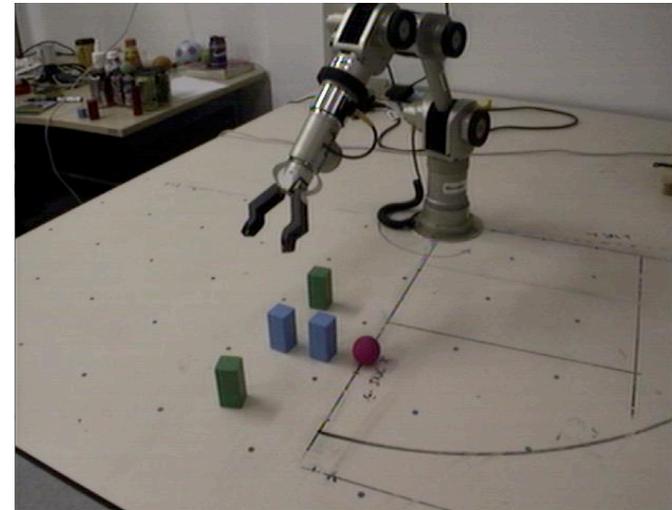


2. Planification de l'action



Motivations

- Prévoir
 - Enchaîner
 - Adapter
- les actions pour accomplir des tâches fixées

réactions instantanées à des stimuli

≠

anticipation et réflexion sur les buts

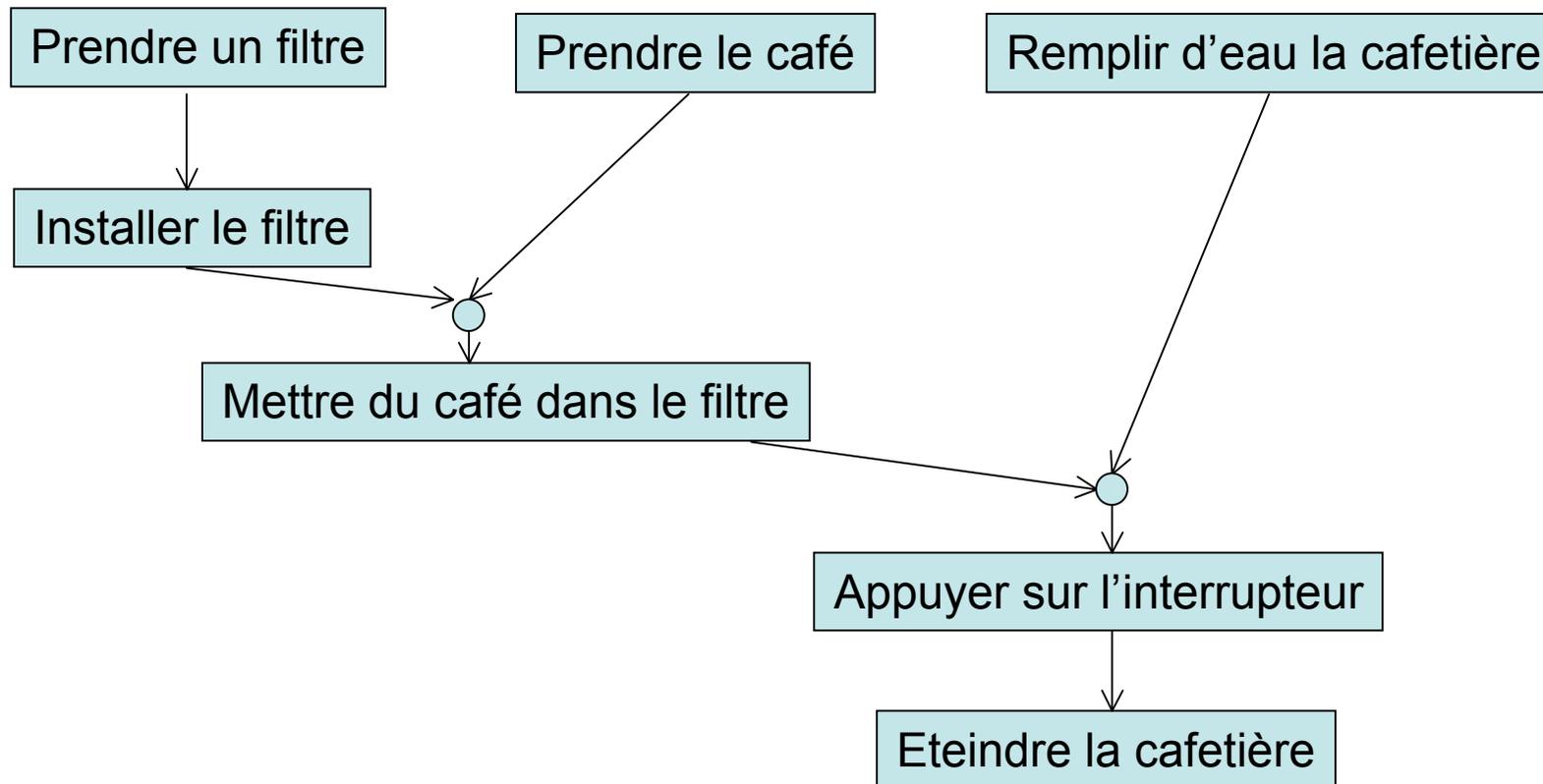
Qu'est-ce que la planification ?

- Un état initial du monde
- Des actions possibles dans le monde
- Un but à atteindre : problème à résoudre
- Trouver une suite d'actions pour faire passer le monde de l'état initial à un état qui satisfait le but à atteindre

Applications

- Déplacement d'un robot
- Coordination de plusieurs robots
- Reconnaissance de molécules
- Modélisation de la programmation
- Ordonnancement de tâches (courses, ...)
- Gestion d'emploi du temps
- ...

Exemple



Origines

GPS (Newell et Simon, 1961)

- Exploration d'un espace de séquences d'actions, certaines conduisent à des situations désirables
- Problème = état initial + but + opérateurs
- Plan = bonne séquence d'actions à suivre
- Heuristique de réduction de l'espace

analyse fins et moyens (means-ends analysis)

décomposition de buts en sous-buts

distance état courant/sous-but (évaluateur de différence)

table de connexions (classes de différences/opérateurs)

Problème du décors (frame problem)

Pour chaque action

reconstruction du modèle du monde

spécification des faits modifiés et non modifiés

Solution (partielle)

- Formalisme efficace de représentation des actions

STRIPS (Fikes et Nilsson, 71)

- Conçu pour contrôler SHAKEY un robot mobile pouvant se déplacer et pousser des objets
- Génère et réutilise des plans contrôlés par PLANEX (Fikes, 71)



STRIPS

<Nom-action><Préconditions><Ajouts><Retraits>

expressions de la logique des prédicats du premier ordre

- Hypothèse de persistance forte

« aucun changement n'a lieu dans le monde en dehors de ceux qui sont décrits par les listes d'ajouts et de retraits des opérateurs »

(tout est prévisible)

- Fonction heuristique

- Structure de table triangulaire pour

- contrôler l'exécution des plans
- réutiliser des plans

Pour le monde des cubes

- Faits

Handempty

Holding(x)

Clear(x)

Ontable(x)

On(x,y)

- Opérateurs

Pickup(x)

pre and del : ontable(x), clear(x), handempty

add : holding(x)

Putdown(x)

pre and del : holding(x)

add : ontable(x), clear(x), handempty

Stack(x,y)

pre and del : holding(x), clear(y)

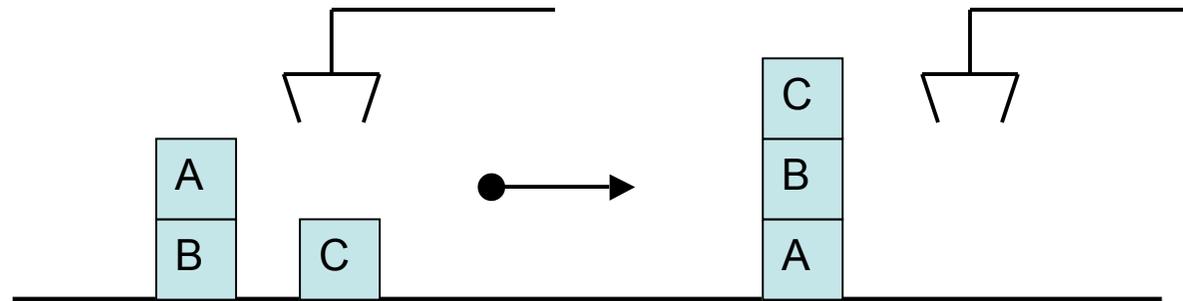
add : handempty, on(x,y), clear(x)

Unstack(x,y)

pre and del : handempty, on(x,y), clear(x)

add : holding(x), clear(y)

Exemple



Etat initial

- handempty
- ontable(C)
- ontable(B)
- on(A,B)
- clear(C)
- clear(A)

Etat final

- handempty
- ontable(A)
- on(B,A)
- on(C,B)
- clear(C)

Table triangulaire

handempty on(A,B) clear(A)	unstack(A)					
	holding(A)	putdown(A)				
ontable(B)	clear(B)	handempty	pickup(B)			
		clear(A)	holding(B)	stack(B,A)		
ontable(C) clear(C)				handempty	pickup(C)	
				clear(B)	holding(C)	stack(C,B)
		ontable(A)		on(B,A)		handempty on(C,B) clear(C)

Critique de STRIPS

Ramification de l'action (Ramification Problem)

- objets du monde reliés ou instables
- effets des actions difficilement spécifiés par des listes ajouts/retraits (effets de bord dépendants du contexte)

Qualification des actions (Qualification Problem)

- spécification des conditions normales de déclenchement d'une action
 - non spécification des faits susceptibles d'empêcher l'exécution d'une action
- Nécessité de gérer les échecs à l'exécution du plan et de représenter les actions de façon plus complète

Solution au pb de ramification

Planification linéaire respectant le postulat de STRIPS

- BUILD (Fahlman, 74)

 - relations primaires pour la description de l'univers

 - relations secondaires déduites des premières

 - calculées et ajoutées au monde en cas de besoin

 - destruction d'un fait primaire → destruction des faits secondaires déduits

- Système du SRI (Fikes, 75)

 - distinction entre faits explicites et faits déduits

- Langages de programmation : QA4 (Derksen, Rulifson, Waldinger, 72), QLISP (Wilber, 76)

 - retraits et ajouts résultent d'un calcul

Interaction des buts conjonctifs

Problème

Problème initial = conjonction de sous-pbs

Plan final = concaténation de sous-plans

Sous-pbs non indépendants

Solution : Hypothèse de linéarité

- planifier en donnant par avance un ordre aux buts
- corriger le plan en résolvant les interactions

- Ordre indifférent des sous-pbs ou K a priori de cet ordre
- Planificateurs linéaires produisant des plans linéaires totalement ordonnés (sur-contraints)
- Ajout de contraintes artificielles d'ordonnancement (dues aux relations de causalité entre actions)

Résolution des interactions

Protection des buts au fur et à mesure qu'ils sont atteints

HACKER (Sussman, 73)

INTERPLAN (Tate, 75)

→ hypothèse de *linéarité forte* : réordonnancement des sous-buts initiaux et non de leur décomposition ; replanification

WARPLAN (Warren, 74) et (Waldinger, 77)

régression : si une action viole une protection, essai d'insertion de celle-ci plus avant dans le plan sans faire de replanification

→ hypothèse de *linéarité faible*

Systemes non-linéaires 1/2

Stratégie de l'engagement minimum

Retarder le plus possible le moment d'ordonner les actions primitives
Introduction de contraintes d'ordre uniquement si un conflit apparaît

NOAH (Sacerdoti, 75)

- Décomposition du plan en sous-plans considérés comme parallèles
- Plan conservé dans un réseau procédural
- Préconditions et effets des opérateurs mémorisés dans la TOME (table des effets multiples)
- Programmes nommés *critiques*
 - recherche des interactions à partir de la TOME
 - ajout de contraintes d'ordre sur les sous-plans non encore ordonnés
- Aucun retour arrière quand un sous-plan est adopté

Systemes non-lineaires 2/2

NONLIN (Tate, 77)

permet la remise en cause des décisions prises

table des buts (GOST) : pour chaque conflit, plusieurs alternatives

graphe de décisions pour gérer les retours arrières

SIPE (Wilkins, 88)

système autorisant les effets de bord des actions

opérateurs de déduction modélisés par 2 sortes de règles

- règles causales représentant les effets de bord de l'action, déclenchées juste après l'exécution de l'action,
- règles d'état représentant les contraintes du domaine sur les états du monde après déclenchement des règles causales

objets = ressources allouées par une action avec vérification automatique de leur disponibilité

Critique des systèmes non-linéaires

plan non-linéaire = classe d'équivalence de plans linéaires

plan non-linéaire admissible \Leftrightarrow tous plans linéaires admissibles

→ trop coûteux

(Chapman, 87)

- Incomplétude ou incorrection de tous les planificateurs non-linéaires utilisant une représentation étendue des actions (pour gérer les ramifications)
- Théorème d'insolubilité : déterminer si une proposition est nécessairement vraie dans un plan non-linéaire avec une représentation étendue d'actions est NP-dur
- Théorème d'indécidabilité : la planification non-linéaire avec une représentation étendue des actions est indécidable

Incompatibilité

actions étendues/plans non-linéaires

TWEAK (Chapman, 87)

- Etude formelle de la planification non-linéaire
 - Critère de maintenance de vérité (Modal Truth Criterion)
 - algorithme qui teste si un plan non-linéaire est correct sans calculer tous les plans linéaires de sa classe
 - valeur de vérité d'une proposition à un endroit quelconque d'un plan incomplètement défini
 - représentation des actions à la STRIPS
- complexité du pb de la représentation des actions (logiques non monotones : McCarthy, McDermott, Reiter)

Planification hiérarchique 1/3

Description du monde

- ensemble de faits (en logique du premier ordre)
- ensemble d'opérateurs (primitifs ou non)
- niveaux d'abstraction : finesse de détail des objets, des faits ou des opérateurs

Contrôle de la recherche

stratégies et heuristiques

- niveaux de planification : définis par le processus de planification

Planification hiérarchique 2/3

ABSTRIPS (Sacerdoti, 74)

- niveaux d'abstraction : uniquement hiérarchie de faits (pas d'opérateurs)
- niveaux de hiérarchie associés aux préconditions (0 = plus concret)
 - premier plan : prise en compte uniquement des préconditions de valeur la plus haute
 - ensuite : prise en compte des préconditions de valeur supérieure ou égale à la valeur immédiatement en dessous de celle précédente
 - retours arrière possibles

Planification hiérarchique 3/3

NOAH (Sacerdoti, 75)

- niveaux d'abstraction et de planification
- plan mémorisé dans un *réseau procédural*
 - noeuds : action particulière plus ou moins détaillée contenant des informations procédurales et déclaratives
 - plan : à chaque niveau de détail, séquence temporelle de noeuds partiellement ordonnés (plan à un niveau de détail particulier)
- exploration d'un espace hiérarchisé de plans (sans retour arrière)

NONLIN (Tate, 77) retour au choix responsable de l'échec

SIPE (Wilkins, 88) retour arrière chronologique

Variantes

Planification opportuniste

OPM (Hayes-Roth, Hayes-Roth, 79)

MOLGEN (Stefic, 81)

Raisonnement organisé en fonction de la progression de la résolution (schéma non préétabli)

- utiliser des niveaux d'abstraction pour ordonner les buts
- identifier à tout moment et à tout niveau le foyer (*focus*)

Planification à niveaux concurrents

GEMPLAN (Lansky, 88)

- planifier à différents niveaux d'abstraction de façon concurrente en s'assurant de l'indépendances des effets
- utiliser simultanément les mêmes événements à tout niveau

Recherche de l'efficacité

Planification avec contraintes

MOLGEN (Stefic, 81)

SIPE (Wilkins, 88)

Spécifier de manière de plus en plus précise les contraintes du plan
Différer l'affectation de valeurs aux objets du plan

Compilation des règles

(Ghallab, 82): Règles compilées en arbre de décision pour déterminer rapidement celles qui sont applicables

Réutilisation de plans et macro-opérateurs

STRIPS : trouver un Macrop (suite d'opérateurs généralisés), le simplifier puis l'intégrer dans le plan

(Minton, 85) : algorithme d'apprentissage basé sur l'explication des plans

CHEF (Hammond, 89) : planification à base de cas (*case-based planning*)

Prise en compte du temps

Pb : prise en compte implicite du temps (actions considérées comme *discrètes*)

- préconditions vraies pendant tout le temps de l'exécution de l'action
- transitions instantanées : effets de l'action immédiats

DEVISER (Vere, 81)

- spécifications temporelles : *durée et fenêtre d'activation*
- gestion de ces spécifications dans un plan non-linéaire

FORBIN (Miller, Firby, Dean, 85)

extension de la TOME aux contraintes temporelles → TMM (Time Map Manager)

Années 80 : logique d'instants (McDermott, 82)
 et logique d'intervalles (Allen, 84)

IxTet (Ghallab, Alaoui, 89)

préconditions (ou les effets) disparaissent (ou apparaissent) au fur et à mesure de leur réalisation

Planification ou réaction ?

Planificateurs classiques en milieu statique

Mais planification dynamique

→ mêler génération et exécution

Replanification

→ durée de génération incompatible avec contraintes de temps réel

SIPE (Wilkins, 84)

changements du plan par l'utilisateur durant l'exécution

NASL (McDermott, 78)

plan produit par étapes exécuté au fur et à mesure de sa génération

(Agre, Chapman, 87) et (Agre, 95)

systèmes réactifs : action à exécuter prédéfinie

→ systèmes hybrides

Complexité

(Korf, 87)

- planification linéaire vue comme une recherche dans un espace d'états du monde est exponentielle
- utilité des sous-buts, des macro-opérateurs et des niveaux d'abstraction pour la réduire

(Chapman, 87)

- différence de complexité entre planification linéaire et non-linéaire
- complexité importante pour rechercher un nouvel ordonnancement des actions si interactions

(Gupta, Nau, 90)

trouver un plan optimal dans un univers de cubes est NP-dur

Critères de performance

- planificateur sain : tous les plans produits sont *corrects*
(part de l'état initial et aboutit à un état final)
- planificateur complet : produit un plan solution si un tel plan existe
- planificateur décidable : répond en un temps fini au problème posé (*semi-décidable* : répond en un temps fini que quand il existe une solution)
- plan bien-contraint (aucune contrainte d'ordre inutile)
- plan sur-contraint
- plan redondant (opérateur inutile)
- plan minimal (minimum d'opérateur)
- plan optimal : bien-contraint, non redondant, correct et minimal