

Représentation des connaissances

Master 1 IATI

Introduction à l'intelligence artificielle

Dr Djebbar Akila

Chapitre 4

Les systèmes Experts

2016/2017

Introduction

- Système expert = modélisation informatique des connaissances d'un expert.
- Exemples :
 - DENDRAL (1965), pour l'analyse des constituants physiques d'un matériau ;
 - MICYN (1973), pour le diagnostic des maladies du sang;
 - Plus récemment, VingtQ et akinator.com, pour la reconnaissance d'objets courants.

Définition

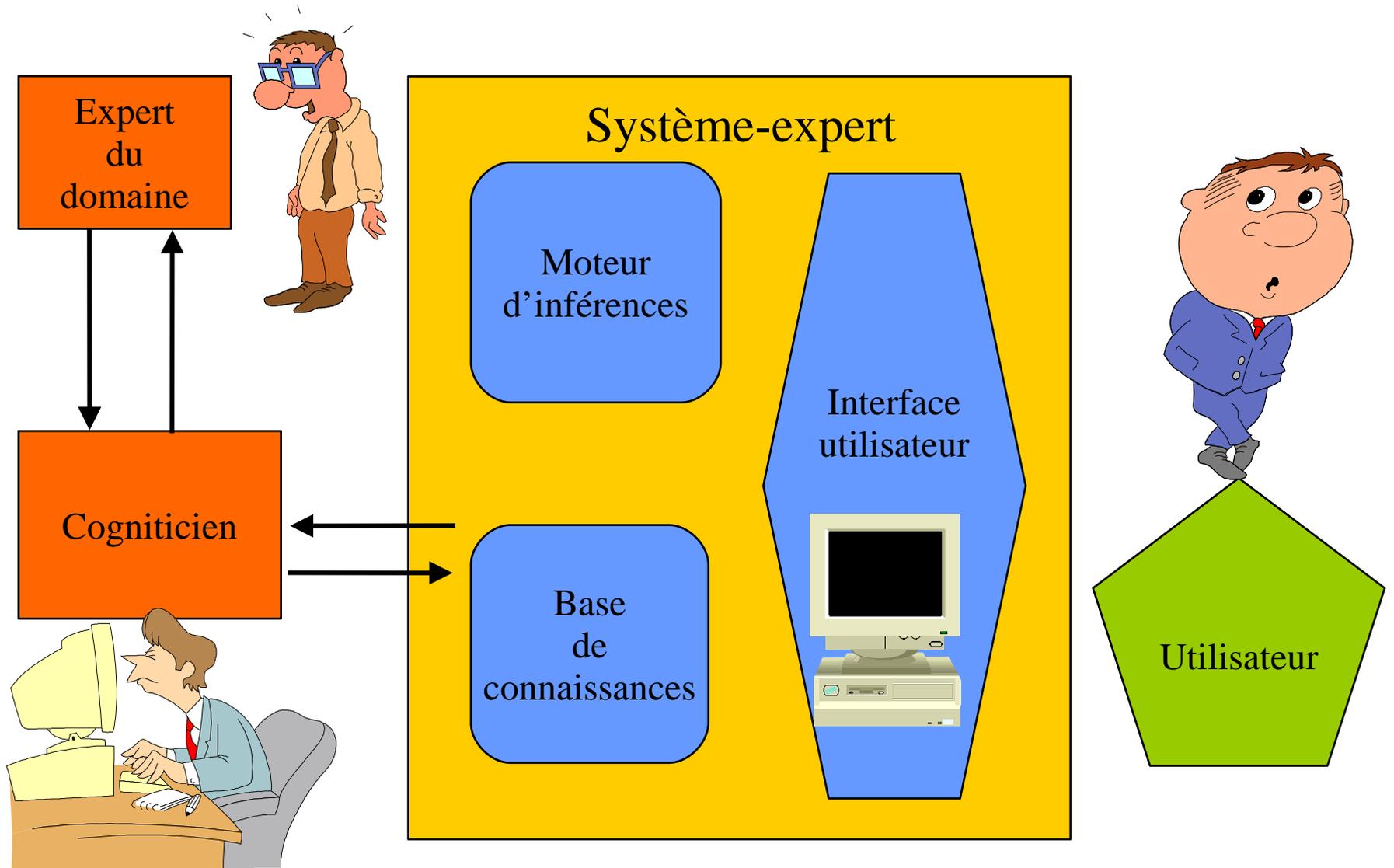
- Application capable d'effectuer dans un domaine des raisonnements logiques comparables à ceux que feraient des experts humains de ce domaine
- Il s'appuie sur des bases de données de faits et de connaissances, ainsi que sur un moteur d'inférences, permettant de réaliser des déductions logiques
- C'est avant tout un système d'aide à la décision

Définition

- Un système expert est un logiciel informatique permettant de simuler l'inférence logique, en implémentant les mécanismes d'induction et de déduction.
- Un système expert se définit par :
 - Une base de faits,
 - Une base de règles,
 - Un moteur d'inférence

Systeme Expert (Principe)

- But :
 - Modélisation d'un expert humain
 - Tâche de résolution
 - Explications sur les raisonnements
- Composition :
 - Base de connaissances
 - Moteur d'inférence



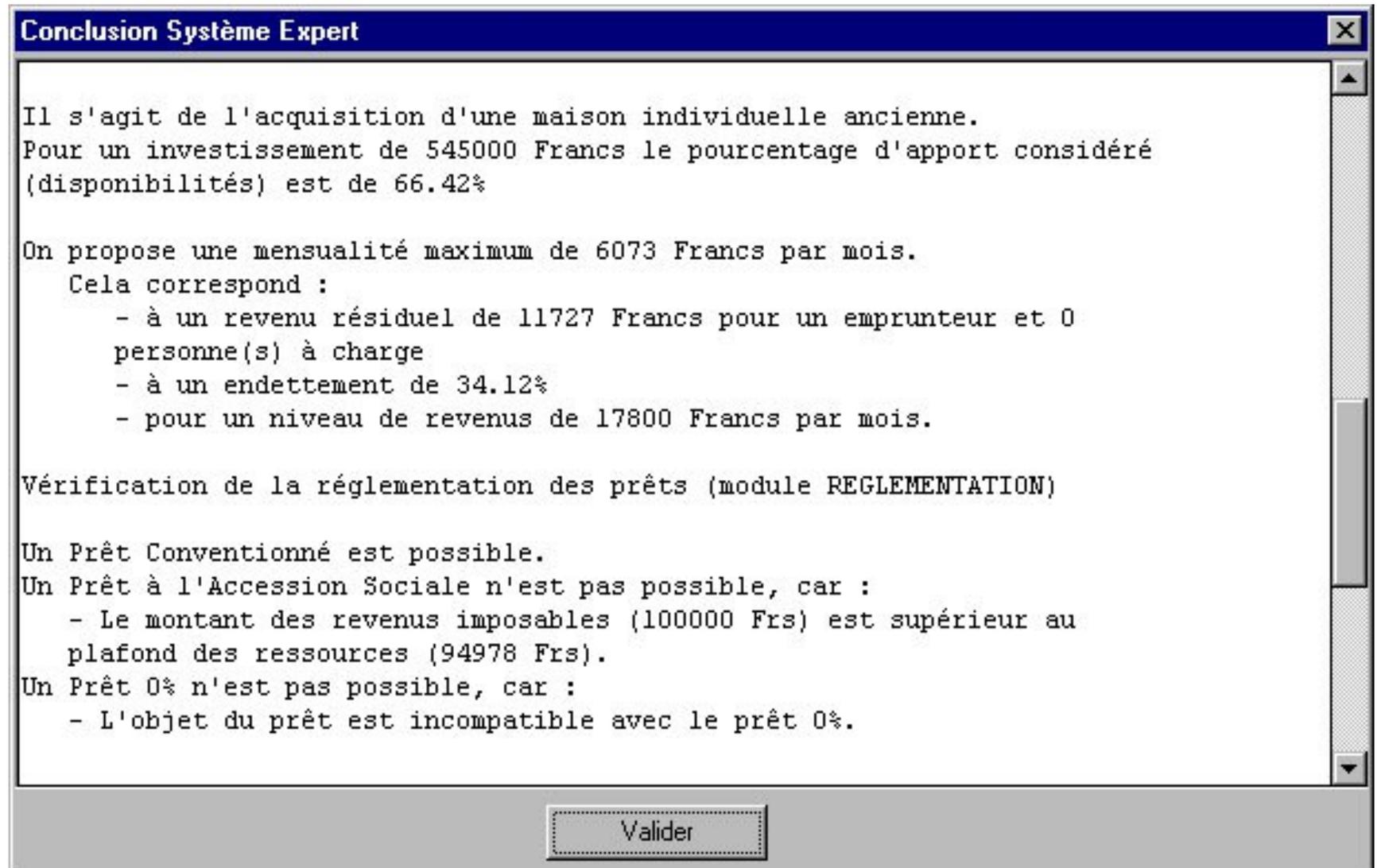
Différents rôles

- **Informaticien**
 - construction du moteur d'inférences et de l'interface utilisateur
- **Ingénieur de la connaissance (cogniticien)**
 - consultation des experts du domaine
 - design, construction et débogage de la BDC
- **Experts du domaine**
 - connaissance « sémantique » du domaine en terme de relation entre faits et événement (pas de connaissance procédurale)
- **Utilisateur**
 - Information sur le problème individuel à résoudre mais pas sur le domaine (il ne connaît pas quelles informations sont utiles)

Exemple

- Exemple faits initiaux: A, B, C, D, \neg E
- ensemble de règles :
- R1: si A et C alors F
- R2: si D et E alors G
- R3: si B alors G
- R4: si B et D alors H
- R5: si A et E alors I
- R6: si A et G et H alors J
- but: J ?

Exemple d'un système expert



La base de connaissances

- La base de faits
- La base de règles
- Les métarègles et la métaconnaissance
- La représentation des connaissances incertaines

Base de faits

- Mémoire de travail
 - Au début de la session : contient ce que l'on sait du cas examiné avant toute intervention du moteur d'inférences.
 - Puis : complétée par les faits déduits par le moteur ou demandés à l'utilisateur.
 - Exemple : dans le domaine médical,
 - Base de faits = liste de symptômes en début de session et un diagnostic lorsque celle-ci se terminera.
- Le type d'un fait
 - les faits élémentaires sont :
 - booléens : vrai, faux
 - symboliques : c'est-à-dire appartenant à un domaine fini de symboles
 - réels : pour représenter les faits continus.
 - Par exemple, actif est un fait booléen, profession est un fait symbolique et rémunération est un fait réel.

- Les formules ou conditions

- Dans un système expert d'ordre 0, on pourra par exemple écrire des formules de la forme :

actif ou \neg actif

- Dans un système d'ordre 0+, on pourra trouver les formules :

actif et (profession \neq medecin ou remuneration \leq 20000)

- Dans un système d'ordre 1, on pourra trouver : $\exists X$ maladie(X) et $X \neq$ grippe et symptome(X) = forteFievre

- Métafaits et métavaleurs
 - Savoir si une valeur a été attribuée à un fait
 - Demandée à l'utilisateur
 - S'il ne peut pas répondre, il faut que le système puisse le savoir
 - Il n'est pas envisageable qu'un médecin demande à son patient <<quelle maladie avez-vous ? >>
 - **demandable(diagnostic)** est un métafait booléen (et une métacondition).

La base de règles

- Elle rassemble la connaissance et le savoir-faire de l'expert. Elle n'évolue donc pas au cours d'une session de travail.
- Une règle est de la forme :

Si <conjonction de conditions> alors <conclusion>

où les conclusions sont de la forme :

<Fait> = <valeur>.

- Une base de règles est un ensemble de règles et sa signification logique est la conjonction de la signification logique de chacune des règles.
 - si A ou B alors C
 - ou
 - si A alors B et CIl n'en est par contre pas de même de
 - si A alors B ou C

Les métrarègles et la métaconnaissance

- Métrarègles : règles sur la manière d'utiliser les règles
- On trouve par exemple dans MYCIN les métrarègles suivantes :
 - si le patient est un hôte à risque et s'il existe des règles mentionnant des pseudo-monias dans une prémisse et s'il existe des règles mentionnant des klebsiellas dans une prémisse alors il est probable qu'il faille utiliser les premières avant les secondes

La représentation des connaissances incertaines

- On peut reconnaître globalement un objet sans être capable d'identifier à 100% chacun de ses détails.
- théorie des probabilités : degré de vraisemblance d'un fait.
 - De nombreux générateurs de systèmes experts offrent la possibilité aux utilisateurs de nuancer leur certitude concernant un fait en leur associant un degré de vraisemblance.
 - il n'est pas raisonnable d'attendre d'un être humain, expert ou non, qu'il puisse définir avec précision de tels degrés de vraisemblance.
- logique floue, logique modale,...

Moteur d'inférences : Chaînage avant

- Saisie des faits initiaux
- Début
 - Phase de filtrage => Détermination des règles applicables
 - Tant que ensemble de règles applicables n'est pas vide ET que le problème n'est pas résolu Faire
 - Phase de choix => Résolution des conflits
 - Appliquer la règle choisie (exécution)
 - Modifier (éventuellement) l'ensemble des règles applicables
 - Fin faire
- Fin

ALGORITHME DU CHAINAGE AVANT

ENTREE : BF, BR, F

- DEBUT
 - TANT QUE F n'est pas dans BF ET QU'il existe dans BR une règle applicable FAIRE
 - choisir une règle applicable R (étape de résolution de conflits, utilisation d'heuristiques, de métarègles)
 - $BR = BR - R$ (désactivation de R)
 - $BF = BF \cup \text{concl}(R)$ (déclenchement de la règle R, sa conclusion est rajoutée à la base de faits)
 - FIN DU TANT QUE
 - SI F appartient à BF ALORS
 - F est établi
 - SINON
 - F n'est pas établi
- FIN

Exemple : les règles

- REGLE r1

SI animal vole ET animal pond des oeufs
ALORS animal est un oiseau

- REGLE r2

SI animal a des plumes
ALORS animal est un oiseau

- REGLE r3

SI animal est un oiseau ET animal a un long cou ET
animal a de longues pattes
ALORS animal est une autruche

Exemple : les faits

- F1 : animal a des plumes
- F2 : animal a un long cou
- F3 : animal a de longues pattes

Base de faits initiale: F1, F2, F3

examen de la règle r1: la prémisse n'est pas satisfaite;
examen de r2: la prémisse est satisfaite;
F4: "animal est un oiseau" est ajouté à la base de faits.

Nouvelle base de faits: F1, F2, F3, F4

examen de r3: la prémisse est satisfaite;
F5: "animal est une autruche" est ajouté à la base de faits.

Nouvelle base de faits: F1, F2, F3, F4, F5

le moteur s'arrête, la base de faits est saturée (aucun fait nouveau ne peut être déduit)

Chaînage arrière

- Le principe est le suivant :
 - Le moteur recherche les règles qui concluent sur le but à vérifier, et s'assurent que ces règles sont "déclenchables".
 - La règle est déclenchable si ses prémisses sont vérifiées.
 - Si parmi les règles sélectionnées, une règle est déclenchable, alors le but est vérifié.
 - Si ce n'est pas le cas, alors les prémisses à vérifier deviennent de nouveaux buts, appelés sous-but, et le processus est réitéré.
- Les principales conditions d'arrêt :
 - L'ensemble des sous-but est vide (succès) = tous les sous-but ont été vérifiés et le problème est résolu
 - Impasse ou échec : Soit un des sous - buts n'est pas vérifiable avec la règle courante et il faut choisir une nouvelle règle pour le vérifier, et si cela n'est pas possible, alors il y a échec.

Moteur d'inférences : Chaînage arrière

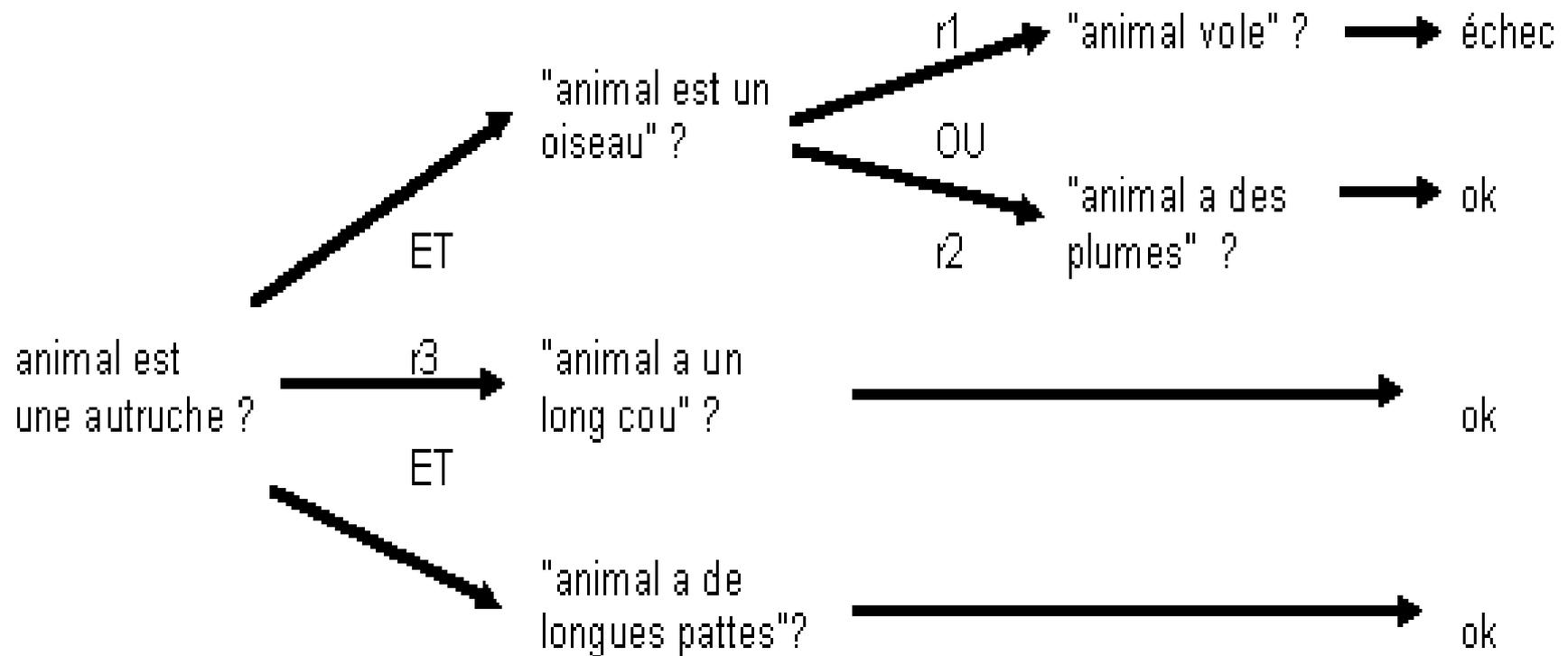
- Phase de filtrage
- Si l'ensemble des règles sélectionnées est vide
Alors questionner l'utilisateur
- Sinon
 - Tant que le but n'est pas résolu ET qu'il reste des règles sélectionnées Faire
 - Phase de choix
 - Ajouter les sous-buts (partie gauche de la règle choisie)
 - Si un sous-but n'est pas résolu Alors mettre le sous-but en but à résoudre
 - Fin faire

But initial

sélection
de r3

trois nouveaux
buts

sélection de nouvelles règles
ou vérification directe



Le chaînage mixte

- Le chaînage mixte alterne les chaînages arrière et avant pour optimiser les conclusions.
- Principe :
 - Tant que j'obtiens de nouvelles conclusions:
 - J'applique un chaînage arrière
 - J'applique un chaînage avant

Exemple

Base des faits initiaux

a, c, d, e, g, h, k

»Base de règles

»1. si k et w et m alors i

»2. si i et w et j alors q

»3. si f et h alors b

»4. si a et b alors q

»5. si c et h alors r

»6. si r et j et m alors s

»7. si g alors f

»8. si w et n et o et p alors q

On demande d'établir le fait q par un chainage avant

Limites

- Les connaissances d'un expert peuvent être difficiles à extraire (implicites ou non verbales)
- Concevoir une base de faits et une base de règles fonctionnelles peut être compliqué.
- Il est difficile de concevoir une interface homme / machine efficace et sexy pour système expert.

Conclusions : Les systèmes experts sont partout

- terme "système expert" un peu suspect de nos jours
 - dans le monde commercial, on parle souvent de "bases de données" plutôt que de "systèmes experts".
 - Par exemple, la réservation d'un vol sur une ligne aérienne implique nécessairement
 - (1) une base de connaissance (les vols assurés par la compagnie),
 - (2) un ensemble de faits à considérer (votre demande de destination avec une gamme de départs et arrivées possibles),
 - (3) une logique de règles ayant trait aux trajets disponibles, aux dates de départ et aux réservations déjà faites.
 - Un tel système correspond donc à la définition générale d'un système expert.

Conclusions : Types de système expert (1)

Haton & Haton (1989) distinguent différents types de systèmes experts

- Systèmes d'interprétation de données.
 - P.ex., systèmes de diagnostic en médecine ("de quelle maladie s'agit-il?"), système d'interprétation géologique ("les mesures sismologiques permettent-elles de croire à l'existence de dépôts minéraux importants?"), systèmes d'évaluation psychologique ("s'agit-il d'un cas suicidaire?"), etc.
- Systèmes de prédiction.
 - P.ex., systèmes de prédiction météorologique ("Il pleut aujourd'hui en France. Va-t-il pleuvoir en Suisse demain?"), prédictions géopolitiques ("Les conflits de guerre sont particulièrement fréquents en situation de crise économique. Quelles combinaisons précises de facteurs économiques, sociologiques et politiques prédisent un déclenchement d'hostilités?"), etc.

Conclusions : Types de système expert (2)

- Systèmes de planification.
 - P.ex., système de réservation de vols aériens, planification des altitudes de vol selon les vents connus et les corridors disponibles, planification des actions d'assemblage d'un robot industriel, planification des interventions requis pour la construction d'un bâtiment, etc.
- Systèmes de conception.
 - P.ex., Développement et simplification de circuits intégrés, aménagement d'une cuisine optimale dans un espace donné, clonage de gènes, création d'un nouveau composé chimique, etc.