



Université Paris Cité - Paris Descartes  
M2 IAD 2024-2025  
Planification multi-agents

## EXAMEN de Planification Multi-Agents

Durée : 2H

Les supports de cours et les notes manuscrites sont autorisés.  
Le barème est donné à titre indicatif.

### 1 Questions de cours (5 points)

**Question 1.1 :** Expliquez pourquoi un problème de planification multi-agents (impliquant  $n$  agents) ne peut généralement pas être résolu en utilisant  $n$  planificateurs mono-agents indépendants. Illustrez sur un exemple d'application concrète. (1 pt)

**Question 1.2 :** Rappelez à quoi correspond le terme **incertitude** dans la planification sous incertitude. Expliquez quelles peuvent être les sources d'incertitude dans un problème de planification multi-agents. Illustrez sur un exemple d'application concrète. (1,5 pts)

**Question 1.3 :** En quoi l'observabilité partielle de l'environnement complexifie la prise de décision pour un agent autonome. Quel est l'impact sur la forme des politiques de décision des agents ? (1,5 pts)

**Question 1.4 :** Dans l'approche Partial Global Planning (PGP), expliquez pourquoi les agents peuvent être temporairement non coordonnés. (1 pt)

### 2 Planification pour des agents cuisiniers (5 points)

On souhaite développer des robots autonomes faisant la cuisine dans un restaurant, comme ceux qu'on peut déjà voir dans des restaurants au Japon (cf. figure 2). Pour le moment, nos robots se limitent à une seule recette : le gâteau au chocolat.

On dispose de 4 robots : un robot "plaque de cuisson" sachant faire fondre du chocolat, un robot "four" sachant cuire un gâteau, un robot "batteur électrique" sachant mélanger des ingrédients et un robot "commis de cuisine" sachant casser des œufs et ajouter des ingrédients dans un récipient (farine, sucre, chocolat).



Les étapes de la recette sont les suivantes :

1. Faire fondre le chocolat,
2. D'autre part, casser les œufs, ajouter le sucre, mélanger, ajouter la farine, mélanger à nouveau (les actions sont réalisées les unes après les autres) ;
3. Verser le chocolat tout en mélangeant (les actions doivent être réalisées simultanément) ;
4. Cuire le gâteau.

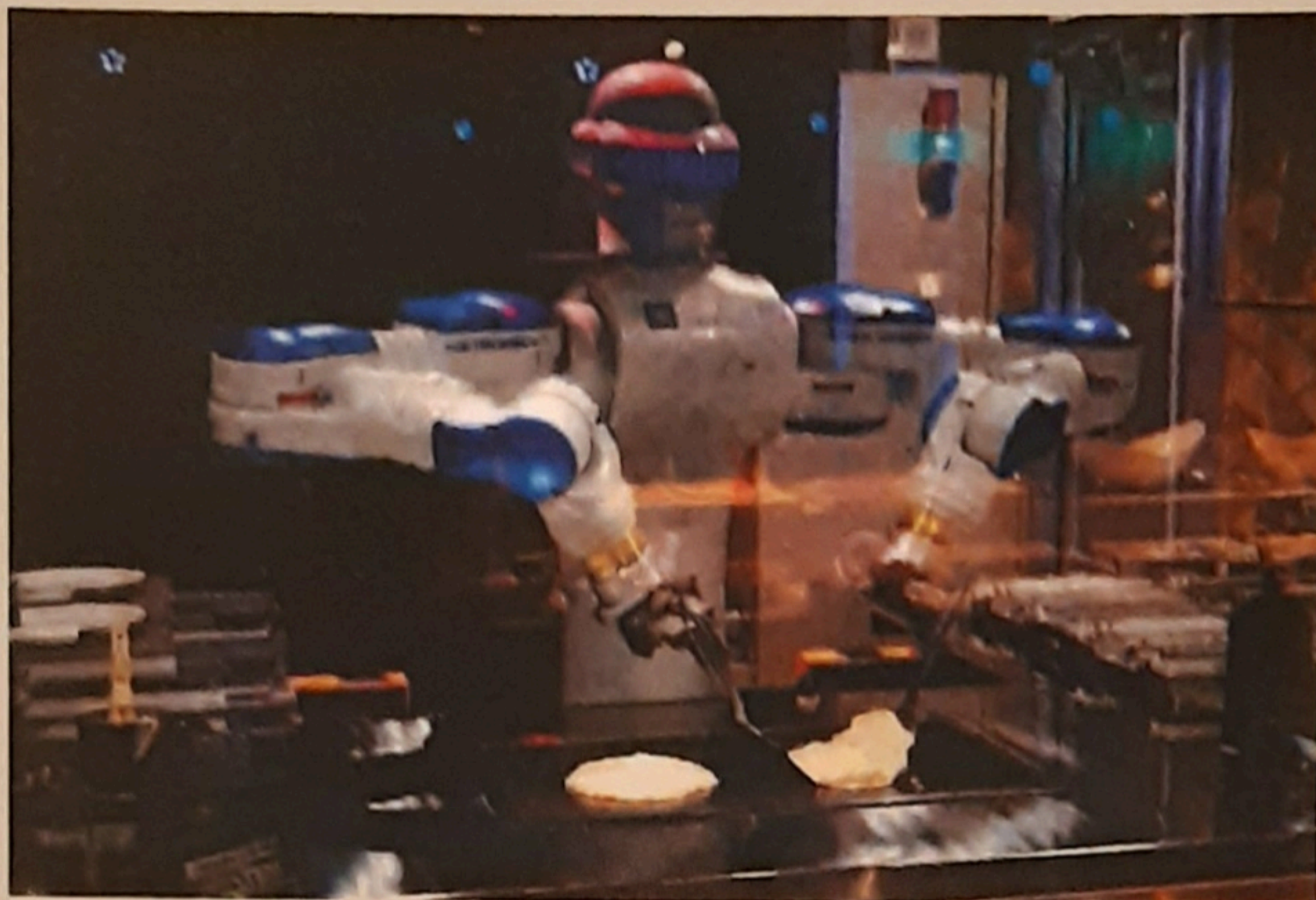


FIGURE 1 Robot cuisinier dans un restaurant

**Question 1.1 :** Représentez les actions des robots en MA-STRIPS en expliquant comment vous tenez compte des dépendances (précédence et simultanéité) entre les actions et des interactions entre agents. (3 points)

**Question 1.2** Décrivez le plan individuel de chaque agent et les dépendances entre ces plans. Quel est la longueur minimale d'un plan joint ? Vous pourrez représenter les dépendances par un graphe. (2 points)

### 3 Robots Nettoyeurs (10 points)

Luigi possède deux robots aspirateurs pour nettoyer son manoir. Il a décidé d'optimiser le comportement de ses robots afin d'améliorer leur efficacité en leur permettant de se coordonner. Luigi possède les connaissances suivantes sur ses robots et sur l'environnement dans lequel ils vont agir (c'est-à-dire son manoir, limité ici à 4 pièces pour des raisons de simplicité) :

Toutes les pièces sont accessibles par chacun des robots. Le plan du manoir est décrit sur la figure 3. Un robot ne peut passer d'une pièce à une autre que par les portes. Ainsi un robot peut passer de la chambre au séjour ou à la salle de bain mais ne peut pas aller directement de la chambre à la cuisine.

Un robot peut soit nettoyer la pièce dans laquelle il se trouve, soit passer dans une pièce adjacente à la pièce courante (pièce accessible par une porte) ou ne rien faire.

Chaque pièce est caractérisée par un degré de saleté.



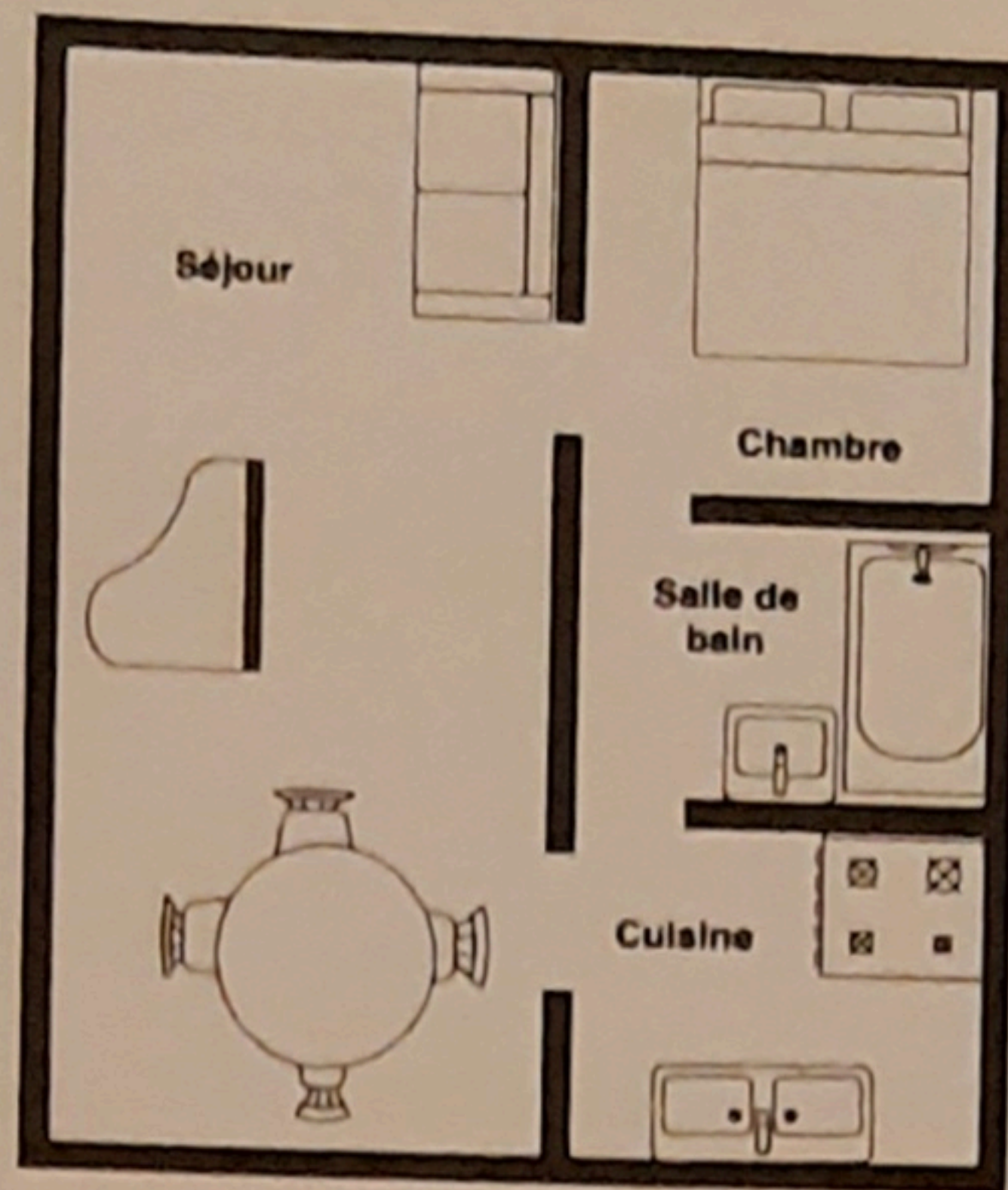


FIGURE 2 Plan du manoir

Un robot observe dans quelle pièce il se trouve et observe avec exactitude (aucun bruit) le degré de saleté de cette pièce (il ne peut pas observer le degré de saleté d'une pièce dans laquelle il n'est pas).

Le degré de saleté de chaque pièce est caractérisé par un entier entre 0 et 5 pour le séjour et entre 0 et 2 pour toutes les autres pièces. Le degré de saleté initial des pièces n'est pas connu des robots. Lorsque le degré de saleté atteint 0, il ne peut plus baisser.

Lorsqu'un robot nettoie une pièce, son degré de saleté baisse de 2 points avec une probabilité de 0.1, baisse de 1 point avec une probabilité de 0.8, reste identique avec une probabilité de 0.1.

Si deux robots nettoient une même pièce en même temps, le degré de saleté de cette pièce baisse de 3 points avec une probabilité de 0.6 et baisse de 2 points avec une probabilité de 0.4.

Les déplacements entre deux pièces sont supposés parfaits (réussissant toujours) à partir du moment où il existe une porte entre ces deux pièces.

L'objectif de Luigi est que ses robots nettoient tout le manoir (degré de saleté à 0 dans toutes les pièces) et le plus rapidement possible.

**Question 2.1 :** Pourquoi le modèle des MMDP n'est-il pas adapté pour formaliser ce problème de planification ? Quelles hypothèses supplémentaires devraient être faites pour pouvoir représenter le problème par un MMDP ? (1 point)

**Question 2.2 :** Formalisez le problème sous forme d'un DEC-POMDP. (4 points)

**Question 2.3 :** Cette modélisation correspond-elle à un DEC-MDP ? Justifiez (1.5 points)

**Question 2.4 :** Le problème est-il à transitions indépendantes ? à observation indépendantes ? Justifiez (1 point)

**Question 2.5 :** Donnez la forme générale d'une stratégie jointe et des stratégies individuelles ? (1.5 points)

**Question 2.5 :** Donnez un exemple de stratégie individuelle à l'horizon 2. (1 point)