

Fondements de l'Intelligence Artificielle

HAJER TAKTAK

taktakhajer@gmail.com

ANNÉE UNIVERSITAIRE

2022-2023

Machine de Turing

Une machine de Turing est caractérisée par

- Sa logique de fonctionnement
- Le codage de ses entrées/sorties
- La table de transition décrivant son fonctionnement

La machine de Turing est une abstraction d'un automate modifiable; à chaque étape, la machine de Turing:

1. Lit un symbole, 2. Fait une transition d'état 3. Fait l'une des actions (écrire un symbole, déplacer la tête vers la droite, déplacer la tête vers la gauche)

....Quelques définitions

...« Si l'informatique est la science du traitement de l'information, l'I.A. s'intéresse à tous les cas où ce traitement ne peut être ramené à une méthode **simple**, précise, **algorithmique** » (Laurière 87).

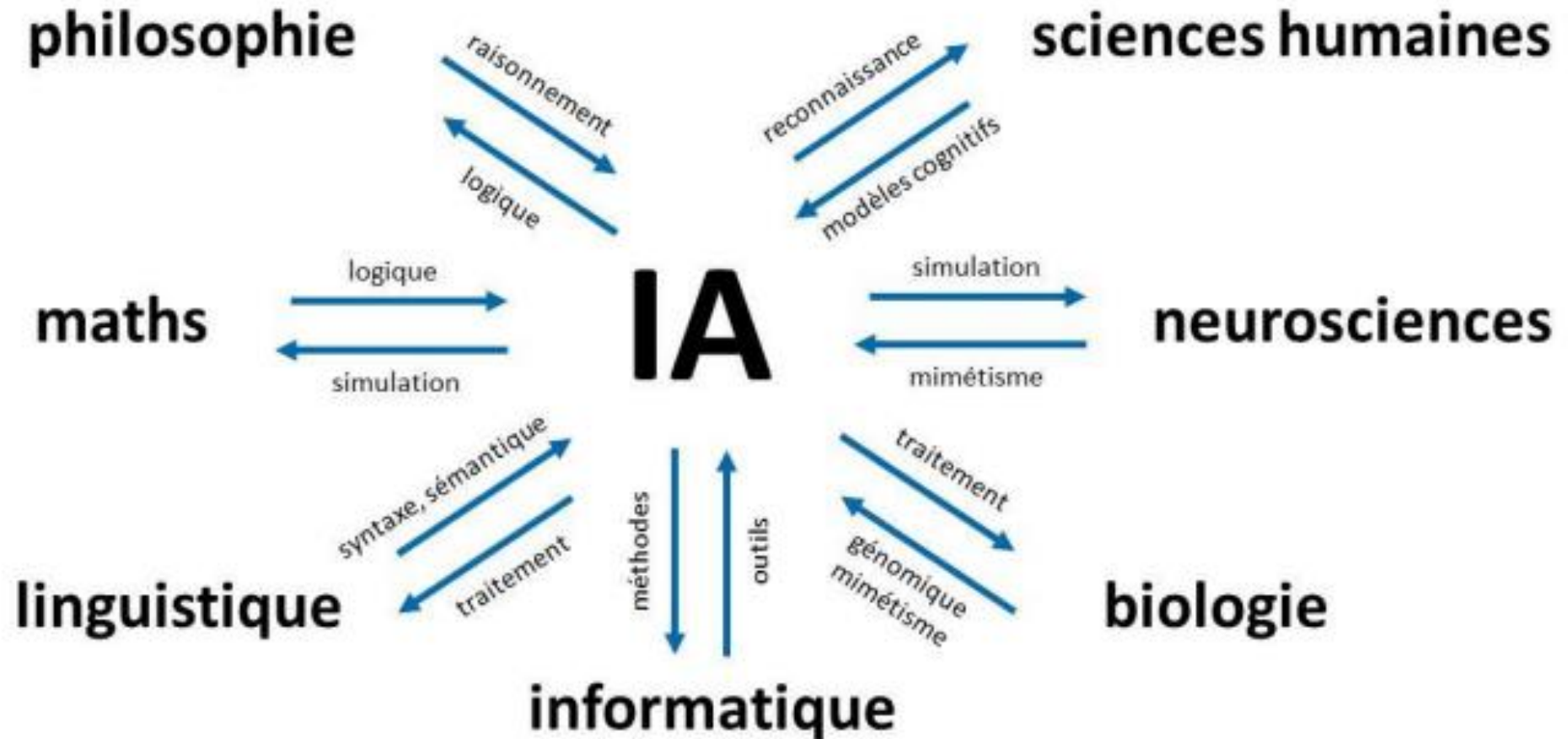
...« l'application de logiciels et de techniques de programmation mettant en lumière les principes de l'intelligence en général, et de la **pensée humaine** en particulier » (Boden).

....Quelques définitions

... « l'étude de **l'intelligence**, indépendamment de sa manifestation chez l'homme, l'animal ou la machine » (McCarthy)

... « la science s'intéressant aux machines qui réalisent ce qui, fait par l'homme, nécessiterait de **l'intelligence** » (Minsky).

Intelligence Artificielle



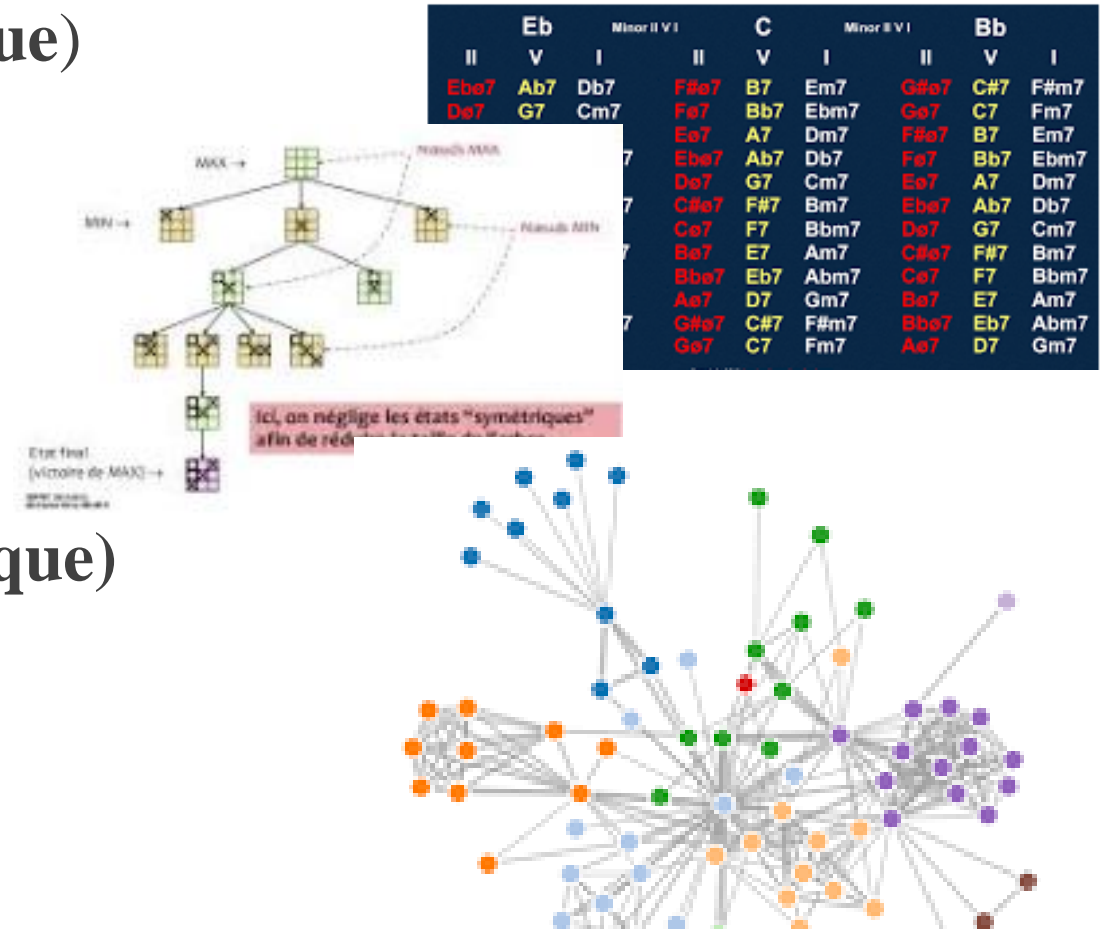
Intelligence Artificielle

Résolution de problèmes (algorithmique)

- Espaces de recherche & Planification
- Technique de « Back Track »
- CSP
- Algos de jeux

Représentation de connaissances (logique)

- Bases de connaissances
- Systèmes à règles
- Représentation de l'incertain



Et aussi...

Agents intelligents

- Modélisation/Programmation
- Perception/Communication
- Robotique

Apprentissage...

Segments de l'IA (1)

Le symbolisme : Se focalise sur la pensée abstraite et la gestion des symboles, l'algorithmique et la logique.

C'est dans cette catégorie que l'on peut ranger les systèmes experts et moteurs de règles qui les font fonctionner, et le web sémantique.

Segments de l'IA (1)

Le connexionnisme : Se focalise sur la perception, dont la vision, la reconnaissance des formes et s'appuie notamment sur les réseaux neuronaux artificiels.

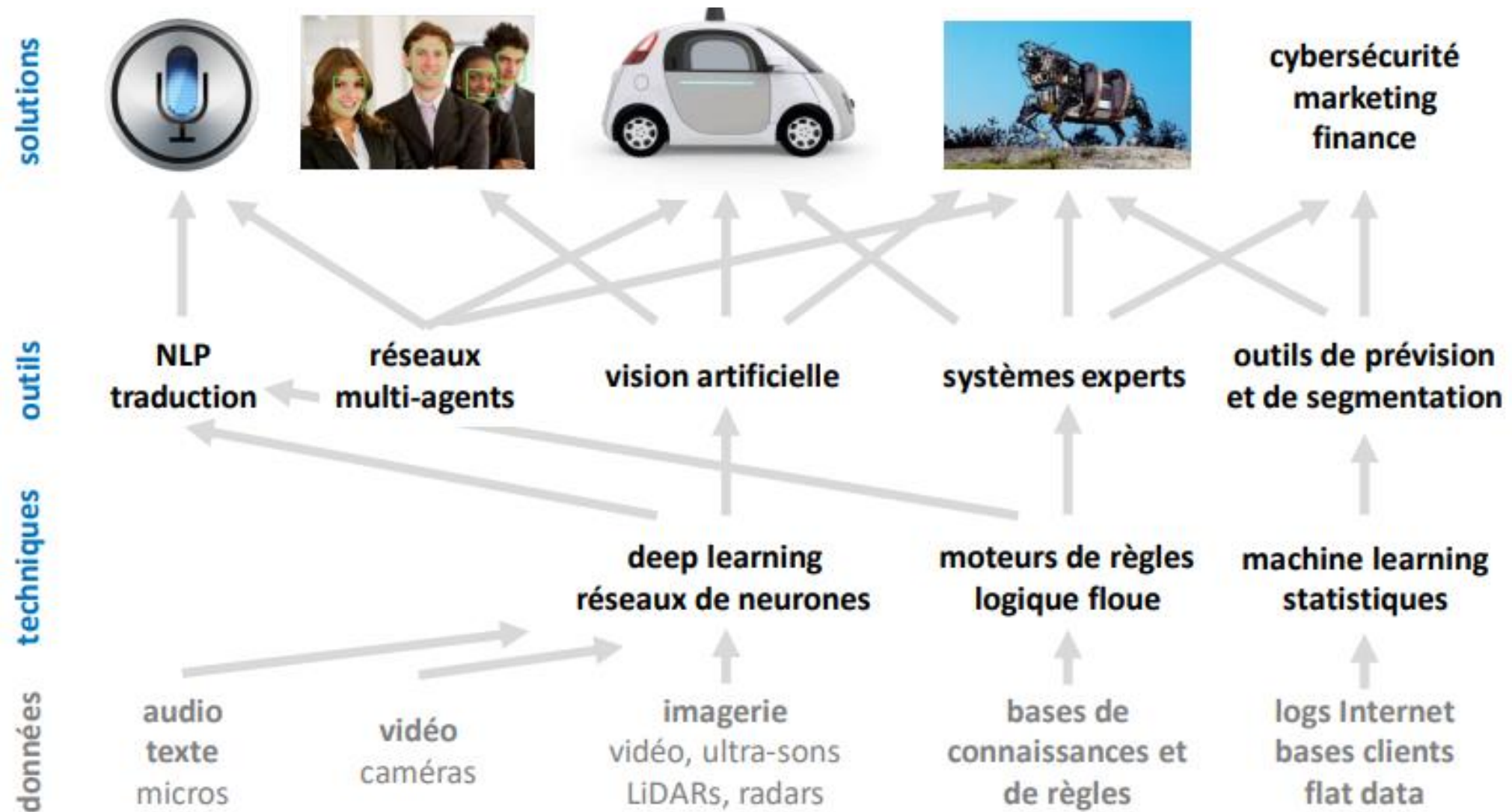
C'est ici que l'on peut ranger le deep learning utilisé dans la vision artificielle ou le traitement de la parole.

Segments de l'IA (1)

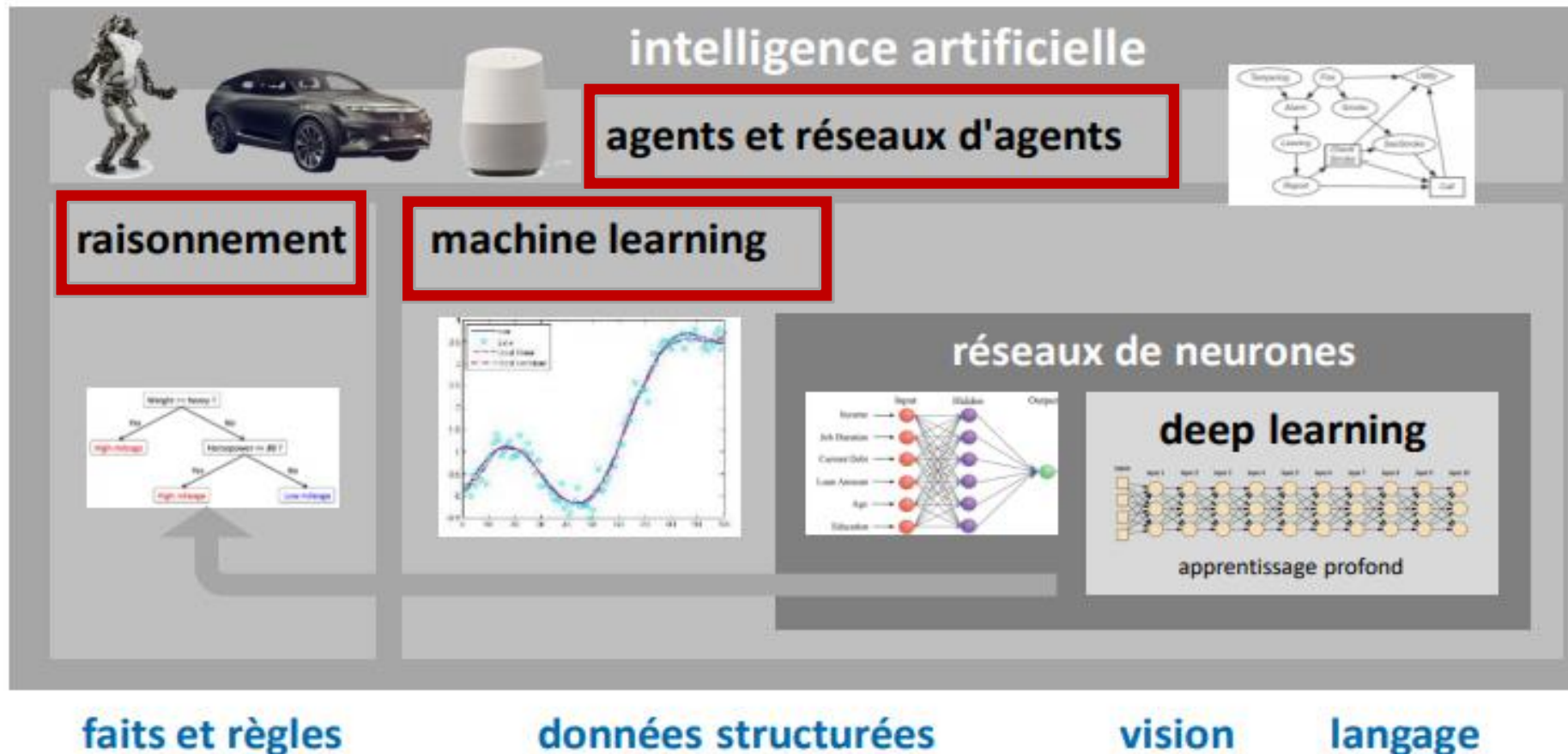
Le comportementalisme : C'est dans ce dernier domaine que l'on peut intégrer l'informatique affective (ou affective computing) qui étudie les moyens de reconnaître, exprimer, synthétiser et modéliser les émotions humaines

Segments de l'IA (2)

Les solutions	les Chatbots, les véhicules autonomes, les robots, les systèmes de recommandation, les outils de segmentation client, le marketing prédictif ou les solutions de cybersécurité.
Les outils	Créer ces solutions, comme la vision artificielle, la reconnaissance de la parole, la traduction automatique, les systèmes experts, les outils de prévision ou de segmentation automatiques.
Les techniques	sur lesquelles sont construits ces outils, avec les méthodes de machine Learning, les réseaux de neurones, les nombreuses méthodes de Deep Learning et les moteurs de règles.
Les données	Les sources de données



Segments de l'IA (3)



Espace d'états et Planification

Hajer TAKTAK

Année universitaire

taktakhajer@gmail.com

2022-2023

Systeme de planification

Introduction

Planification = tâche qui consiste à trouver une séquence d'actions qui réalisera un objectif.

La représentation des problèmes de planification concerne des états, des actions et des objectifs.

→ Décrire une grande variété de problèmes d'une manière assez restrictive pour permettre à des algorithmes efficaces d'agir.

Représentation par Espace d'Etats

- Un problème est une situation devant laquelle une personne ne voit pas directement la suite d'actions à effectuer pour satisfaire un désir.
- La résolution d'un problème est considérée comme une tâche de découverte ou de construction d'un objet ayant des caractéristiques données.

→ Systèmes **autonomes** et **adaptables** capables de raisonner sur leurs capacités et les contraintes provenant de l'environnement

Représentation par Espace d'Etats

Représentation des problèmes de planification : **états**, **actions** et **objectifs**

- Description d'un ou plusieurs état(s) initial(aux)
- Description d'un ou plusieurs état(s) but(s)
- Description d'un ensemble d'actions que l'agent peut effectuer

→ Trouver une séquence d'actions qui mène l'agent de l'état initial à l'état but

Représentation des actions

Une action est spécifiée en termes de préconditions qui doivent être valables avant qu'elle puisse être exécutée et en terme d'effets qui s'ensuivent quand elle est exécutée

Exemple : Une action pour faire voler un avion d'un endroit à un autre

Action(Voler(avion, départ, arrivée),

PRECOND: $A(\text{avion}, \text{départ}) \wedge \text{Avion}(\text{avion}) \wedge \text{Aéroport}(\text{départ}) \wedge \text{Aéroport}(\text{arrivée})$

EFFET: $\text{not } A(\text{avion}, \text{départ}) \wedge A(\text{avion}, \text{arrivée})$)

Représentation des actions : Exemple

Par exemple considérons que l'état courant est décrit par:

$$A(\text{Avion1}, \text{JFK}) \wedge A(\text{Avion2}, \text{CDG}) \wedge \text{Avion}(\text{Avion1}) \wedge \text{Avion}(\text{Avion2}) \\ \wedge \text{Aéroport}(\text{JFK}) \wedge \text{Aéroport}(\text{CDG})$$

- Cet état satisfait la précondition

$$A(\text{avion}, \text{départ}) \wedge \text{Avion}(\text{avion}) \wedge \text{Aéroport}(\text{départ}) \wedge \text{Aéroport}(\text{arrivée})$$

avec la substitution $\{\text{avion}/\text{Avion1}, \text{départ}/\text{JFK}, \text{arrivée}/\text{CDG}\}$

- Alors l'action concrète $\text{Voler}(\text{Avion1}, \text{JFK}, \text{CDG})$ est applicable

Exemple : Transfert aérien de marchandises

Problème de transport aérien impliquant chargement et déchargement de la marchandise, et d'avions et emmenant celle-ci d'une place à l'autre.

Le problème peut être défini avec trois actions:

Charger, Décharger et **Voler**

Les actions affectent deux prédicats: $Dans(m,p)$ signifie que la marchandise m est dans l'avion p et $A(x,a)$ signifie que l'objet x (soit avion soit marchandise) est à l'aéroport a

Exemple : Transfert aérien de marchandises

Exercice : Modéliser le problème sachant qu'on veut transporter la marchandise de CDG à JFK par un avion, ainsi que de la marchandise du JFK à CDG par un autre avion.

Exemple : Transfert aérien de marchandises

E. Init($A(M1, CDG) \wedge A(M2, JFK) \wedge A(Avion1, CDG) \wedge A(Avion2, JFK) \wedge$
 $Marchandise(M1) \wedge Marchandise(M2) \wedge Avion(Avion1) \wedge Avion(Avion2) \wedge$
 $Aéroport(CDG) \wedge Aéroport(JFK)$)

Objectif($A(M1, JFK) \wedge A(M2, CDG)$)

Actions(charger, décharger, voler)

Exemple : Transfert aérien de marchandises

1. Charger(m, avion, a),

PRECOND: $A(m, a) \wedge A(\text{avion}, a) \wedge \text{Marchandise}(m) \wedge \text{Avion}(\text{avion}) \wedge \text{Aéroport}(a)$

EFFET: $\text{not } A(m, a) \wedge \text{Dans}(m, \text{avion})$

2. Décharger(m, avion, a),

PRECOND: $\text{Dans}(m, \text{avion}) \wedge A(\text{avion}, a) \wedge \text{Marchandise}(m) \wedge \text{Avion}(\text{avion}) \wedge \text{Aéroport}(a)$

EFFET: $A(m, a) \wedge \text{not } \text{Dans}(m, \text{avion})$

3. Voler(avion, départ, arrivée),

PRECOND: $A(\text{avion}, \text{départ}) \wedge \text{Avion}(\text{avion}) \wedge \text{Aéroport}(\text{départ}) \wedge \text{Aéroport}(\text{arrivée})$

EFFET: $\text{not } A(\text{avion}, \text{départ}) \wedge A(\text{avion}, \text{arrivée})$

Représentation par Espace d'Etats

Les difficultés résident dans:

Choix de la **représentation**

* Encodage : Le schéma d'encodage doit permettre d'exprimer et de manipuler non seulement des objets solutions isolées mais aussi des sous-ensembles de solutions potentielles.

* Transformation

Choix de la stratégie de contrôle : Il garantit la génération de tout encodage qui représente la solution désirée si elle existe.

Représentation par Espace d'Etats

Représentation et résolution des problèmes

Une représentation d'un problème par une approche Espace d'Etats consiste à définir trois

ensembles :

- S : ensemble d'Etats de l'espace considérés comme des Etats initiaux,
- G : ensemble d'Etats de l'espace considérés comme des Etats objectifs,
- O : ensemble d'opérations de transformation permettant de passer d'un Etat à un autre.

Représentation par Espace d'Etats

Représentation par Espace d'Etats : définition

L'espace d'Etats est défini comme étant l'ensemble de tous les Etats que l'on peut obtenir en exécutant une succession d'opérateurs de transformation.

Exemple du robot : Déplacement d'un robot dans un espace limité

Encodage (x, y, z) . Si de plus, on suppose que le robot ne se déplace que dans le plan (x, y) l'espace d'état $(x, y, 0)$

Espace d'états **INCLUS** encodage ce qui est généralement le cas.

Représentation par Espace d'Etats

Représentation par Espace d'Etats : un état

- Un Etat est **un encodage d'un objet** de l'espace permettant de définir le sous ensemble de solutions (ensemble des Etats possibles) auquel il appartient ainsi qu'une description explicite du sous problème restant.

Exemple de l'annuaire :

Encodage : NOM + NumTel

L'état objectif est Hajer Taktak+ 99 999 999

L'état initial : une ligne quelconque de l'annuaire

Représentation par Espace d'Etats

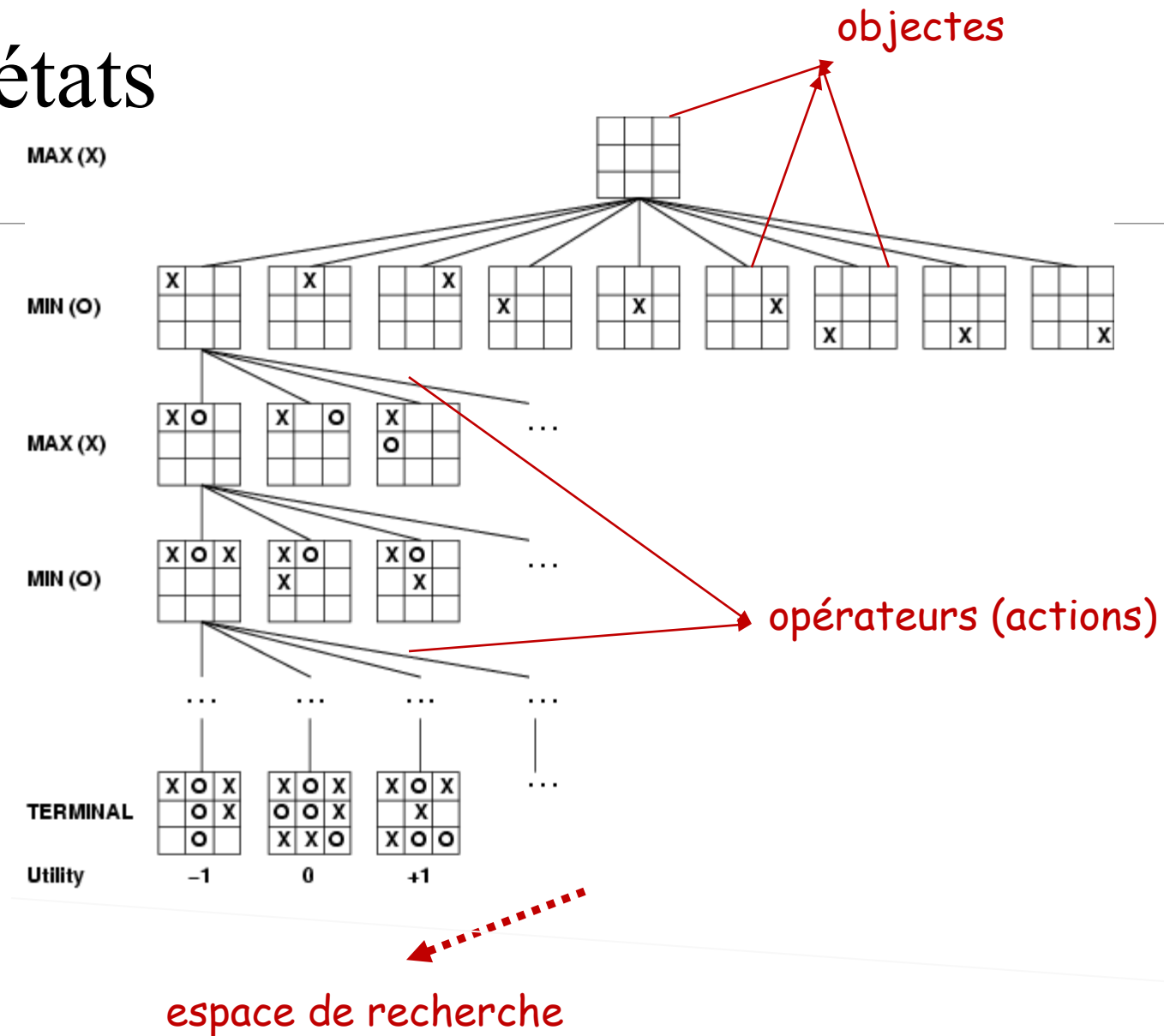
Représentation par Espace d'Etats : graphe d'un espace d'état

- Le graphe d'espace d'Etats est défini par les Etats de l'espace en tant que nœuds et les opérations en tant que connexions ou arcs du graphe.

Si un problème n'admet pas de solutions cela peut être dû à l'un des trois clés suivant :

- ☐ Le problème n'admet pas dans la réalité de solution
- ☐ La représentation choisie est mauvaise
- ☐ La stratégie adoptée est non systématique

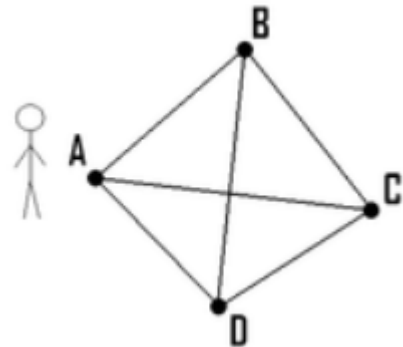
Graphe d'états



Représentation par Espace d'Etats

Exemple: voyageur de commerce

Un voyageur de commerce doit rendre visite à des clients qui habitent dans quatre villes différentes montrées sur la carte. Chaque localité est reliée à chacune des autres par une route dont la distance est donnée. Le voyageur commence et finit par la ville A sans passer plus qu'une fois par la même ville.



	A	B	C	D
A	-	×	×	×
B		-	×	×
C			-	×
D				-

Représentation par Espace d'Etats

Formalisation () { } []

$S = \{(A), \{B, C, D\}, [A]\}$ dans ce cas l'état initial est unique

$G = \{(ABCD A), \{ \}, [A]; (ACBD A), \{ \}, A; (ACDB A), \{ \}, A; (ADBC A), \{ \}, A; (ADCBA), \{ \}, A\}$ représentation en extension

$G = \{A_1, X_1, X_2, X_3, A), \{ \}, A / X_i \in \{B, C, D\} \text{ et } X_i \neq X_j\}$ représentation en compréhension

$G = \{\text{vers B, vers C, vers D, vers A}\}$

Conditions d'application de chaque opérateur

$O = \{\text{vers B, vers C, vers D, vers A}\}$

Conditions d'applications de chaque opérateur

Vers B (?), D, A \rightarrow (?B), D, {B}, A B appartient D

Vers C

Vers D

Vers A { (?), { } }, A \rightarrow (?A), { } , A

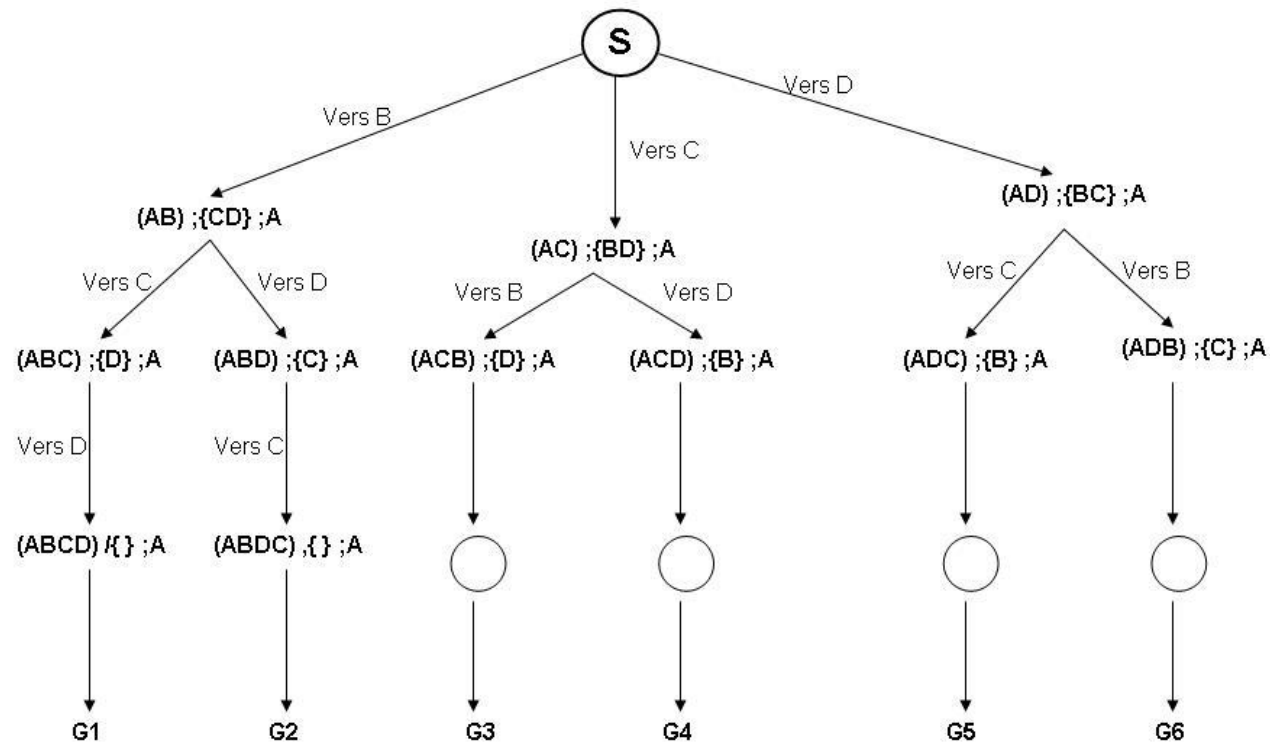
Solution

Représentation d'espace d'états : **le meilleur encodage est l'ensemble de ce qui a été réalisé et l'ensemble de ce qui reste à réaliser.**

Encodage : les villes visitées, ensemble des villes non encore visitées, dernière ville à visiter.

Représentation par Espace d'Etats

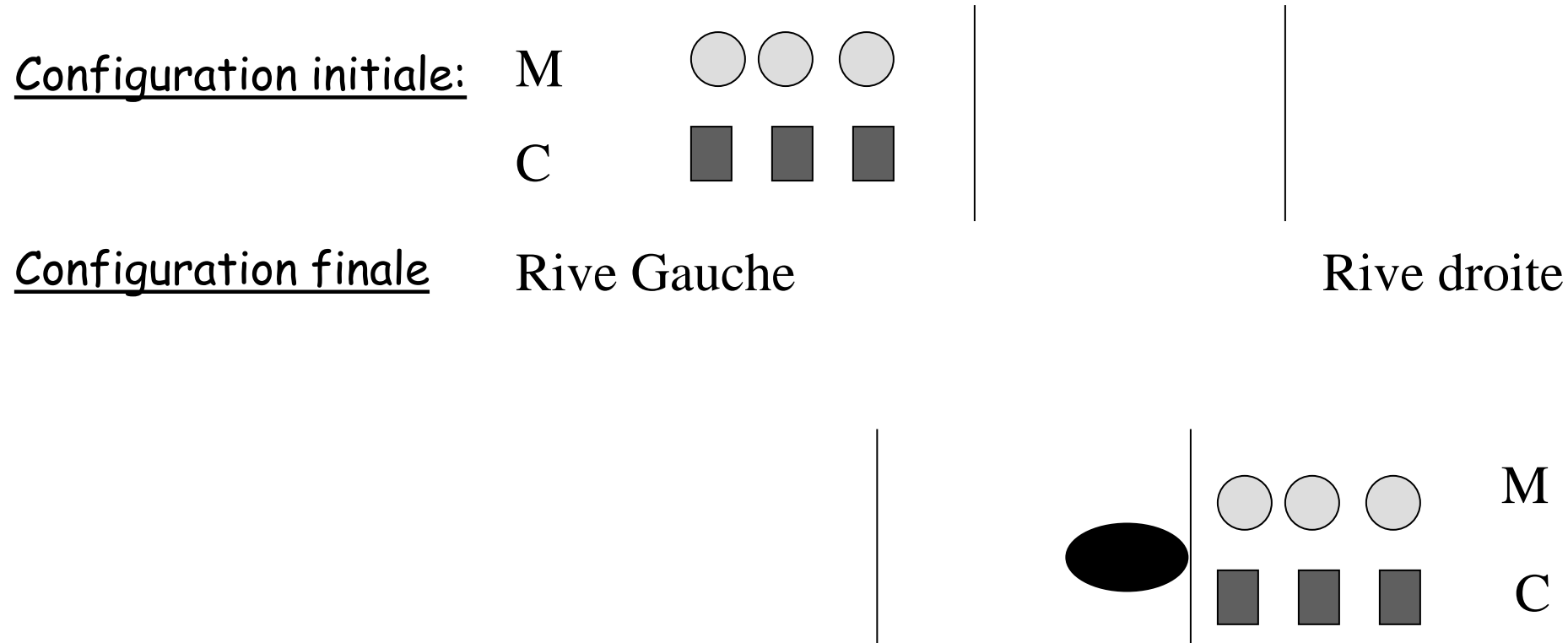
Voyageur de commerce: Solution



Exemple 1 : les missionnaires et les cannibales

Trois missionnaires et trois cannibales se trouvent sur la même rive d'une rivière. Ils voudraient tous se rendre sur l'autre rive. Cependant, si le nombre de cannibales est supérieur à celui des missionnaires, alors les cannibales mangeront les missionnaires. Il faut donc que le nombre de missionnaires présents sur l'une ou l'autre des rives soit toujours supérieur à celui des cannibales. Le seul bateau disponible ne peut pas supporter le poids de plus de deux personnes. Comment est-ce que tout le monde peuvent traverser la rivière sans que les missionnaires risquent être mangé?

Représentation du problème



Cette représentation n'est pas appropriée pour un ordinateur:
les règles et les contraintes ne sont pas formulées.

Représentation du problème

Configuration initiale

MMMCCCB|

Configuration finale

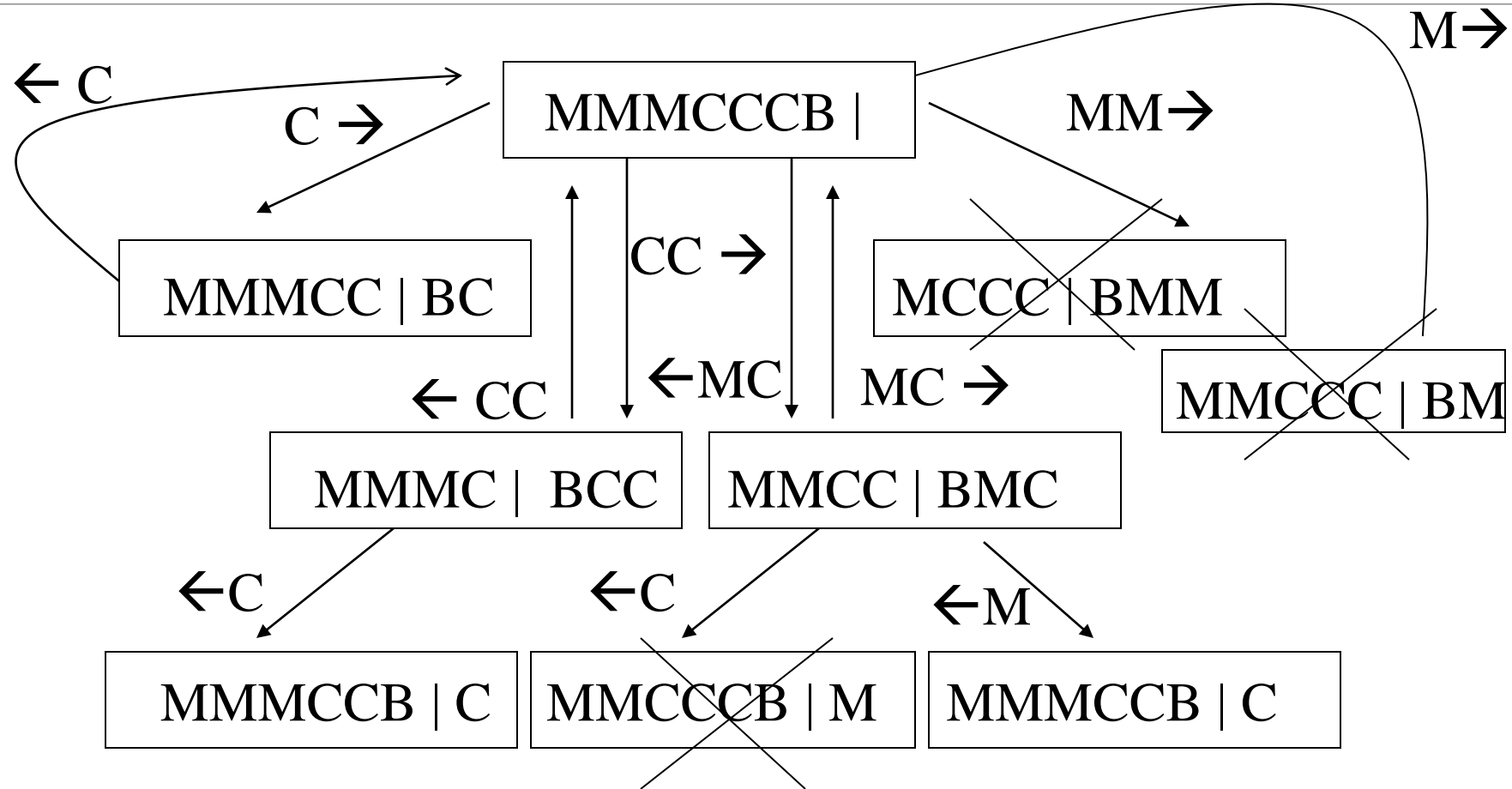
|MMMCCCB

Déplacement légaux

Contraintes

- Les cannibales ne doivent pas être plus nombreux que les missionnaires sur les deux rives
- Le bateau ne peut pas supporter plus de deux personnes.

On continue à étendre l'espace de recherche jusqu'à l'arrivée d'une Configuration finale



Une solution pour le problème

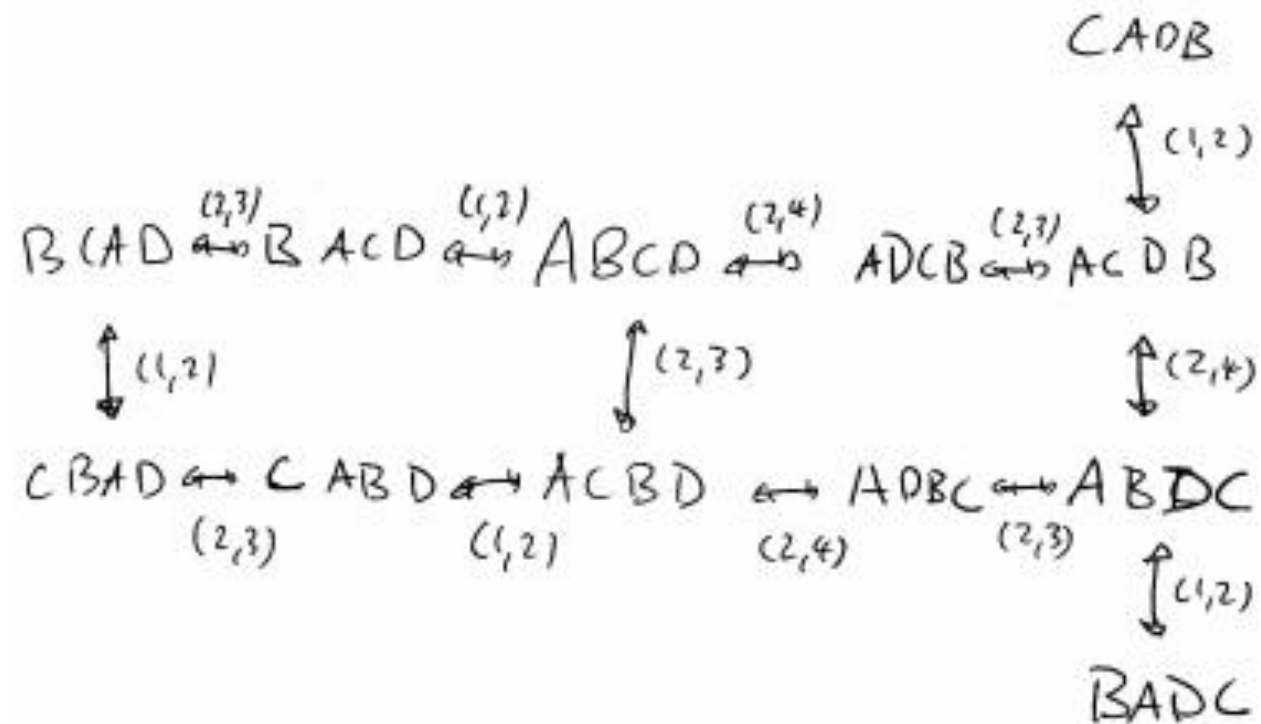
MMMCCCB |
MMMC | BCC
MMMCCB | C
MMM | BCCC
MC | BMMCC
MMCCB | MC
CC | BMMMC
CCCB | MMM

- C | BCCMMM
- CCB | CMMM
- | BCCMMM
- Le développement explicite de l' espace de recherche en entier n'est pas une solution pratique! L' espace de recherche doit être contenu à ses parties significatives.

Exemple 2 : Le problème des pions

Nous considérons un monde avec 4 pions (A,B,C,D) non superposables. Ils peuvent être arrangés dans n'importe quel ordre, sauf A qui ne peut pas être plus à droite que D. Par exemple, ABCD et CBAD sont deux états possibles du monde, tandis que DCBA et CDAB ne sont pas possibles. Le monde peut être manipulé par une action de la forme *echange*(x, y) qui *echange* les pions des positions x et y. Par exemple *echange*(1, 2) transforme BCAD dans CBAD. Seules les actions *echange*(1, 2), *echange*(2, 3) et *echange*(2, 4) sont autorisées. Ils donnent un successeur uniquement si la situation atteinte est possible; L'état initial est ABCD et l'état final est ABDC

Le problème des pions: solution



Représentation par réduction de problème

Exemple: Tour de Hanoi

Nous allons commencer par définir les opérations de décomposition:

PB à décomposer (pb1, pb2, ..., pb N)

Pb élémentaire : déplacer un disque d'une quille à une autre sachant que la quille destination contient un disque de taille plus importante ou aucun disque.

Condition : déplacer n disques de taille décroissante de la quille i vers la quille k :

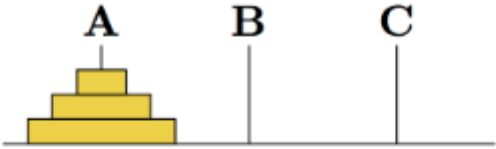
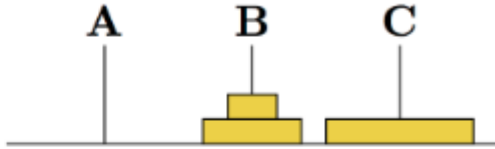
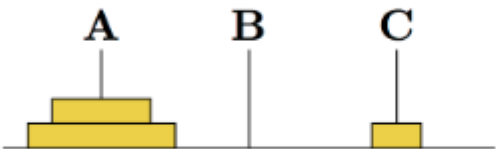
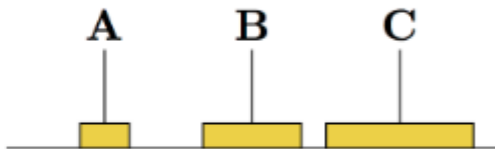


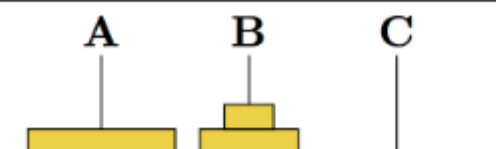

Action : 3 sous problèmes

- Déplacer une pile bien ordonnée de $n - 1$ disques de la quille i à la quille j
- Déplacer un disque de la quille i à la quille k
- Déplacer une pile ($n - 1$) disque de la quille j vers k

Encodage proposé (N , Quille départ, quille arrivée, quille initial)

Représentation par réduction de problème

Exemple: Tour de Hanoi

Mouvement	Position	Mouvement	Position
Position initiale		4 : A vers C	
1 : A vers C		5 : B vers A	
2 : A vers B		6 : B vers C	
3 : C vers B		7 : A vers C	

Représentation par réduction de problème

Exemple: Tour de Hanoi

