text{Clear} \wedge \text{Safe}$ ou $\text{At}(\text{Wumpus}, \text{House})$
- Les **buts** sont des états partiellement spécifiés représentant une conjonction de littéraux positifs. $\text{At}(\text{Tresor}, \text{House})$
- Les actions sont spécifiées par des pré-conditions devant être vérifiées pour exécuter l'actions et des effets.

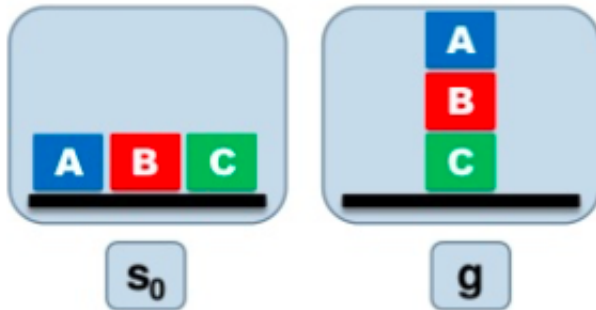
$\text{Move}(\text{Robot}, x, y) :$

pre : $\text{At}(\text{Robot}, x) \wedge \text{clear}(y)$

effect : $\text{At}(\text{Robot}, y) \wedge \text{clear}(x) \wedge \neg \text{clear}(y)$

Aparté sur STRIPS

Exemple du monde des blocs :



Aparté sur STRIPS

Exemple du monde des blocs - Représentation STRIPS :

Init($\text{On}(A, \text{Table}) \wedge \text{On}(B, \text{Table}) \wedge \text{On}(C, \text{Table}) \wedge \text{Block}(A) \wedge$
 $\text{Block}(B) \wedge \text{Block}(C) \wedge \text{Clear}(A) \wedge \text{Clear}(B) \wedge \text{Clear}(C)$)

Goal($\text{On}(A, B) \wedge \text{On}(B, C)$)

Action (Move(b, x, y),

Pre : $\text{On}(b, x) \wedge \text{Clear}(b) \wedge \text{Clear}(y) \wedge \text{Block}(b) \wedge (b \neq x)$
 $\wedge (b \neq y) \wedge (x \neq y)$

Effect : $\text{On}(b, y) \wedge \text{Clear}(x) \wedge \neg \text{On}(b, x) \wedge \neg \text{Clear}(y)$)

Action(MoveToTable(b, x))

Pre : $\text{On}(b, x) \wedge \text{Clear}(b) \wedge \text{Block}(b) \wedge (b \neq x)$

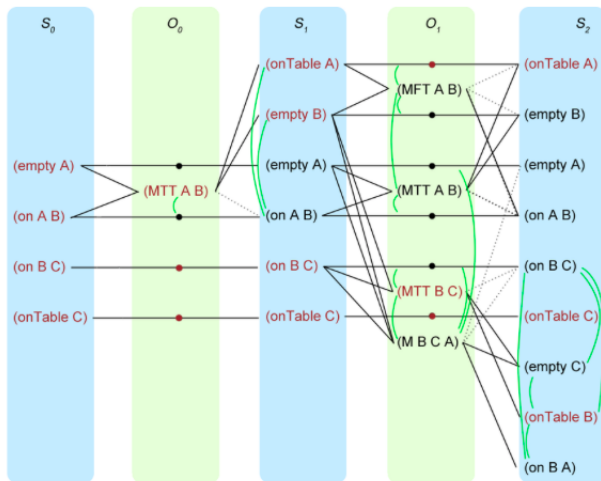
Effect : $\text{On}(b, \text{Table}) \wedge \text{Clear}(x) \wedge \neg \text{On}(b, x)$)

Aparté sur STRIPS

Planification : trouver une suite d'action menant au but

- Recherche dans l'espace d'états par chaînage avant ou chaînage arrière
- Possibilité d'améliorer la recherche par des heuristiques
- Algorithmes de planification basés sur les graphes de planification (GRAPHPLAN)
 - Séquence de niveau où chaque niveau correspond à une étape de décision
 - Chaque niveau contient un ensemble de littéraux pouvant être vrais à cette étape et un ensemble d'actions pouvant être exécutées
 - Des liens expriment les effets inconsistants, les interférences et les pré-conditions exclusives entre actions.

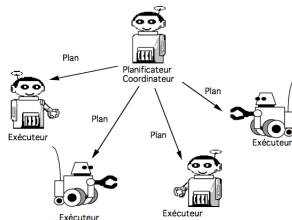
Aparté sur STRIPS



Principe de la planification centralisée

- Un agent coordinateur construit les plans individuels des agents en garantissant leur coordination
- Les plans sont ensuite distribués aux agents qui les exécutent individuellement
- Suppose que le planificateur possède une connaissance exacte du monde et soit capable de prévoir précisément son évolution.
- Les agents doivent également envoyer leurs connaissances privées au planificateur (préférences par exemple).

Figure extraite de [Fer95]



Principe [Dur01]

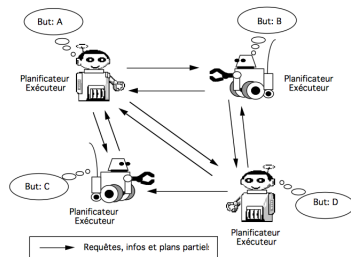
Algorithme

- 1 Étant donné la description du but, un ensemble d'opérateurs et une description initiale du plan, générer un plan.
- 2 Décomposer le plan en sous-plan de façons à concentrer les contraintes d'ordonnancement dans les mêmes sous-plans et minimiser les dépendances entre sous-plans.
- 3 Ajouter des actions de synchronisation des sous-plans.
- 4 Allouer les sous-plans aux agents
- 5 Initialiser l'exécution des sous-plans

Principe de la planification distribuée

- Chaque agent construit son plan individuel en échangeant des informations avec les autres agents : buts, plans partiels,...
- Pas d'agent central pour planifier ou coordonner les plans
- Difficultés majeures : reconnaissance des situations d'interactions et résolution des conflits

Figure extraite de [Fer95]



Questions soulevées par la planification distribuée

[dDOW99]

- Comment les plans ou plans partiels sont-ils représentés ?
- Quelles sont les méthodes de base pour générer des plans ?
- Comment les tâches sont allouées aux agents ?
- Comment les agents communiquent-ils les uns avec les autres durant la planification ?
- Comment les agents coordonnent-ils leurs actions ?

Synchronisation centralisée de plans [Geo88]

Principe :

- Utilisation de plans mono-agents déjà construits
- Ajout de communication à l'exécution afin de synchroniser les actions des agents
- Objectifs : Évitement de conflits et parallélisation des actions autant que possible
- Identification des situations non sûre (unsafe)
- Insertion de primitives de synchronisation afin d'éviter ces situations

Synchronisation centralisée de plans [Geo88]

- Une action est représentée par une séquence d'ensembles d'états S_1, S_2, \dots, S_n
- Un problème de planification \mathcal{P} est défini par :
 - un ensemble d'états S
 - un ensemble d'états initiaux $I \in S$
 - un ensemble d'actions primitives A
 - un ensemble d'états buts $G \in S$
- Représentation des actions à la STRIPS : pré-conditions, conditions lors de l'exécution, post-conditions :

`putOn(x,y)`

`pre : holding(x) and clear(y)`

`during : holding(x) and clear (y)`

`post : clear(x) and handEmpty and on(x,y)`

Synchronisation centralisée de plans[Geo88]

- Un plan P est une séquence d'actions a_1, a_2, \dots, a_n telle que :
 - a_1 est exécutable dans tous les états initiaux
 - $\forall i, 1 < i \leq n$, l'action a_i est exécutable dans tous les états du domaine de a_{i-1}
 - a_n atteint le but
- Un plan multiagent est une collection de plans pour des sous-problèmes de \mathcal{P} synchronisés pour pouvoir être applicables dans tous les états initiaux.

Synchronisation centralisée de plans [Geo88]

- ① Établir les situations dans lesquelles les plans des agents sont incompatibles
 - Soit $a = p_1, p_2, \dots, p_n$ et $b = q_1, q_2, \dots, q_n$ 2 actions
 - on détecte les situations non-sûres en testant la satisfaisabilité de toutes les combinaisons p_i, q_j
 - Possibilité de réduire la combinatoire en supposant que “toutes les conditions dont on ne peut prouver qu’elles ont changé, restent les mêmes”
- ② Établir des conditions de sécurité pour les actions individuelles
 - Identification de régions critiques
 - Ajout d’opérations de communication en début et fin de ces zones
 - Envoi de messages à un coordinateur qui assure qu’un seul agent sera dans une zone critique à un même instant

Coordination centralisée de plans distribués

Limites :

- Système incontrôlable en cas de coordinateur défaillant
- Goulot d'étranglement au niveau du coordinateur
- Charge de communication très importante : communications avec le coordinateur dès qu'on atteint une zone critique
- Perte de la confidentialité des données
- Question de la neutralité du coordinateur central.

Coordination distribuée de plans distribués

- Réduire la communication
- Permettre la résolution en parallèle de problèmes de coordination
- Plus grande robustesse
- Ouverture du système plus aisée
- Possibilité de garder des données confidentielles (*privacy*)
- **Mais** nécessité de développer des mécanismes de coordination distribués efficaces

Partial Global Planning [DL91]

- Framework pour la coordination de systèmes distribués en environnements continus, dynamiques et non-prédictibles :
 - Les agents re-planifient continuellement
 - Les modifications d'un plan d'un agent influencent les autres agents qui replanifient à leur tour
 - La planification est continue et les agents doivent réviser et poursuivre leurs plans malgré le fait qu'ils puissent être temporairement non-coordonnés [Wei99]

Partial Global Planning [DL91]

- Principe :
 - Les agents échangent des *node plan* qui résument les plans locaux exécutés par les agents.
 - Chaque agent fusionne les informations reçues avec ses propres données afin d'obtenir une vue partielle des activités globales
→ plan partiel global
 - Chaque agent en déduit comment altérer son plan local afin d'améliorer la coordination et les performances du système
- Application initiale au suivi de véhicules dans des réseaux de capteurs

Partial Global Planning [DL91]

- Une structure méta-niveau guide la coordination (meta-level organization) :
 - Définit des rôles, protocoles et autorités
 - Indique à chaque agent avec qui échanger des informations
- Les agents communiquent entre eux des plans abstraits : abstraction de haut niveau des plans locaux (omet les détails de plans) :
 - Les plans détaillés peuvent évoluer sans changer le plan de haut-niveau
 - Permet de diminuer les communications et de “distraindre” les autres agents avec des détails

Partial Global Planning [DL91]

- Au départ le PGP d'un agent ne contient que le plan local de l'agent.
- Le PGP est enrichi au fur et à mesure que des informations sont reçues.
- Les agents s'exécutant de façon asynchrone, deux agents en interaction peuvent avoir des PGP inconsistants.

Partial Global Planning [DL91]

- Application pour l'organisation des examens des patients dans un hôpital [KJ00]
- Les agents sont les infirmiers et les services d'examens (radiologie, IRM, ...)
- Il existe des dépendances entre les tâches (déplacements des patients et examens) : facilitation, empêchement, contraintes de durées → représentation de la structure des tâches avec TAEMS

Partial Global Planning [DL91]

- Chaque patient est une ressource.
- Les agents doivent se partager les ressources.
- 1 ressource ne peut être détenue que par un seul agent à un instant t
- Utilisation d'un système à base d'enchères tenant compte des contraintes temporelles

Intentions Jointes - STEAM [Tam97]

- Permettre à des équipes d'agents de grandes tailles de développer des comportements efficaces
- dans des environnements complexes
- et dynamiques
- → il n'est pas possible d'anticiper toutes les sources d'incertitude, les échecs lors de l'exécution des actions, les incohérences dans les connaissances des agents
- → Développer un modèle de coordination général et flexible pour permettre la réalisation efficace de tâches en équipe

Intentions Jointes - STEAM [Tam97]

- Les agents possèdent un modèle de l'équipe : buts et plans de l'équipe
- Permet de suivre les performances de l'équipe et reconnaître des situations particulières (par exemple échec), très utile dans des environnements dynamiques
- Approche basée sur les **intentions jointes**
 - Joint Persistent Goal (JPG) : tous les membres de l'équipe croit que p est faux actuellement et souhaite que p deviennent vrai
 - Permet de définir des tâches d'équipes : repose sur des buts faiblement persitants (WPAG = Weak Persistent Achievement Goal) indiquant l'engagement d'un membre d'une équipe à sa tâche d'équipe OP pour atteindre un JPG

Intentions Jointes - STEAM [Tam97]

- Nécessite que les membres de l'équipe se synchronisent sur les JPG à atteindre.
- Ajout d'actions d'équipes qui représentent des activités jointes de l'équipe.
- Tous les membres de l'équipe doivent simultanément sélectionner cet opérateur :
 - Recours à un leader pour prévenir que l'activité jointe doit être exécutée
 - Les subordonnés doivent se conformer au choix du leader et créent un WPAG associé
 - Quand tous les subordonnés ont établi le WPAG associé au JPG, la tâche OP est exécutée.
 - Chaque activité jointe OP est composée de rôle individuel
 - Quand cette activité jointe est terminée pour un agent, il en informe les co-équipiers.

Intentions Jointes - STEAM [Tam97]

- En cas d'échec de l'activité jointe (le PGP n'a pas été atteint), une procédure de réparation est enclenchée.
- Suivant les conditions d'échecs, une procédure de ré-allocation des rôles peut être activée.
- Si la procédure de réparation est elle-même un échec, une procédure spécifique d'échec complet est enclenchée.
- Application au vol en formation pour l'attaque, au suivi de convoi, Robocup soccer.

Plan

- 1 Coordination
- 2 Organisation
- 3 Coordination par planification
- 4 Représentation des plans
- 5 Génération des plans
 - Planification centralisée
 - Planification distribuée
 - Coordination centralisée de plans décentralisés
 - Coordination distribuée de plans décentralisés
- 6 Planification sous-incertitude

Origine de l'incertitude

- Dynamicité de l'environnement
- Observation partielle de l'environnement et des autres agents : portée limitée des capteurs, non-observation des états internes des autres agents,...
- Observation bruitée
- Modélisation imparfaite ou incorrecte de la dynamique de l'environnement : impossibilité de modéliser tous les événements exogènes, toutes les issues possibles d'une action (toutes les caractéristiques de l'environnement et leur influence sur la dynamique du système,...)
- Effecteurs imparfaits

Gestion de l'incertitude [RN03]

- **Planification sans prise en compte des perceptions** : déterminer un plan qui puisse être exécuté quelles que soient les circonstances et qui ne nécessite donc pas de tenir compte des perceptions
- **Planification conditionnelle** : calculer un plan contingent ayant différentes branches correspondant aux différentes séquences d'exécution possibles. Les perceptions permettent, à l'exécution, de savoir dans quelle branche on se situe.
- **Replanification à l'exécution** : calculer un plan en utilisant des techniques classiques et détecter à l'exécution si on a dévié de la situation prévue. Si c'est le cas, on replanifie en tenant compte de la situation effective.
- **Planification continue** les agents planifient tout au long de l'exécution en tenant compte des nouvelles connaissances, des changement du monde ou des objectifs : maintenir de la flexibilité et tirer partie des nouvelles opportunités

Modèles Markoviens

- Hypothèse : on dispose d'une représentation probabiliste des issues des actions (ou on peut en apprendre une)
- Objectifs : décider quelle est la meilleure action à faire étant données les évolutions futures
- Idée : trouver un plan qui permet de maximiser les performances de l'agent (ou des agents) étant données les informations dont il dispose sur l'environnement →

Décision rationnelle

Processus Décisionnels Markoviens

- Un POMDP (Processus Décisionnel de Markov Partiellement Observable) est défini par un tuple $\langle S, A, T, O, \Omega, R \rangle$
 - S : l'ensemble des états s du système
 - A : l'ensemble des actions a de l'agent
 - T : la fonction de transition modélisant l'incertitude, $T(s'|s, a)$ est la probabilité de passer d'un état s à un état s' en effectuant l'action a
 - R : la fonction de récompense modélisant les objectifs de l'agent, $R(s, a)$ est la récompense obtenue par l'agent lorsque l'action a est exécutée partir de l'état s .
 - O : l'ensemble des observations o de l'agent
 - Ω : la fonction d'observation, $\Omega(O|s', a)$ est la probabilité d'obtenir l'observation o lorsque l'agent exécute l'action a et arrive dans l'état s'

Processus Décisionnels Markoviens

- A partir des observations réalisées par l'agent, celui-ci peut calculer un état de croyances : distribution de probabilités sur l'état du système.
- Résoudre un POMDP consiste à trouver une politique (sorte de plan contingent) qui associe une action à chaque état de croyances.
- Un MDP est un POMDP dans lequel l'agent observe l'état du système. Une politique associe une action à chaque état du système.

Modèles Markoviens

- Extension des MDPs et POMDPs au cadre du contrôle distribué : DEC-POMDP, DEC-MDP, MMDP,...
- Une solution au processus de planification est une politique jointe $\pi = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n\}$ où π_i est la politique individuelle de l'agent i .
- Une politique individuelle fait correspondre une action à chaque situation individuelle d'un agent (état ou historique observations-actions)
- Calcul de la politique optimale : complexité NEXP
- Planification avant l'exécution (calcul des politiques) puis exécution des politiques
- Dans la majorité des approches, planification centralisée

Processus Décisionnels de Markov Partiellement Observables Décentralisés [Oli12]

Définition

Un DEC-POMDP est défini par un tuple $\langle \mathcal{S}, \mathcal{A}, \mathcal{T}, \Omega, \mathcal{O}, \mathcal{R} \rangle$ tel que :

- \mathcal{S} définit l'état global du système.
- $\mathcal{A} = \langle A_1, \dots, A_n \rangle$ est l'ensemble des actions jointes et A_i définit l'ensemble des actions a_i de l'agent i .
- $\mathcal{T} = \mathcal{S} \times \mathcal{A} \times \mathcal{S} \rightarrow \mathcal{R}$ définit la fonction de transition. $T(s, a, s')$ correspond à la probabilité que le système passe d'un état s à un état s' lorsque l'action jointe a est exécutée.
- $\Omega = \Omega_1 \times \Omega_2 \times \dots \times \Omega_n$ est l'ensemble des observations des agents et Ω_i est l'ensemble des observations de l'agent i .
- $\mathcal{O} = \mathcal{S} \times \mathcal{A} \times \mathcal{S} \times \Omega \rightarrow \mathcal{R}$ définit la fonction d'observation.
 $\mathcal{O}(s, a, s', o = \langle o_1, \dots, o_n \rangle)$ correspond à la probabilité que chaque agent i observe o_i lorsque les agents exécutent l'action jointe a à partir de l'état s et que le système arrive dans l'état s' .
- \mathcal{R} définit la fonction de récompense. $R(s, a, s')$ est la récompense obtenue par le système lorsque les agents exécutent l'action a à partir de l'état s et arrivent dans l'état s' .

Processus Décisionnels de Markov Partiellement Observables Décentralisés

- Domaine de recherche actif depuis 2000
- Amélioration de la taille des instances pouvant être considérées :
 - Algorithmes approchés
 - Exploitation des structures des problèmes
 - Limitation de l'horizon de planification
- Perspectives : résolution en-ligne, re-planification, hétérogénéité des agents

Références I



Marie desJardins, Edmund H Durfee, Jr. Ortiz, and Michael J Wolverton, *A survey of research in distributed, continual planning*, AI Magazine **20** (1999), 13 – 13.



E.H. Durfee and V.R. Lesser, *Partial Global Planning: A Coordination Framework for Distributed Hypothesis Formation*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics **21** (1991), no. 5, 1167–1183.



Edmund H. Durfee, *Distributed problem solving and planning*, pp. 118–149, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2001.








J. Ferber, *Les systèmes multi-agents : Vers une intelligence collective*, Inter Editions, 1995.



M. P. Georgeff, *Distributed artificial intelligence*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 1988, pp. 200–204.

Références II

-  E.A Hansen, D. Bernstein, and S. Zilberstein, *Dynamic programming for partially observable stochastic games*, Proceedings of the Nineteenth National Conference on Artificial Intelligence, 2004.
-  Bryan Horling and Victor Lesser, *A survey of multi-agent organizational paradigms*, Knowl. Eng. Rev. **19** (2004), no. 4, 281–316.
-  Decker Keith and Li Jinjiang, *Coordinating mutually exclusive resources using gpgp*, .Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (2000), 133–158.
-  T.W Malone, *What is coordination theory*, National Science Foundation Coordination Theory Workshop, 1988.
-  Frans A. Oliehoek, *Decentralized POMDPs*, Adaptation, Learning, and Optimization, vol. 12, pp. 471–503, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Germany, 2012.

Références III



S. Russell and P. Norvig, *Artificial intelligence : A modern approach*, Prentice Hall Series, 2003.



Milind Tambe, *Towards flexible teamwork*, J. Artif. Int. Res. **7** (1997), no. 1, 83–124.



G Weiss, *Multiagent systems a modern approach to distributed artificial intelligence*, MIT Press, 1999.



M. Wooldridge, *An introduction to multiagent systems*, John Wiley and Sons, 2002.