



Cours 4 - Les systèmes de production

DOMINIQUE FONTAINE

Table des matières

I - Présentation	5
A. Un exemple.....	5
B. Origine des S.P.....	10
C. Structure des systèmes de production.....	10
II - Systèmes experts à base de règles	13
A. Numérique/Symbolique.....	13
B. De l'importance des connaissances.....	13
III - Exemple : MYCIN	15
A. Tâches de MyCIN.....	15
B. Exemple : une consultation.....	15
C. Base de connaissances de MyCIN.....	17
D. Les règles.....	18
E. Méthodes d'évaluation.....	18
F. Informations supplémentaires.....	19

Présentation



Un exemple	5
Origine des S.P	10
Structure des systèmes de production	10

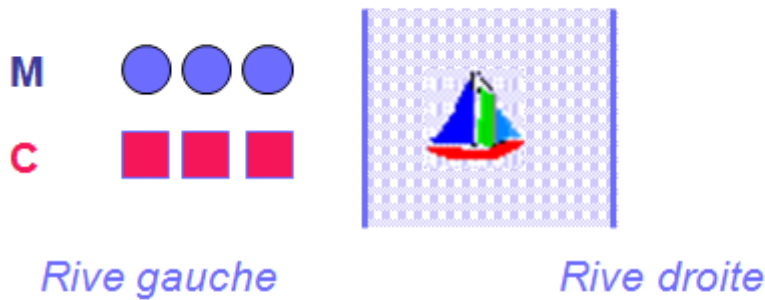
A. Un exemple



Exemple : Cannibales et Missionnaires

Trois missionnaires et trois cannibales se trouvent sur la même rive d'une rivière. Ils voudraient tous se rendre sur l'autre rive. Si les cannibales sont en supériorité numérique sur les missionnaires, alors les cannibales mangent les missionnaires. Le nombre de missionnaires présents sur l'une ou l'autre des rives doit donc être toujours supérieur à celui des cannibales présents sur cette même rive. Le bateau disponible ne pouvant pas supporter le poids de plus de deux individus, comment tout le monde peut-il traverser la rivière sans que les missionnaires soient mangés ?

Configuration initiale



Configuration recherchée



Représentation insuffisante : aucune formalisation

Exemple - situation

Formalisation

Etat initial : MMM CCCB

Etat final : MMM CCCB

Déplacements légaux :

BC →	← BC	BMM →	← BMM
BCC →	← BCC	BM →	← BM
BMC →	← BMC		

Formalisation

Contraintes :

- Sur une même rive, les cannibales ne doivent pas être plus nombreux que

les missionnaires .

- Le bateau ne peut supporter plus de deux personnes.

Formalisation (bis)

	C	M	B
Liste initiale :	3	3	1
Liste finale :	0	0	0

Règles de déplacement * :

si $T[1] \geq 1$ alors $T[1] \leftarrow T[1] - 1$
 si $T[1] \geq 2$ alors $T[1] \leftarrow T[1] - 2$
 si $T[1] \leq 2$ alors $T[1] \leftarrow T[1] + 1$
 etc....

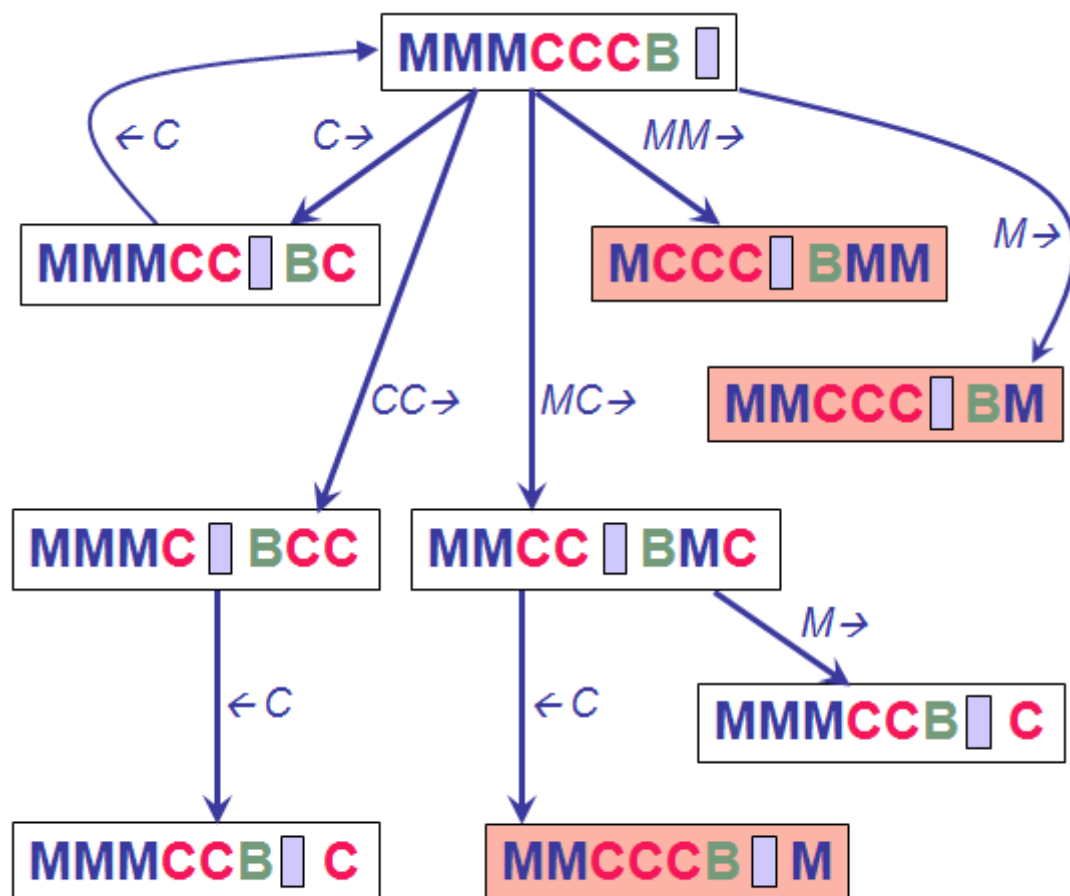
Contraintes :

1. $T[1] \leq T[2]$
2. $(3 - T[1] \leq 3 - T[2])$ ou $(T[2] = 0)$ ou $(T[2] = 3)$

* Les règles prennent en compte la seconde contrainte

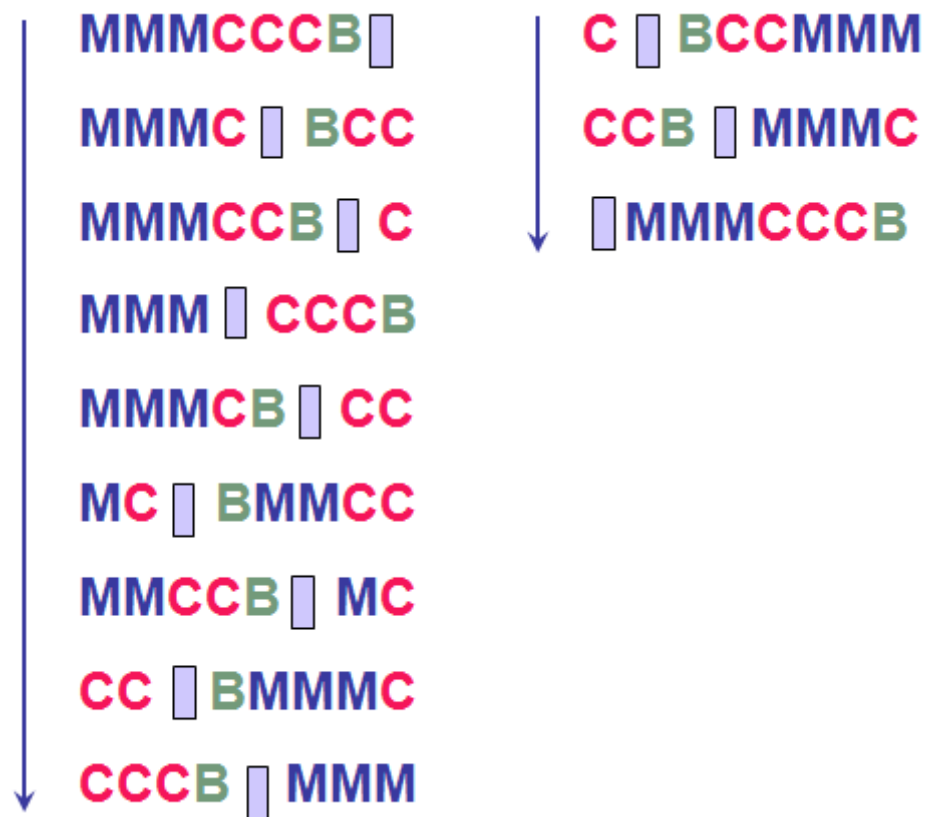
Formalisation2

Début de recherche d'une solution :

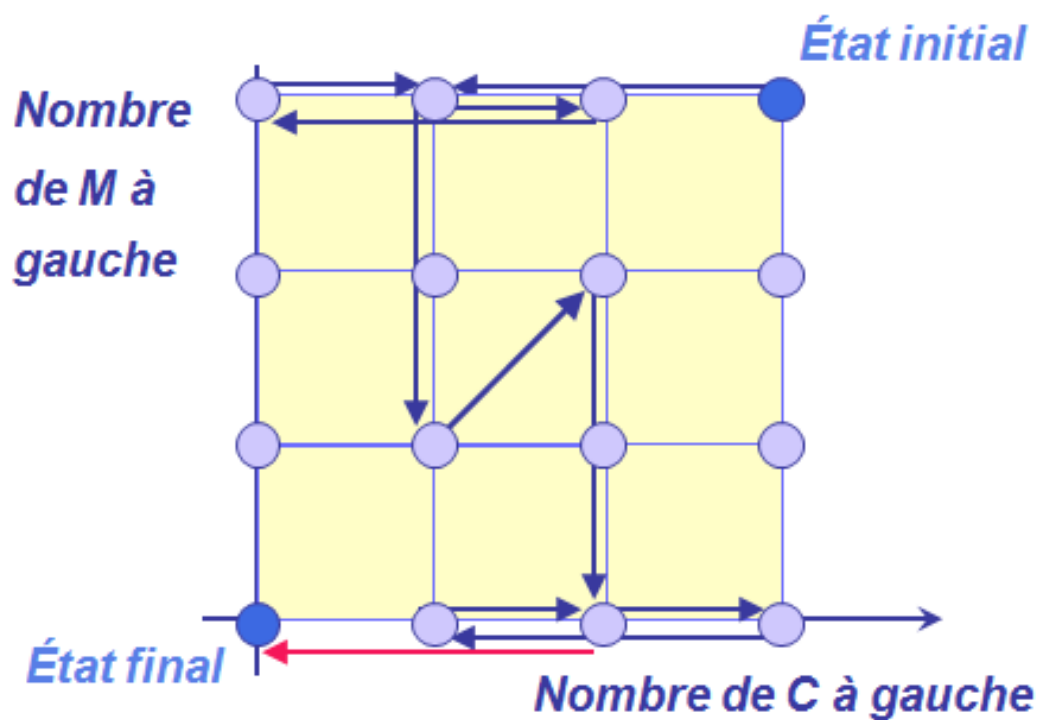


Début de recherche d'une solution

Une solution



Une solution



Représentation

B. Origine des S.P

Modèle psychologique du traitement de l'information

Le système de traitement humain contient :

- Un système sensoriel (« input »)
- Des fonctions motrices (« output »)
- Une mémoire à court terme (MCT)
- Une mémoire à long terme (MLT)

Systèmes en Intelligence Artificielle

Ces systèmes dissocient, à un niveau de description approprié :

- Une base de données globale
- Un ensemble d'opérations bien définies
- Un contrôle stratégique

C. Structure des systèmes de production

Règles de production

De la forme « **partie gauche** => **partie droite** »

- Transition qui permet de modifier partiellement l'expression d'un problème
- La partie gauche est une condition qui détermine son applicabilité
- La partie droite décrit l'opération à accomplir si la règle est appliquée



Exemple

- $T[1] \geq 1 \rightarrow T[1] := T[1] - 1$
- $\langle \text{gr. nominal} \rangle \langle \text{gr. verbal} \rangle \rightarrow \langle \text{phrase} \rangle$
- $\int \underline{uv}' \rightarrow \underline{uv} - \int \underline{u}'v \text{ en intégration}$
- $\text{température} > 30^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{boire beaucoup d'eau}$

Exemple

Organisation des systèmes de production

- Une base de données structurée :

- Permanentes ou dédiées au problème

- Une base de règles :

- Toute la base de données leur est accessible

- Un interpréteur :

- Celui-ci en application d'une stratégie décide des règles à confronter à la base de données, puis de celles qu'il faut appliquer

Intérêt des systèmes de production

- En théorie, les interactions entre les règles sont minimisées car les règles ne s'appellent pas les unes les autres
- La communication entre les règles est assurée par la seule base de données

Deux caractéristiques fondamentales

- Monotonie

- L'application d'une règle n'empêche jamais l'application ultérieure d'une autre règle qui pouvait être appliquée au même moment

- Commutativité

- Un système de production est commutatif si, pour toute séquence d'applications de règles, on obtient le même résultat pour toute permutation de cette séquence

Categories

	<i>Monotone</i>	<i>Non monotone</i>
<i>Commutatif</i>	Preuve de théorèmes	Robot mobile
<i>Non commutatif</i>	Synthèse chimique	Bridge

Catégories

Systemes experts à base de règles

Numérique/Symbolique

13

De l'importance des connaissances

13

A. Numérique/Symbolique

Un débat qui remonte aux origines de l'informatique

- L'approche américaine

Le traitement des données numériques

- Algorithmique
- Fondée sur la puissance de calcul

- L'approche européenne (britannique)

Le traitement des informations à caractère symbolique

- S'adresse à des problèmes d'une plus grande complexité
- Suppose le développement de langages de représentation

B. De l'importance des connaissances

Le tournant des années soixante-dix

- Des performances insuffisantes

- Échec de la traduction automatique
- Prédiction de Newell sur les jeux mise en défaut

- Etude cognitive et psychologique des :

- Joueurs d'échecs
- Experts d'un domaine
- Calculateurs prodiges

- Analyse du langage naturel

- Traitement des ambiguïtés
- Prise en compte du contexte

Que font les experts ?

Ils utilisent de très nombreuses connaissances : des connaissances théoriques sur le domaine, et des connaissances qui leur permettent d'être efficaces (les heuristiques)

De la nécessité d'employer des connaissances :

« *Nos raisonnements font appel à de grandes quantités de connaissances* »

Que permet la connaissance ?

- Réduction de l'espace de recherche
- Convergence plus rapide vers des solutions appropriées
- Discrimination entre les solutions

Vue d'ensemble

- Ont mis l'Intelligence Artificielle en lumière dès la fin des années soixante-dix
- Un des domaines les plus réussis de la recherche en Intelligence Artificielle
- Ont montré que l'Intelligence Artificielle peut résoudre des problèmes réels et pas seulement des problèmes "jouets"
- Actuellement au moins 5000 Systèmes Experts utilisés dans le monde (estimations pouvant dépasser 12000)

Quelques définitions

A retenir :



Définition

Programme informatique conçu pour raisonner habilement sur des problèmes dont la résolution requiert une expertise humaine dans un domaine délimité » (Edward Feigenbaum)



Définition

Programme informatique qui utilise une représentation de l'expertise humaine pour accomplir efficacement des tâches habituellement réalisées par un expert humain



Définition

Une branche de l'Intelligence Artificielle qui fait un usage intensif d'une connaissance spécialisée pour résoudre des problèmes au niveau d'un expert humain



Remarque

Système à base de connaissance

Exemple : MYCIN



Tâches de MyCIN	15
Exemple : une consultation	15
Base de connaissances de MyCIN	17
Les règles	18
Méthodes d'évaluation	18
Informations supplémentaires	19

A. Tâches de MyCIN

Entrées : symptômes, résultats de test.

4 étapes :

- déterminer l'importance de l'infection
- déterminer l'organisme responsable
- identifier des médicaments potentiellement utilisables
- choisir le meilleur traitement pour le cas considéré



Attention

Le tout sans algorithme, mais avec une expertise !

B. Exemple : une consultation

1) Informations sur le patient :

Nom ?

Alan Apt

Age ?

34 ans

Sexe ?

Masculin

Race ?

Caucasien

2) Entrez les résultats de culture positives

Aucun

3) Y-a-t'il des cultures en attente pour Alan Apt ?

Oui

4) Entrez les résultats des cultures en attente

Site ?

Fluide cérébrospinal

Date ?

26 Mars / 7:00

Méthode de collection ?

?

5) Y-a-t'il des organismes visibles sur la culture ?

Non

6) Alan Apt a-t'il eu récemment des maux de tête persistants ou des symptômes neurologiques anormaux (léthargie, vertiges,...) ?

Oui

7) Constate-t'on une évidence de signes neurolo-giques anormaux (rigidité de la nuque,) ?

Oui

8) Les cultures CSF doivent être considérées comme associées à une MENINGITE.

Précisez la date à laquelle l'évidence clinique (symptômes, signes, tests de laboratoire) de la méningite est apparue.

25 Mars / 10:00

9) Cette infection a-t'elle été contractée à l'hôpital ?

Pourquoi ?

[Cette question déclenche une explication de la part de Mycin]

10) Cette indication aidera à la détermination des micro-organismes autres que ceux vus sur les cultures. En outre, il a déjà été établi :

[1] que l'infection est une méningite

[2] qu'aucun organisme n'a été observé sur les cultures en attente

[3] que le type d'infection est bactérien

[4] que l'âge est supérieur à 10 ans

[5] que la neurochirurgie n'est pas un élément concernant l'histoire de Alan Apt

Par conséquent, si l'infection a été contractée à l'hôpital alors que le patient était hospitalisé :

alors il y a évidence que les organismes qui pourraient être à la cause de l'infection sont staphylococcus-coag-pos (0.3), klebsiella-pneumonia (0.5), E.coli (0.75), pseudomonias-aeruginosa (0.3)

Comment a été établie la clause [3] ?

[Cette requête déclenche une explication sur la prémisse de la règle considérée. Mycin liste alors les règles utilisées dans la détermination de ce fait]

11) Réponse - les règles suivantes ont conclu à ce sujet :

[1] règle 148 (facteur de certitude 0.19)

[2] règle 500 (facteur de certitude cumulé 0.51)

[3] règle 501 (facteur de certitude 0.95)

[4] règle 502 (facteur de certitude 0.97)

Retour à la question 9.....

Non

[Cette requête déclenche une explication sur la prémisse]

12) Alan Apt a-t'il subi des brûlures ?

Oui

13) Alan Apt présente-t'il des signes neurolo-giques focaux ?

?

14) Il faut couvrir l'infection probable suivante et les organismes associés :

E. Coli, Pseudomonias-aeruginosa, Klebsiella-pneumonia, Diploccocus-pneumoniae

15) Le patient présente-t'il une réaction allergiquement significative à un agent microbien ?

Non

16) Suspectez-vous que le patient puisse avoir une fonction rénale altérée ?

Non

17) Poids de Alan Apt en kg

70

Recommandations de MyCIN

Afin de couvrir les items 1, 2, 3, 4, prescrire en combinaison les antibiotiques suivants

1) AMPICILLIN

Dose : 3.5 (28.0 ml) q4h (calculé sur la base de 50 mg/kg)

2) GENTAMICIN

Dose : 118 mg (3.0 ml, 80 mg/2 ml ampoule) q8h (calculé sur la base de 1.7 mg/kg). Envisager de donner 5 mg q24h d'Intrathecal. Commentaires : contrôler les concentrations de sérum.

C. Base de connaissances de MyCIN

La base de connaissances

Plusieurs centaines de règles (700 pour la version finale)

Si P1 et P2 et et Pn alors A1 et et Ap

Forme des prémisses et des actions :

< Prédicat > < Objet > < Attribut > < Valeur >

24 prédicats :

est le même, appartient à,

11 objets :

organisme, culture, ...

80 attributs :

identité, site,

D. Les règles

Les Métarègles

- agissent sur le choix des règles à déclencher
- peu nombreuses dans Mycin

Métarègle 003 :

Si 1) il existe des règles qui ne mentionnent pas le but courant dans leurs prémisses
2) il existe des règles qui mentionnent le but courant dans leurs prémisses
Alors il faut donner priorité à l'application de ces dernières

E. Méthodes d'évaluation

Evaluation par la technique du double-aveugle

- 10 cas sélectionnés au hasard
 - 8 praticiens du « Stanford Medical School »
- 5 membres de la faculté, 1 chercheur, 1 docteur et 1 étudiant en médecine

Résultats

Prescripteur	Score	Pourcentage
MYCIN	55	69
Spéc. 5	54	68
Chercheur	53	66
Spéc. 3	51	64
Spéc. 2	49	61
Spéc. 4	47	59
Spéc. 1	45	56
Docteur	39	49
Etudiant	28	35

Evaluation

- Score parfait : 80
- Pas de réponses inacceptables pour Mycin

F. Informations supplémentaires

Quelques caractéristiques

- Base de connaissances à peu près complète
- Pas d'hypothèse négligée
- Toutes les données prises en compte
- Dialogue effectif, évaluation de la vraisemblance, historique mémorisé, exhaustivité

Devenir de MyCIN

- Un produit de laboratoire : jamais commercialisé, ni installé dans un hôpital
- Maintenance délicate
- Relativement lent à l'exécution
- D'éventuelles réticences de médecins attachés à des méthodes plus traditionnelles