

1

Chapitre 2

Responsable module:

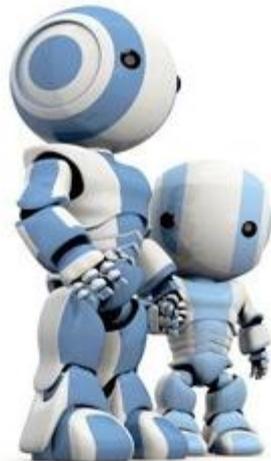
Hadjadj Abdelhalim



Centre universitaire de Mila

Master I: Matière Intelligence artificielle : Principes et Applications

C'est quoi un Agent



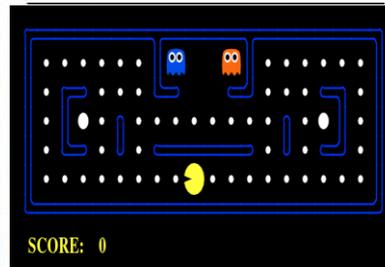
Agent

3

Un agent est n'importe quelle entité qui perçoit son environnement par des capteurs (sensors) et qui agit sur cet environnement par des actionneurs (actuators)

Agent

4



- Systèmes d'aide à la décision
- Robots
- IA dans les jeux

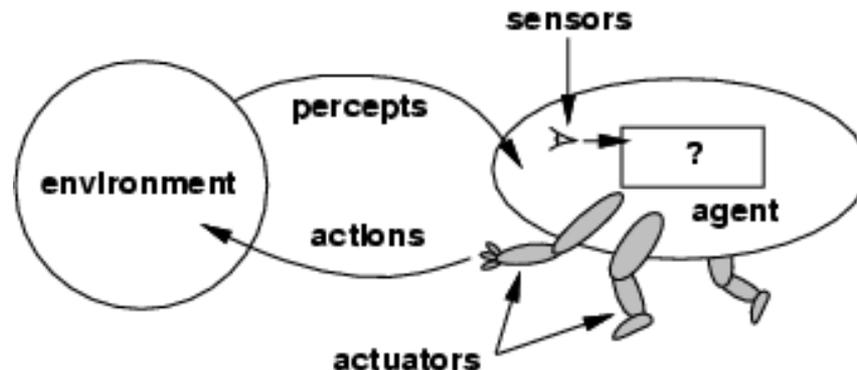
Agents et environnements

5

- Le processus agent f prend en entrée une séquence d'observations (percepts) et retourne une action

$$f : p^* \rightarrow A$$

- Le processus est implémenté sous forme de programme sur une architecture matérielle particulière



Exemple aspirateur robotisé

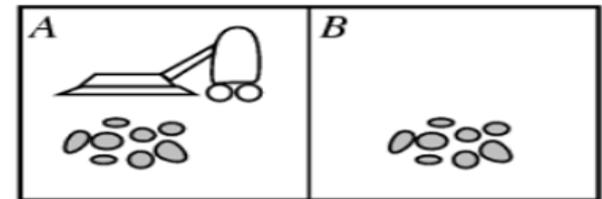
6

- Observations [A, Propre], [A, Sale],
- Actions Gauche, Droite, Absorbe,....
- F :

[A, Propre] → Droite

[A, Sale] → Absorbe

.....



Exemple

7

| Domain | Inputs | Output/Action | Goal |
|--------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|
| Chess-Playing | Current board position | Next move | Win game |
| Web-search | Keywords, Web-pages | List of Web pages | Find relevant Web pages |
| Speech | Audio signal (microphone) | List of words | Recognition |
| Driving | Images, signals, position | Movement | Drive from A to B |
| and many more..... | | | |

Agents rationnels

□ **Comment un agent doit-il agir ?**

Un agent doit travailler pour « faire la bonne chose » en fonction de ce qu'il peut percevoir et des actions qu'il peut effectuer. La bonne action est celle qui permettra à l'agent d'obtenir le plus de succès.

□ La rationalité d'un agent dépend également de plusieurs facteurs :

- Ce que l'agent a perçu,
- Ce que l'agent sait de son environnement,
- Les actions que l'agent est capable d'accomplir.

Agents rationnels

9

- **Mesure de performance / fonction d'utilité / de succès** : Il s'agit d'un critère objectif permettant d'évaluer le succès du comportement de l'agent.

Composantes principales d'un agent

10

- **Modèle PEAS** (**Performance, Environment, Actuators, Sensors**): un modèle de conception des agents par la spécification des composantes majeures suivantes :
 - mesure de performance (Performance)
 - éléments de l'environnement (Environnement)
 - les actions que l'agent peut effectuer (Actionneurs ou Actuators)
 - la séquence des observations ou percepts de l'agent (Capteurs ou Sensors)

Modèle PEAS pour un robot taxi

11

- **Agent** : robot taxi
- **Mesure de performance** : sécurité, vitesse, respect du code routier, voyage confortable, maximisation des profits
- **Environnement** : route, trafic, piétons, clients
- **Actionneurs** : volant, changement de vitesse, accélérateur, frein, clignotants, klaxon
- **Senseurs** : Caméras, sonar, compteur de vitesse, GPS, témoins de moteurs, etc

Modèle PEAS pour un diagnostic médical automatisé

12

- **Agent** : système de diagnostic médical
- **Mesure de performance** : santé des patients, minimisation des coûts, satisfaction des patients
- **Environnement** : patients, hôpital, personnel soignant
- **Actionneurs** : moniteur pour afficher des questions, les résultats de tests ou de diagnostic, le traitement, etc.
- **Senseurs** : clavier et souris pour saisir les symptômes, les réponses aux questions, etc.

Caractéristiques d'environnement

13

- Complètement observables (vs partiellement observable)
- Déterministe (vs stochastique/strategie)
- Episodique (vs séquentiel)
- Statique (vs dynamique)
- Discret (vs continu)
- Agent unique (vs multi-agent)

Caractéristiques d'environnement

14

Complètement observables / Partiellement observable

Les capteurs de l'agent lui donnent accès à **la totalité de l'état** de l'environnement à tout moment

Complètement observables

- Mot croisé
- Analyse d'image
- Robot de prélèvement de pièces
- Backgammon

Partiellement observable

- Poker
- Chauffeur de taxi

Caractéristiques d'environnement

15

Déterministe / Stochastique

L'état suivant de l'environnement est entièrement **déterminé** par l'état courant et l'action effectuée par le ou les agents

Déterministe

- Mot croisé
- Analyse d'image

Stochastique

- Poker
- Chauffeur de taxi
- Backgammon
- Robot de prélèvement de pièces

Caractéristiques d'environnement

16

Épisodique / Séquentiel

Les comportements de l'agent sont divisés en épisodes (observer l'environnement et effectuer une seule action / **l'action n'a pas d'influence** sur l'environnement dans l'épisode suivant)

Épisodique

Robot de prélèvement de pièces

- Analyse d'image

Séquentiel

- Poker
- Chauffeur de taxi
- Backgammon
- Mot croisé

Caractéristiques d'environnement

17

Statique / Dynamique

Aucun **changement** dans l'environnement lorsque l'agent n'agit pas

Dynamique

- Robot de prélèvement de pièces
- Chauffeur de taxi

Statique

- Poker
- Mot croisé

- Backgammon
- Analyse d'image

Caractéristiques d'environnement

18

Discret / Continu

Nombre limité et clairement **distinct** de données sensorielles et d'actions

Continu

- Robot de prélèvement de pièces
- Analyse d'image
- Chauffeur de taxi

Discret

- Poker
- Mot croisé
- Backgammon

Caractéristiques d'environnement

19

Agent unique / Multi-agent

Un agent qui résout un problème de mots croisés tout seul est clairement dans un environnement **monoagent**, tandis qu'un agent qui joue aux échecs est dans un environnement a deux agents

Agent unique

- Robot de prélèvement de pièces
- Analyse d'image
- Mot croisé

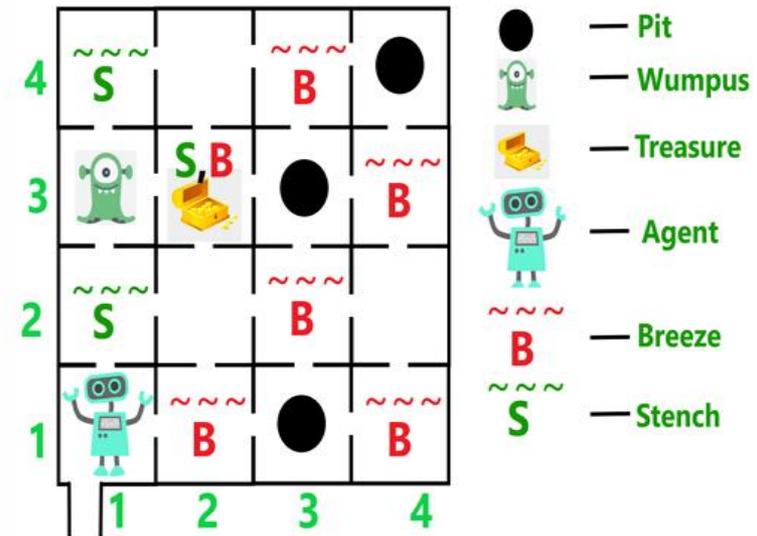
Multi-agent

- Poker
- Chauffeur de taxi
- Backgammon

Monde des wumpus: Mesure de performance

20

- Les actions de l'agent sont évaluées en fonction d'une **mesure de performance** qui attribue des points ou en retire, selon le succès ou l'échec de l'agent dans certaines actions.
- Voici comment cette mesure fonctionne dans ce monde :
 1. **+50 points pour trouver de l'or**
 2. **-50 points en cas de mort**
 3. **-5 points par déplacement**
 4. **-20 points pour tirer une flèche**

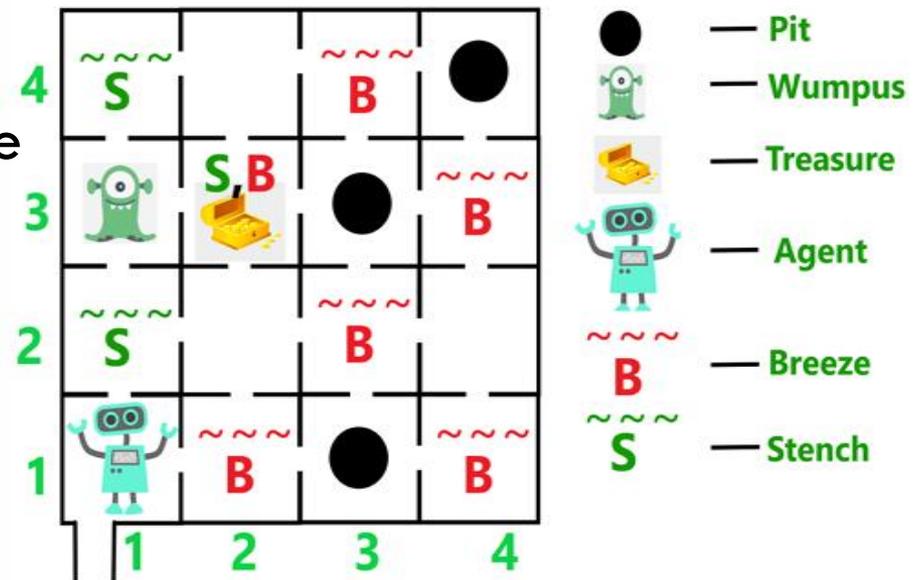


Monde des wumpus: Environnement

21

- Puanteur dans les chambres adjacentes au wumpus.
- Brise dans les chambres adjacentes à une fosse • Lumière si l'or est dans la chambre

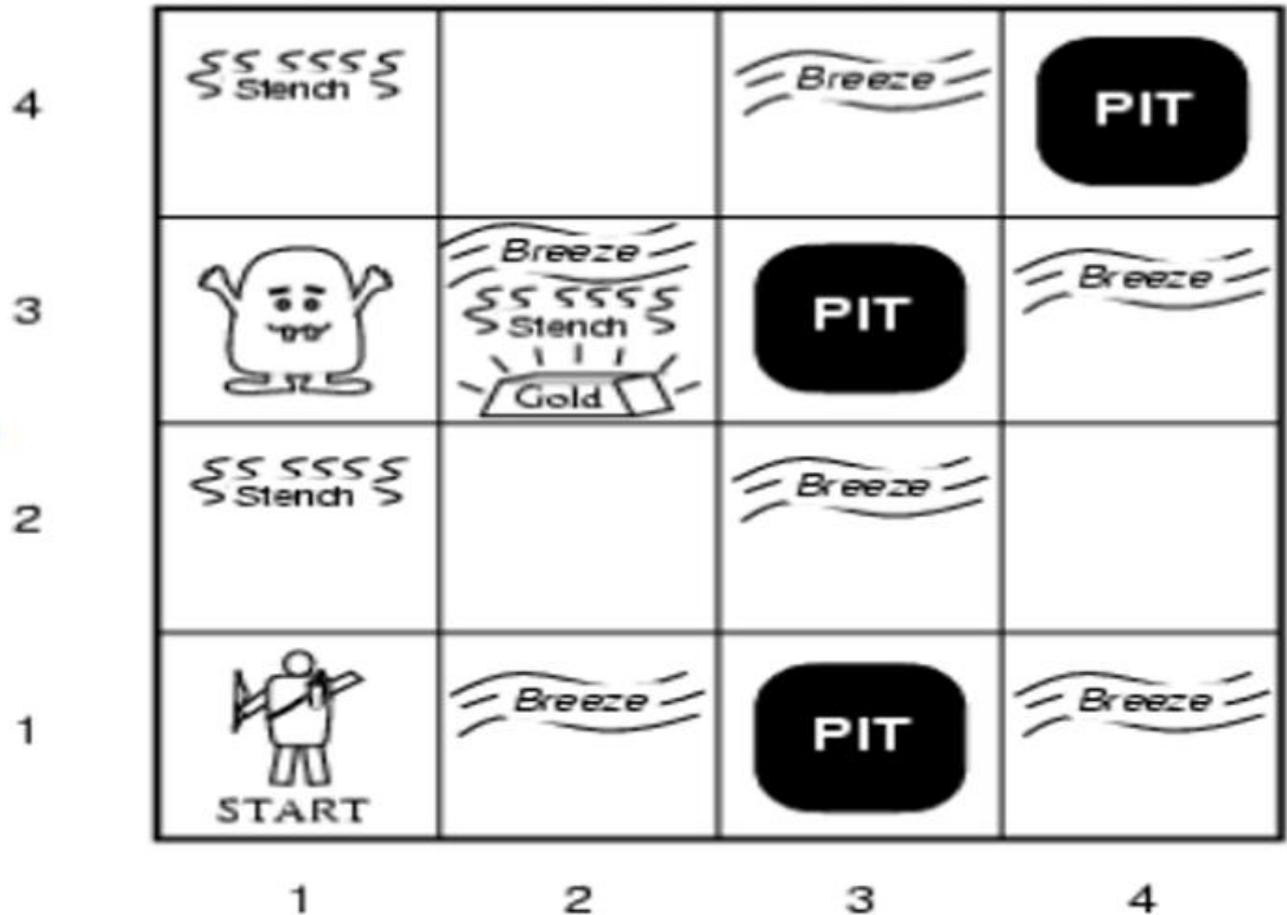
- le wumpus meurt si on lui tire une flèche de face • on a une seule flèche
- on peut ramasser l'or dans la même chambre
- on sort de la grotte en grim pant à la case [1,1]



Monde des wumpus

22

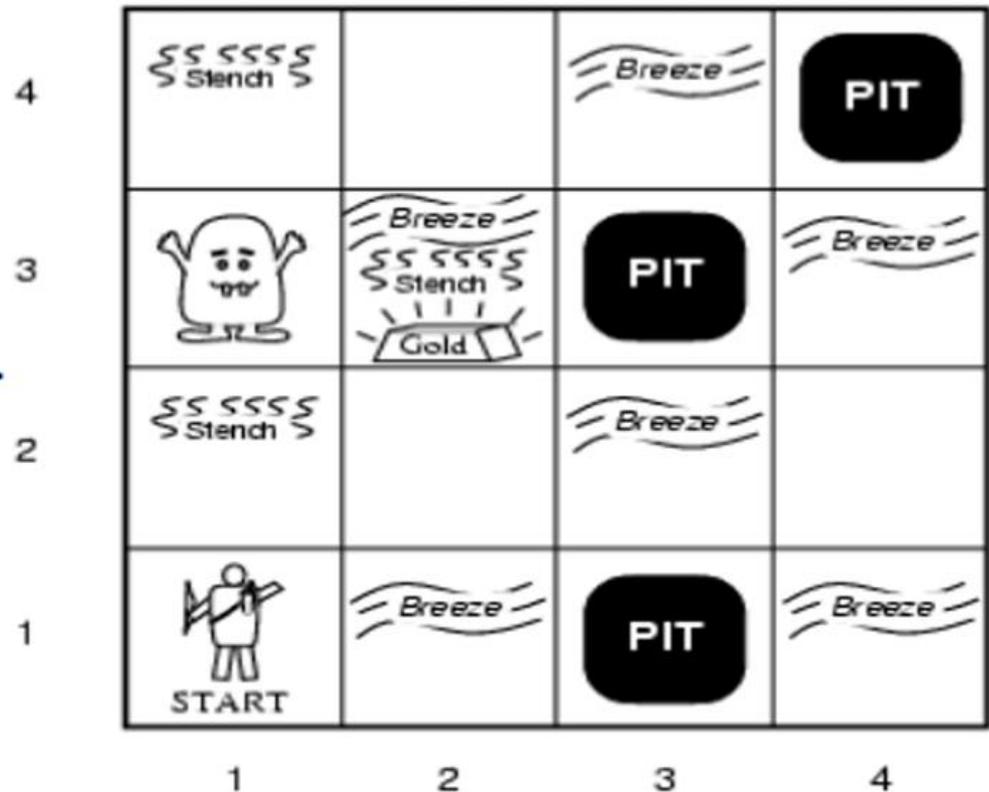
- Capteurs
 - ▣ Puanteur
 - ▣ Brise
 - ▣ Lumière
 - ▣ Choc
 - ▣ Cri



Monde des wumpus

23

- Actionneurs
 - Tourner à gauche
 - Tourner à droite
 - Avancer
 - Saisir
 - Grimper
 - Tirer



Monde des wumpus

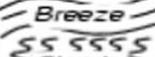
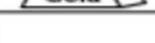
24

- Complètement observable ? Non – seulement perception locale
- Déterministe ? Oui – l'effet de chaque action est prévisible
- Épisodique ? Non – séquentiel au niveau des actions
- Statique ? Oui – le wumpus et les fosses ne bougent pas
- Discret ? Oui
- Agent unique? Oui La seule action du wumpus est de nous dévorer si on atteint sa chambre

Monde des wumpus

25

| | | | |
|---------|----|--|--|
| | | | |
| | | | |
| OK | | | |
| OK A | OK | | |

| | | | |
|--|---|---|---|
|  | |  |  |
|  |    |  |  |
|  | |  | |
|  |  |  |  |

$S_{11} = \text{None} \Rightarrow S_{12} = \text{Safe} \wedge S_{21} = \text{Safe}$

$S_{12} = \text{Breeze} \Rightarrow S_{13} = \text{Pit} \vee S_{22} = \text{Pit}$

$S_{21} = \text{Stench} \Rightarrow S_{31} = \text{Wumpus} \vee S_{22} = \text{Wumpus}$

$S_{12} = \text{Breeze} \wedge S_{21} = \text{Stench} \Rightarrow S_{22} = \text{Safe}$

$S_{22} = \text{None} \Rightarrow S_{23} = \text{Safe} \wedge S_{32} = \text{Safe}$

$S_{23} = \text{Breeze} \Rightarrow S_{13} = \text{Pit} \vee S_{24} = \text{Pit} \vee S_{33} = \text{Pit}$

$S_{32} = \text{Glitter} \Rightarrow \text{Find Gold.}$

$S_{32} = \text{Stench} \wedge S_{21} = \text{Stench} \wedge S_{22} = \neg \text{Wumpus}$

$\Rightarrow S_{31} = \text{Wumpus}$ (if only one Wumpus exists)

Planification

Définition

La planification:

- ▣ Permet de déterminer une séquence d'actions pour atteindre un objectif,
- ▣ Elle permet à un agent de tirer parti de la structure d'un problème, en décomposant celui-ci en sous-problèmes plus simples, afin de construire des plans d'action complexes de manière optimale.

Définition

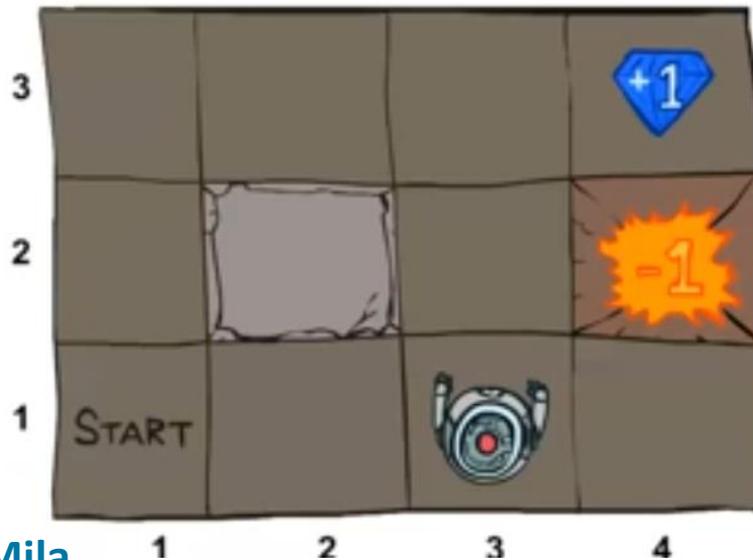
28

- Un agent planificateur est plus structuré et adapté pour gérer des tâches complexes nécessitant une série d'actions ordonnées, en tenant compte des relations entre les actions et les états.
- Il est similaire aux agents de résolution de problèmes, mais il se distingue par **ses représentations spécifiques des buts, des états, des actions et des solutions**. De plus, sa **méthode de recherche de solutions** est différente, utilisant des **techniques de planification**.

Définition

29

- - Exemple :
 - ▣ Un robot doit planifier son trajet pour se rendre à un emplacement précis sans heurter d'obstacles.
 - ▣ La planification permet au robot de calculer les actions nécessaires, comme tourner, avancer, ou contourner des objets, pour atteindre sa destination.



La planification classique

30

- La planification classique est définie comme la tâche consistant à trouver une séquence d'actions pour accomplir un objectif dans **un environnement discret, déterministe, statique et totalement observable**.
- Ex: Un robot dans une pièce où tous les obstacles sont connus à l'avance. Le robot peut planifier son trajet en supposant que rien ne changera pendant son déplacement.

Algorithmes de Planification Classique

31

- - Forward State Space Planning (FSSP) : Démarre de l'état initial et explore les actions possibles pour progresser vers l'objectif.
- - Backward State Space Planning (BSSP) : Commence par l'état objectif et travaille en arrière pour déterminer les actions menant à l'état initial.

Limites de la Planification Classique

32

□ Complexité

La taille de l'espace de recherche peut augmenter rapidement avec le nombre de variables.

□ Incapacité à gérer les incertitudes

Si l'environnement change pendant l'exécution, la planification classique devient inefficace.

Approches de planification en IA

33

□ Planification probabiliste

La planification probabiliste est conçue pour les environnements incertains, en prenant en compte les différents résultats possibles des actions avec des probabilités associées.

- les processus de décision de Markov **partiellement observables** (POMDPs) permet d'évaluer différents résultats possibles et prendre des décisions.

Approches de planification en IA

34

□ Planification réactive

Adaptée aux environnements dynamiques et imprévisibles, la planification réactive permet à l'agent d'IA de réagir en temps réel aux changements.

Approches de planification en IA

35

□ Planification Hiérarchique

Décompose les tâches complexes en sous-tâches plus simples, offrant une approche structurée pour résoudre des problèmes à grande échelle.

Cette approche est particulièrement utile pour **gérer des problèmes complexes** en organisant la planification sous forme de niveaux, où chaque niveau correspond à un sous-objectif ou une sous-tâche.

Temps, Calendriers et Ressources

36

- La planification doit souvent prendre en compte les contraintes **temporelles et les ressources disponibles**.
- le système de planification **crée des calendriers** pour optimiser l'utilisation du temps et des ressources,
 - ▣ Ex: en logistique ou en gestion de projet. L'objectif est d'optimiser le déroulement des tâches en fonction des contraintes de temps et de ressources.

Avantages de planification

37

- Précision accrue dans le choix des actions et des objectifs
- Représentation des états et des objectifs en logique du premier ordre
- Description logique des préconditions et effets des actions
- Relation directe entre état et actions pour restreindre la recherche,

Avantages de planification

38

□ **Flexibilité dans l'ajout d'actions**

- Les actions peuvent être ajoutées au plan uniquement lorsque nécessaire, sans être limitées par un ordre rigide.

□ **Planification sans séquence stricte**

- Il n'est pas obligatoire de construire la solution étape par étape depuis l'état initial.
- Cela permet de planifier des actions importantes avant d'affiner les détails.

□ **Réduction de la complexité et des retours en arrière**

- Prendre d'abord les décisions simples réduit le nombre de choix à chaque étape (facteur de branchement).
- Limite les retours en arrière en se concentrant sur les étapes évidentes dès le début.

□ **Indépendance entre ordre de planification et exécution**

- L'ordre de planification n'a pas besoin de correspondre à l'ordre d'exécution.

Avantages de planification

39

- **Approche diviser-pour-régner**
- **1. Définition de sous-buts indépendants**
 - Les objectifs peuvent être divisés en sous-buts indépendants.
 - Exemple : aller chercher du lait, des bananes, et.....
- **2. Création de sous-plans**
 - Un sous-plan est créé pour chaque sous-but.
 - Cela permet de se concentrer sur chaque partie du plan individuellement.
- **3. Combinaison efficace des sous-buts**
 - Cette approche fonctionne bien tant que le coût de combinaison des sous-plans reste raisonnable.

Représentation et Applications de STRIPS

40

- **STRIPS (Stanford Research Institute Problem Solver)**
- STRIPS est un langage de planification qui représente les actions et états du monde à travers des **prédicats en logique du premier ordre**.
 - **Prédicats** : Décrivent des faits et relations dans l'environnement.
 - **Actions** : Composées de **prérequis** (conditions initiales) et **effets** (changements apportés à l'état du monde).
- **Exemple** : un robot qui doit déplacer un objet sur une table :
 - **État initial** : L'objet est sur la table à une position spécifique, et le robot est à côté.
 - **Action : Déplacer l'objet**
 - **Précondition** : L'objet est sur la table, et le robot est à côté de l'objet.
 - **Effets** : L'objet est déplacé à une nouvelle position sur la table, et l'objet n'est plus à la position précédente.
 - **Effet négatif** : L'objet n'est plus à sa position initiale.

Problème de blocks-world

41

Init($On(A, Table) \wedge On(B, Table) \wedge On(C, A)$

$\wedge Block(A) \wedge Block(B) \wedge Block(C) \wedge Clear(B) \wedge Clear(C) \wedge Clear(Table)$)

Goal($On(A, B) \wedge On(B, C)$)

Action(*Move*(b, x, y),

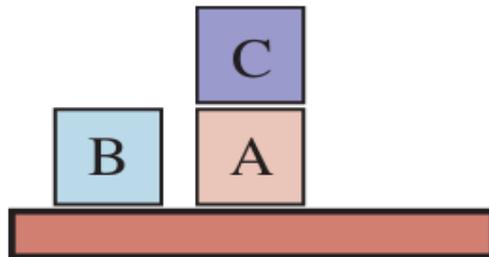
PRECOND: $On(b, x) \wedge Clear(b) \wedge Clear(y) \wedge Block(b) \wedge Block(y) \wedge$
 $(b \neq x) \wedge (b \neq y) \wedge (x \neq y)$,

EFFECT: $On(b, y) \wedge Clear(x) \wedge \neg On(b, x) \wedge \neg Clear(y)$)

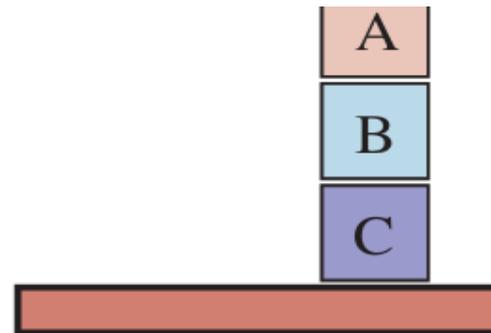
Action(*MoveToTable*(b, x),

PRECOND: $On(b, x) \wedge Clear(b) \wedge Block(b) \wedge Block(x)$,

EFFECT: $On(b, Table) \wedge Clear(x) \wedge \neg On(b, x)$)



Start State



Goal State

Planification dans les Espaces d'États

42

1. Algorithmes de Planification Simples

Les algorithmes de planification peuvent être considérés comme des **algorithmes de recherche**, où l'espace de recherche est un sous-ensemble de l'espace d'états possibles.

2. Espaces d'États

1. **Nœud** : Représente un **état du monde** à un instant donné.
2. **Arc** : Correspond à une **transition** ou une **action** qui modifie l'état.
3. **Chemin** : Une séquence d'actions reliant l'état initial à un état qui satisfait le but. Ce chemin constitue le **plan d'actions**.

3. Algorithmes de Recherche

Un algorithme de planification peut être vu comme un algorithme de **recherche dans l'espace d'états**. Il explore cet espace pour trouver une solution qui mène au but.

Prise de décisions simples

Prise de décisions simples

44

- La prise de décision est le processus de sélection parmi plusieurs alternatives.
- En intelligence artificielle, cela représente la manière dont un agent doit prendre des décisions pour maximiser la probabilité d'atteindre ses objectifs, en optimisant ses choix en moyenne.

Prise de décisions simples

45

- Un agent capable de prendre des décisions rationnelles en s'appuyant sur ce qu'il **croit et ce qu'il veut**.
- Un tel agent est à même de prendre des décisions dans des contextes où **l'incertitude** et les conflits entre buts laissent un **agent logique désarmé**.
- Un agent guidé **par les buts** établit une distinction binaire entre **les bons états** (ceux qui correspondent au but) et **les mauvais** (ceux qui n'y correspondent pas), tandis qu'un agent qui s'appuie sur la théorie de la décision possède une **mesure continue de la qualité des états**.

Prise de décisions simples

46

- **L'agent fondé sur la théorie de la décision :**
- cet agent utilise une **mesure continue de la qualité des états** — une notion que l'on appelle généralement **l'utilité**.
- Au lieu de juger un état comme bon ou mauvais, il évalue chaque état en fonction de sa valeur ou son **utilité**.
- Cela lui permet de prendre des décisions plus **nuancées et de préférer** certains états à d'autres, même si tous ne correspondent pas parfaitement au but final.

Prise de décisions simples

47

- **Théorie de la Décision** : Choix basé sur les Bénéfices Immédiats
 - L'agent prend des décisions en fonction des bénéfices immédiats attendus des actions, Il choisit l'action **qui maximise l'utilité** de l'état qu'il espère atteindre.
- 1. Modélisation des préférences :
 - Les préférences de l'agent sont représentées par une **fonction d'utilité $U(s)$** , qui attribue une **valeur** à chaque état s , en fonction de son désirabilité. Plus l'utilité est élevée, plus l'état est souhaitable pour l'agent.
- 2. Utilité Espérée (UE) :
 - L'utilité espérée UE d'une action est **la moyenne des utilités des états possibles**, pondérée par la probabilité de chaque résultat.

Prise de décisions simples

48

- Un agent rationnel doit choisir l'action qui maximise l'utilité espérée (Principe du maximum d'utilité espérée)
- **Exemple : Choisir un investissement**
- Un agent doit choisir un investissement parmi trois options :
 - **Option A** : Rendement élevé (utilité de 100), mais avec une probabilité de succès de 50%.
 - **Option B** : Rendement moyen (utilité de 50), avec une probabilité de succès de 80%.
 - **Option C** : Rendement faible (utilité de 20), mais sûr avec 100% de probabilité.
- L'agent calcule l'**utilité espérée** de chaque option :
$$\mathbf{UE(A)} = 0.5 * 100 + 0.5 * 0 = \mathbf{50}, \mathbf{UE(B)} = 0.8 * 50 + 0.2 * 0 = \mathbf{40}, \mathbf{UE(C)} = 1 * 20 = \mathbf{20}$$

L'agent choisira l'**option A**, car elle maximise l'utilité espérée malgré l'incertitude.

Prise de décisions Complexe

Prise de décisions Complexe

50

- La **prise de décision complexe** se distingue par le fait qu'elle prend en compte non seulement **l'état actuel**, mais aussi les **décisions futures** qui pourraient être prises en fonction de l'évolution des situations.
- Cela implique une vision à plus long terme, où l'agent doit évaluer **les conséquences de ses actions aujourd'hui**, en pensant aux choix possibles à venir.

Prise de décisions Complexe

51

- La prise de décision simple est une décision épisodique dans lesquels l'utilité du résultat de chaque action était bien connue
- Dans cette partie, on parle des problèmes de décision séquentiels, dans lesquels l'utilité de l'agent dépend d'une suite de décisions,

Décision Séquentielle

52

- Combinent plusieurs éléments clés:

- ▣ Décisions successives

L'agent prend plusieurs décisions sur une période prolongée, et chaque choix influence les options disponibles à l'avenir.

- ▣ Effet cumulatif des actions

Contrairement à une décision simple, l'impact des choix d'aujourd'hui se répercute sur le long terme.

- ▣ Incertitude

Les conséquences de chaque action sont souvent incertaines.

Prise de décisions Complexe

53

- L'agent doit donc anticiper les conséquences de ses actions actuelles, non seulement en fonction de l'état d'aujourd'hui, mais aussi en fonction de ce qui pourrait se produire à l'avenir.
- Dans un contexte incertain, l'agent n'a pas une connaissance complète des résultats futurs, ce qui le pousse à évaluer des probabilités et à choisir les actions qui maximisent une **utilité attendue sur plusieurs étapes**.
- - L'agent doit **prévoir les futures actions** en tenant compte des états futurs possibles.

Prise de décisions Complexe

54

- L'utilité d'une séquence d'états est la somme de toutes les récompenses sur cette séquence
- La solution d'un PDM est une politique qui associe une décision à chaque état dans lequel l'agent pourrait se trouver
- Une politique optimale maximise l'utilité des états rencontrés durant son exécution

Questions?

Fin de

chapitre02