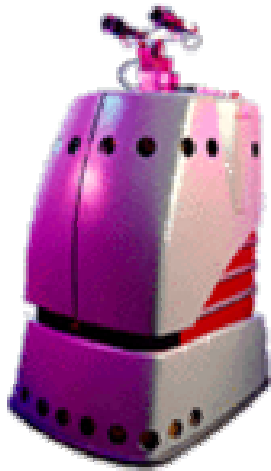


# Expert Systems

Artificial Intelligence

*Lecture 4*

Karim Bouzoubaa



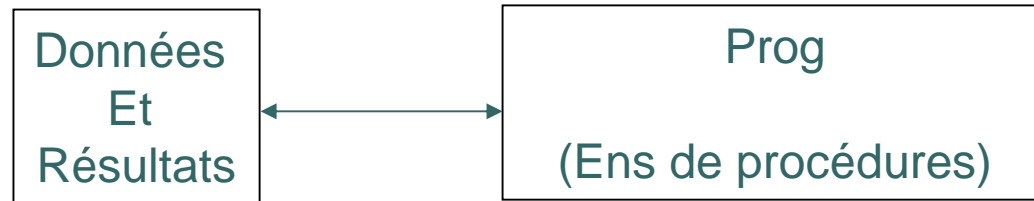


# Introduction

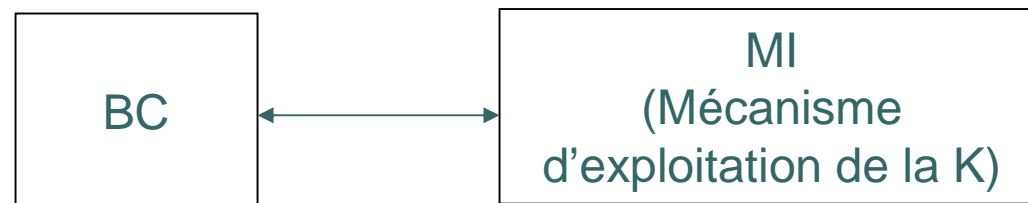
- SE: permet de capturer, de représenter, d'emmagasiner et d'appliquer la K humaine à l'aide d'une machine
  - Moyen pratique de construire des experts automatisés (là où il y a nécessité d'une expérience pratique)
- Domaines d'application
  - Médecine
  - Gestion (Banques, Finances, Marketing)
  - Prospection minéral

# Architecture Générale

- Logiciels Traditionnels



- Logiciels BC



- Expert systems have been developed in the 1970s as practical systems to reason on knowledge expressed in terms of rules and facts as flat databases (triplets)
- In the 1980s other knowledge representations have been used with rules, i.e. semantic nets, frames, etc.
- An expert system is an automatic reasoner which is based on the logic inference rule called *Modus Ponens*

$\forall X (P(X) \rightarrow Q(X))$

$P(aa)$

-----

$Q(aa)$

| or

IF P Then Q

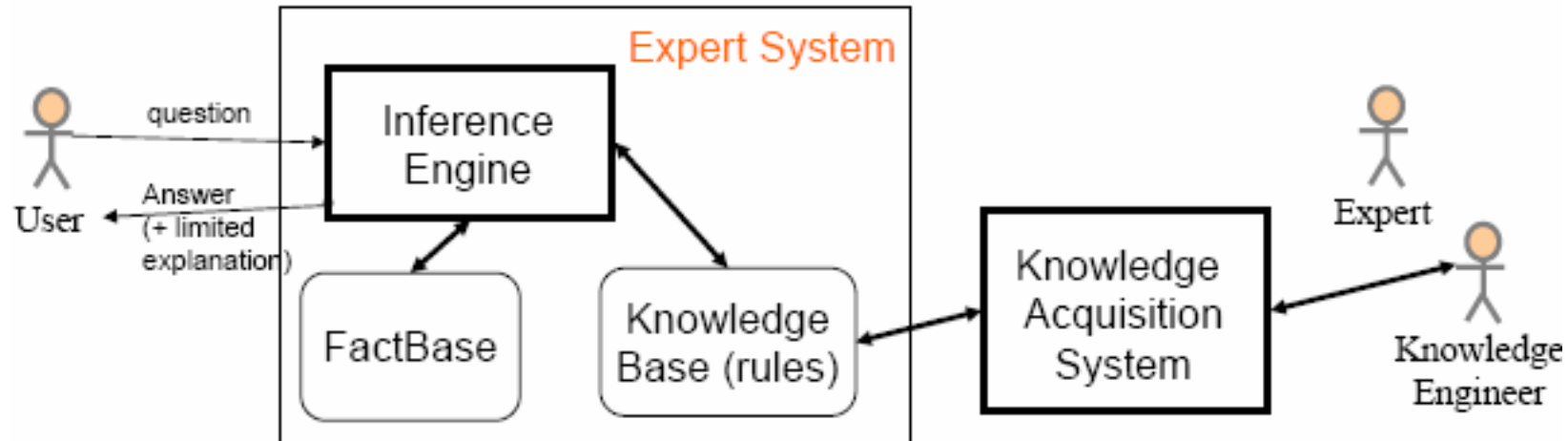
P

-----

Q

(inference)

# Architecture Détaillée



- The inference engine is the reasoning module which uses *Modus Ponens*

IF P(x) Then Q(x)	rule
P(a)	fact
-----	(inference)
Q(a)	deduced fact

- The inference engine matches facts (P(a)) and rule premises (IF P(x)) to deduce new facts Q(a)
- It also chains rules: IF P Then Q and IF Q Then R

# Architecture Détaillée

## ○ IU

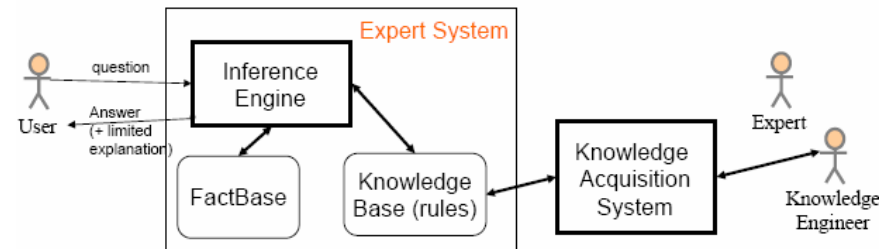
- Faciliter le dialogue (LN, graphique, etc.)
- Possibilité d'explication du système
- Permet de justifier ses conclusions

## ○ BC

- Règles de production

## ○ MI

- Modes de raisonnement
- Filtrage
- Choix de règles





- K sous forme de règles de production
- Transfert de la K d'un spécialiste vers une machine
- Difficulté : les K d'un expert sont très diverses
  - Sa façon de raisonner
  - De prendre des décisions
  - De poser un diagnostic
  - D'acquérir de l'expérience
- Formalisme 'Règle de production' est le plus utilisé
  - Cause: les experts ont tendance à exprimer les K sous forme:  
situation -> action



## o Quelques exemples de règle

SI un animal est d'une espèce donnée  
ET cet animal a des petits  
ALORS les petits sont de la même espèce

SI heure début travail > 19 h  
ET heure fin travail < 7 h  
ALORS horaire travail = horaire nuit



- Les + de ce formalisme
  - Exprimer des K très variées
  - K déclaratives
  - Les règles sont indépendantes les unes des autres
    - La BC est constituée de granules de K
- Divers types d'informations
  - Des inférences résultant d'observations spécifiques
  - Abstraction, généralisations et catégorisation de certaines données
  - Conditions nécessaires pour réaliser un but
  - Stratégies pour éliminer l'incertitude
  - Causes probables de symptômes



- K sous formes de schémas
  - Frame: structure permettant de décrire un objet
- Les + de ce formalisme
  - Permet de traduire la façon typique dont les experts organisent la plupart de leurs K
  - Fournit un moyen de représentation structurée de relations entre objets
  - Supporte une technique concise de définition par spécialisation qui est facile à mettre en œuvre pour la plupart des experts
  - Partage d'informations entre +ieurs schémas (héritage)
  - Attachement procédural
- Les – de ce formalisme
  - Pas de moyen direct pour décrire les K sous forme déclarative



# MI

- On considère le cas des règles de production
- Le MI décide
  - Quelles règles appliquer?
  - Dans quel ordre?
- Utilisation de la BF avec son enrichissement
- Les modes de raisonnement
  - De quelle manière le MI se sert des K mises à sa disposition
  - Deux modes de raisonnement
    - **Chaînage avant**: obtenir tous les faits déductibles jusqu'à arriver à la solution (pas de focalisation sur le but)
    - **Chaînage arrière**: remplacer l'hypothèse par un ensemble de sous-but (risque de bouclage)

- Introduction

- Ensemble de règles candidates
- Choix de la règle à déclencher

- Exemple

- BR

- R1    SI        animal a des plumes  
         ALORS    animal est un oiseau
- R2    SI        animal vole  
         ET        animal pond des œufs  
         ALORS    animal est un oiseau
- R3    SI        animal est un oiseau  
         ET        animal vol remarquable  
         ALORS    animal est un albatros

- BF

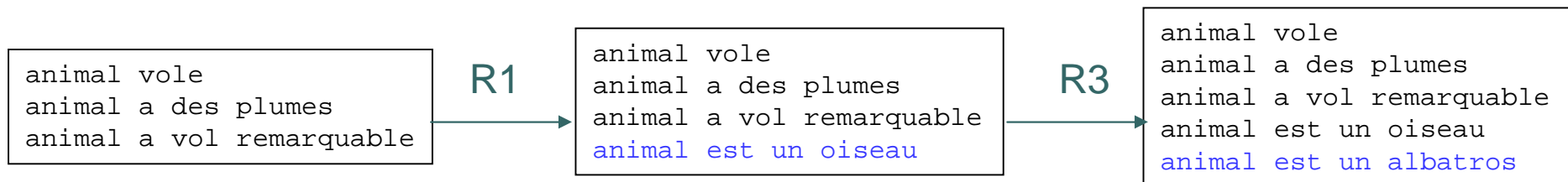
- F1    animal vole
- F2    animal a des plumes
- F3    animal a vol remarquable

# MI (Chaînage avant)

- **R1** SI animal a des plumes  
ALORS animal est un oiseau
- **R2** SI animal vole  
ET animal pond des œufs  
ALORS animal est un oiseau
- **R3** SI animal est un oiseau  
ET animal vol remarquable  
ALORS animal est un albatros

## ○ Proposition: animal est un albatros

- Chaînage avant (Forward chaining)



# MI (Chaînage avant )

- *Forward-chaining* consists in starting from facts describing a situation and using the rule base to try to deduce as many new facts as it is possible (saturation of the fact base). This is a direct use of the modus ponens inference rule

- Example (Forward Chaining)

- Facts:

- b, c, m, n

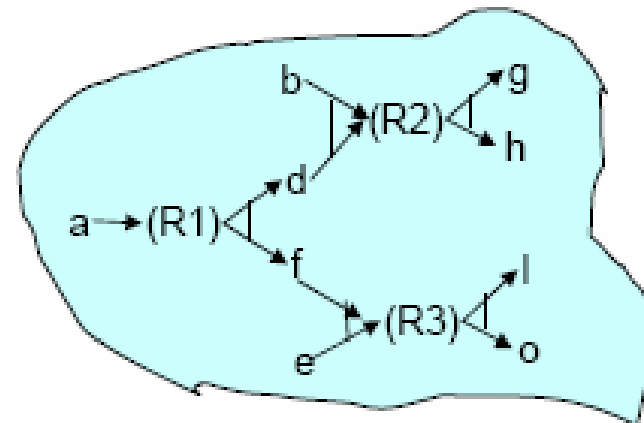
- Rules:

- R1 IF a Then d And f
- R2 IF b And d Then g And h
- R3 IF f And e Then l And o

- New fact1 (provided by user): a

- New fact2 (provided by user): e

- New fact3 (provided by user): a And e



Deduced facts: d, f, g, h

Deduced facts: none

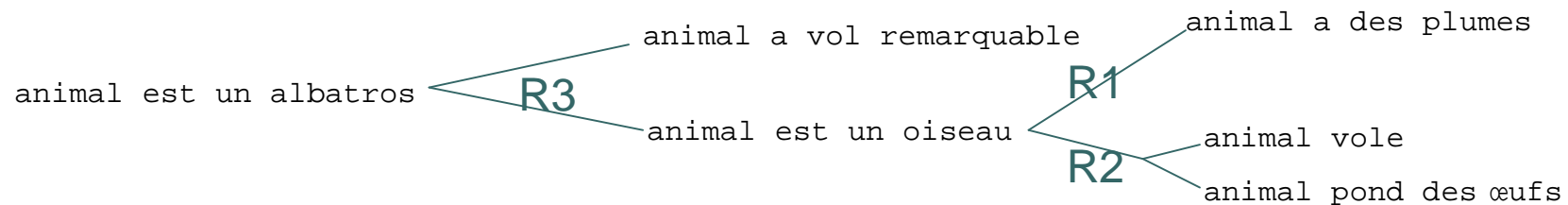
Deduced facts: d, f, g, h, l, o

# MI (Chaînage arrière )

- R1 SI animal a des plumes  
ALORS animal est un oiseau
- R2 SI animal vole  
ET animal pond des œufs  
ALORS animal est un oiseau
- R3 SI animal est un oiseau  
ET animal vol remarquable  
ALORS animal est un albatros

## ○ Proposition: animal est un albatros

- Chaînage arrière (Backward chaining)



# MI (Chaînage arrière )

- *Backward-chaining* consists in setting an hypothetical fact (in Prolog terms we speak of a goal) and using the rule base and the inference engine to go backward and to try to retrieve the facts in the fact base and the chain of rules that enable to deduce the hypothetical fact

- Example (Backward Chaining)

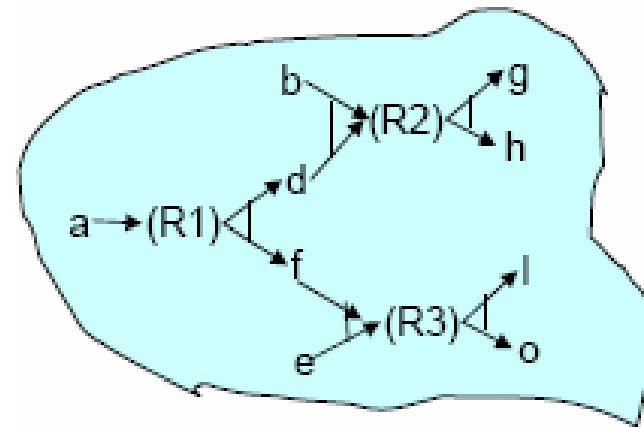
- Facts:

- b, c, m, n

- Rules:

- R1 IF a Then d And f
    - R2 IF b And d Then g And h
    - R3 IF f And e Then l And o

- Hypothesis (submitted by user): f



Proof: No

Explanation: R1 cannot be triggered

Advice: Try to verify fact a

- New fact (provided by user): a

Proof: f true (backward chaining)

Explanation: d And f true because rule R1 and fact a

Other deduced facts: g, h

- In practice, most systems use both Forward and Backward Chainings

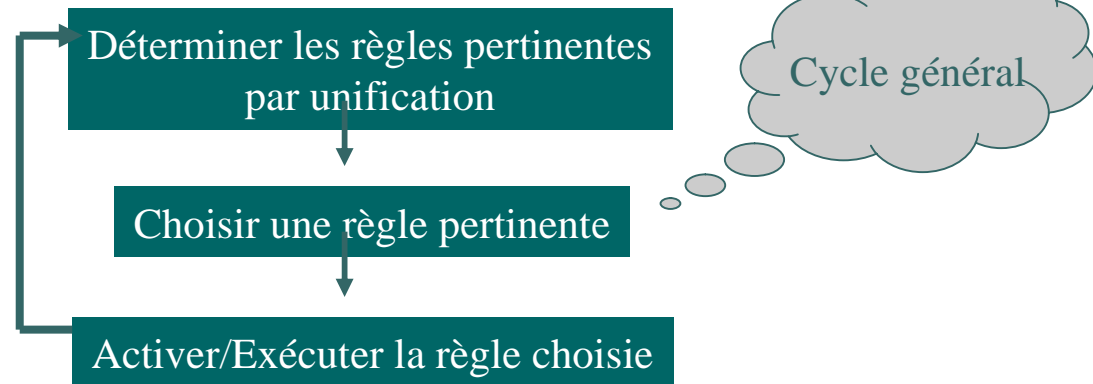
# MI

- Opération de filtrage et stratégie de choix de la règle à déclencher

- Comparaison de chacune des règles de la BC avec l'ens des faits → opération de filtrage (pattern matching)

- Pas de solution idéale pour le choix d'une seule règle à déclencher

- La 1<sup>ère</sup>
- La plus simple
- etc.





# Systemes de déduction

- Système de déduction pour identifier des animaux (expert zoologiste)
  - Observer un animal
  - Série de questions
  - Identifier l'animal observé
- Exemple d'interaction
  - **SE: est-ce que l'animal a le corps poilu?**
  - User: oui
  
  - **SE: est-ce que l'animal a l'extrémité des pattes avec des griffes?**
  - User: oui
  
  - **SE: est-ce que l'animal a les yeux dirigés vers l'avant?**
  - User: oui
  
  - **SE : est-ce que la forme des dents de l'animal est pointue?**
  - User: oui
  
  - **SE: est-ce que la couleur de l'animal est brune?**
  - User: oui
  
  - **SE: est-ce que l'animal la robe de l'animal présente des raies noires?**
  - User: oui
  
  - **SE: D'après mes K, l'animal est un tigre**

# Systemes de deduction

R1	SI corps animal vaut "poils" ALORS animal est un mammifere	R10	SI animal est un "ongule" ET nature de pattes vaut "longues" ET nature du cou vaut "long" ET couleur vaut "brune" ET robe vaut "taches noires" ALORS animal est une girafe
R2	SI nourriture_petit de animal vaut "lait" ALORS animal est un mammifere		
R3	SI corps animal vaut "plumes" ALORS animal est un oiseau		
R4	SI locomotion animal vaut "vole" ET reproduction de animal vaut "ponds des oeufs" ALORS animal est un oiseau	R11	SI animal est un "ongule" ET couleur vaut "blanc" ET robe vaut "raies noires" ALORS animal est un zebre
R5	SI animal est un "mammifere" ET nourriture de animal vaut "viande" ALORS animal est un carnivore	R12	SI animal est un "oiseau" ET locomotion animal vaut "ne vole pas" ALORS animal est un oiseau non volant
R6	SI animal est un "mammifere" ET direction des yeux vaut "en avant" ET forme des dents vaut "pointue" ET extremités des pattes vaut "griffes" ALORS animal est un carnivore	R13	SI animal est un "oiseau" ET locomotion animal vaut "nage" ALORS animal est un oiseau non volant
R7	SI animal est un "mammifere" ET extremités des pattes vaut "ongles" ALORS animal est un ongule	R14	SI animal est un "oiseau non volant" ET nature de pattes vaut "longues" ET nature du cou vaut "long" ET couleur vaut "noir et blanc" ALORS animal est une autruche
R8	SI animal est un "carnivore" ET couleur vaut "brune" ET robe vaut "taches noires" ALORS animal est un guepard	R15	SI animal est un "oiseau non volant" ET nature des pattes vaut "palmées" ET couleur vaut "noir et blanc" ALORS animal est un pingouin
R9	SI animal est un "carnivore" ET couleur vaut "brune" ET robe vaut "raies noires" ALORS animal est un tigre	R16	SI animal est un "oiseau" ET nature du vol vaut "remarquable" ALORS animal est un oiseau albatros

- MI chaînage avant
  - Animal Observé: abcdef
  - Mémoire de travail
    - Corps couvert vaut "poils"
    - Extrémités des pattes vaut "longues"
    - Nature de cou vaut "long"
    - Couleur vaut "brune"
    - Robe vaut tâches "noires"
  - abcdef est une girafe (R1, R7, R10)

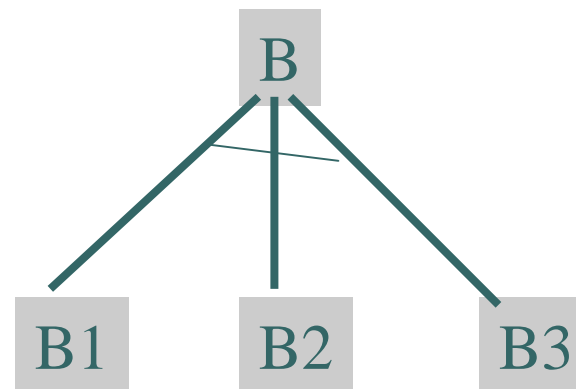
- MI chaînage arrière

- Animal Observé: `abcdef`
- Hypothèse à vérifier: `abcdef` est un guépard
- Mémoire de travail ...



## L'explication

$\text{Comment}(B) \implies B1 \wedge B2 \wedge B3$



$\text{Pourquoi}(B2) \implies B$



- La récolte agricole
- Aide au diagnostic
- Aide à la décision dans l'identification des micro-organismes responsables des infections : **MYCIN**
- Aide à la décision médicale : **SPHINX**
  - Application pour diagnostiquer des maladies attrapées fréquemment chez les crevettes

- L'acte médical se décompose en quatre temps :
  1. L'examen du patient
  2. L'élaboration du diagnostic
  3. La prescription thérapeutique
  4. Le suivi de l'évolution
- Les SE concernent les étapes 2, 3 & 4
- Example: A patient consults a physician for some illness
  - The physician asks the patient for data
    - symptoms and patient's characteristics → Facts
  - The physician uses his/her medical knowledge (rules about symptoms and illnesses) to deduce new facts (forward-chaining)
  - He can also set hypothesis (backward chaining). Based on an hypothesis ('patient has the flu'), the physician may ask questions to the patient to verify facts that have not been identified yet, or the physician may ask the patient to undergo tests to verify some facts (Symptoms). With all these facts the physician can deduce the patient's illness (forward-chaining) with a certain degree of certainty
  - When the physician has identified the patient's illness, s/he uses his/her knowledge of cures (rules about illnesses and medication) to prescribe some medicine to the patient (forward-chaining)



# SE - Médical

- La possibilité de maintenir et de manipuler un ensemble de concepts symboliques plutôt que de simples nombres
  - En effet, le raisonnement clinique fait partie des questions de jugement, de résolution de problèmes, de prise de décision, de connaissances: domaine de l'IA
- La possibilité de communiquer avec le clinicien dans un langage voisin du langage naturel
- La possibilité d'expliquer le processus de raisonnement utilisé
  - Important par ailleurs pour l'enseignement et le transfert d'expertise
- Les domaines d'application des SE en médecine sont nombreux :
  - L'aide au diagnostic
  - L'aide à l'enseignement
  - L'aide à la recherche (proposer des hypothèses qui constitueront des thèmes de recherche)
- Le mécanisme élémentaire du raisonnement médical est l'abduction, e.g.,
  - Du fait : "Un patient X présente un ictère"
  - et de la règle : "Si un patient a une hépatite, alors il présente un ictère"
  - on infère: "Le patient X a **peut être** une hépatite"

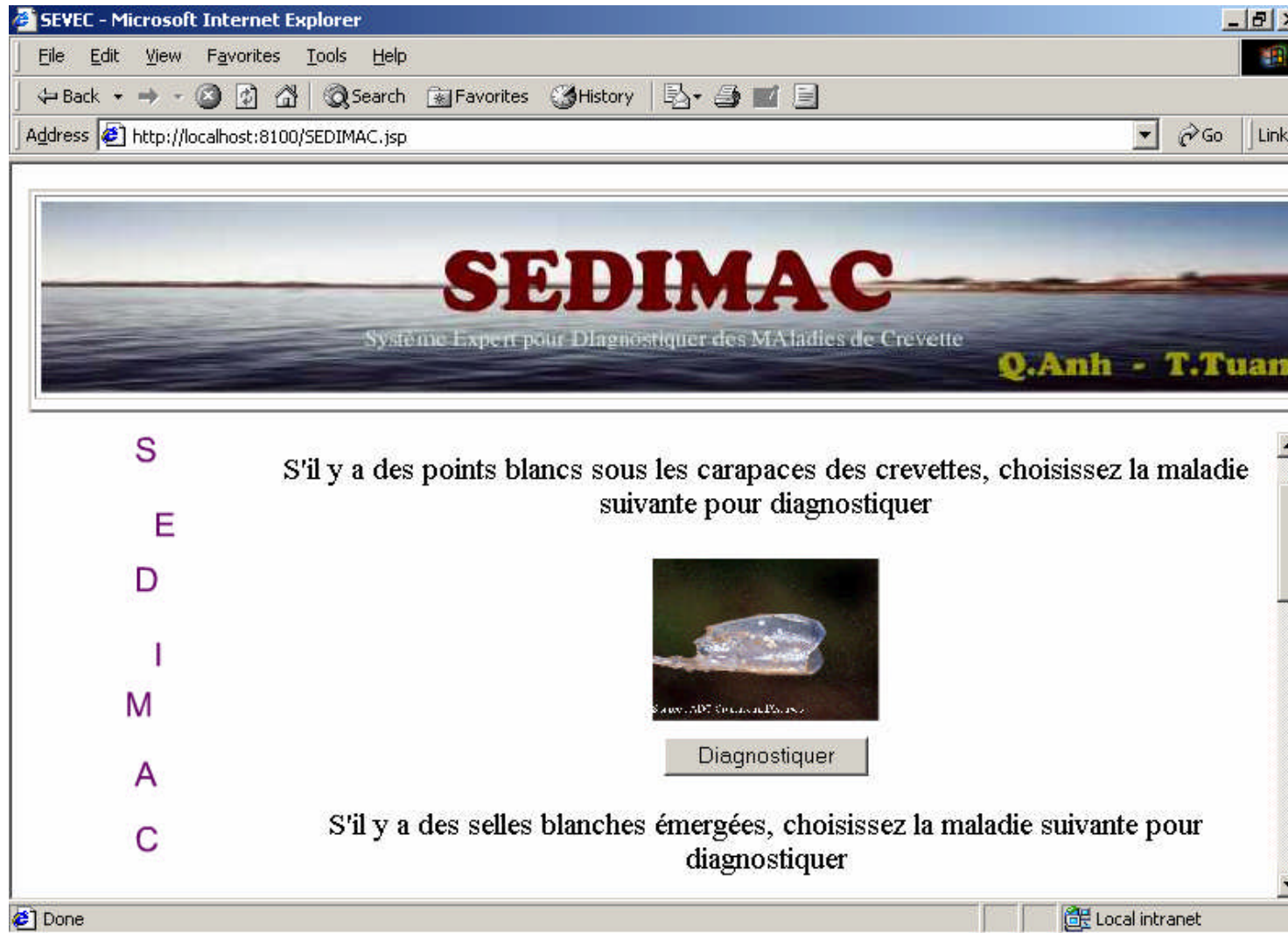


# SE - Médical

- Le “peut être” dans l’inférence :
  - Connaissance incomplète
  - Qualité incertaine de l’information recueillie
  - Interactions médicamenteuses qui peuvent altérer les résultats de laboratoire
  - Subjectivité du médecin
  - Angoisse du patient
  - etc.,
- Plusieurs études ont montré que le clinicien génère très tôt un petit nombre d’hypothèses basés sur un nombre très limité de données

# SPHINX

Application pour diagnostiquer des maladies attrapées fréquemment chez les crevettes



Algorithme d'inférence *ad-hoc* (AIA)

Entrée: Des symptômes inhabituels des crevettes

Sortie: Maladie diagnostiquée avec le taux de diagnostic correspondant

Début

(0) Définir les fonctions algébriques nécessaires et vérifier les métarègles pour déduire que les crevettes sont malades ou non

(I) Si les crevettes sont malades alors

Début

- Choisir le chemin de déduction selon quatre maladies proposées
- Entrer les faits et activer la base de règles
- Inférer selon le module d'inférence choisi
- Si on trouve la solution alors on affiche les résultats
- Sinon alors le système déclare la solution non trouvée

Fin

Fin Si;

(II) Sinon

- Vérifier si les symptômes inhabituels sont issus de la pollution

Fin.

**Table 1.** Quelques symptômes de la maladie « Tête jaune ».

Type de maladie	Symptômes
Tête jaune	Les têtes des crevettes deviennent jaunes.
	Les foies et les pancréas des crevettes changent de couleurs.
	Les crevettes meurent totalement en 3 à 5 jours.

Règle	Méta-connaissance
Crevette est malade	Les crevettes changent de couleurs
	Les crevettes sont mortes au bord de l'étang.
	Les crevettes se concentrent au bord de l'étang.

Une base de règles a été déduite à partir des symptômes analysés à l'aide des experts sur les maladies des crevettes. Tout d'abord, la probabilité de chaque symptôme a été déterminée a priori par les experts. Ensuite, la probabilité de chaque règle a été calculée par le minimum des probabilités des prémisses correspondantes. La statistique montre que notre système utilise 102 règles au total.

**Table 3.** Quelques règles de la maladie Crevettes rabougries

Règle	Définition
R1	Si (Crevette Avoir Moins_30_jours) Alors (Crevettes Petites)
R2	Si (Crevettes Petites) Alors (Maladie Mbv 40)

- But d'un SE de gestion : Aider les responsables des entreprises à prendre des décisions afin de résoudre des problèmes complexes avec la compétence d'un expert en gestion
- Besoin de SE-G des entreprises pour :
  - La gestion du personnel (recrutement, affectation, mutation, prévision)
  - La gestion financière (analyse financière)
  - Le marketing
- Gestion de portefeuilles
  - Aider le personnel d'une banque à conseiller la clientèle en matière de placements
- Orienter les décisions de prêts à partir d'un diagnostic complet des forces et des faiblesses de l'entreprise

# Démonstration - SE de zoologie

<b>Tigre</b>	<b>est_un(carnivore())</b>	<b>sorte_de(mammifere())</b>	nourriture_petit(lait)	<b>OU</b>	corps_couvert_de(poils)
		nourriture(viande)			
		<b>OU</b>			
		extremite_des_pattes(griffes)			
	couleur(brune) robe_avec("raies noires")	direction_des_yeux(avant) forme_des_dents(pointue)			
<b>Guepard</b>	<b>est_un(carnivore())</b>	<b>sorte_de(mammifere())</b>	nourriture_petit(lait)	<b>OU</b>	corps_couvert_de(poils)
		nourriture(viande)			
		<b>OU</b>			
		extremite_des_pattes(griffes)			
	couleur(brune) robe_avec("Taches")	direction_des_yeux(avant) forme_des_dents(pointue)			
<b>Girafe</b>	<b>est_un(ongule())</b>	<b>sorte_de(mammifere())</b>	nourriture_petit(lait)	<b>OU</b>	corps_couvert_de(poils)
		extremite_des_pattes(sabots)			
	nature_des_pattes(longues)				
	nature_du_cou(long)				
	couleur(brune) robe_avec("taches")				
<b>Zebre</b>	<b>est_un(ongule())</b>	<b>sorte_de(mammifere())</b>	nourriture_petit(lait)	<b>OU</b>	corps_couvert_de(poils)
		extremite_des_pattes(sabots)			
	couleur(blanc) robe_avec("raies noires")				
<b>Autruche</b>	<b>est_un(oiseau_non_volant())</b>	<b>sorte_de(oiseau)</b>	corps_couvert_de(plumes)	<b>OU</b>	locomotion(vole) reproduction("pond des oeufs")
		locomotion("ne vole pas")			
		<b>OU</b>			
	nature_du_cou(long)	locomotion(nage)			
	nature_des_pattes(longues) couleur("noire et blanc")				
<b>Pinquin</b>	<b>est_un(oiseau_non_volant())</b>	<b>sorte_de(oiseau)</b>	corps_couvert_de(plumes)	<b>OU</b>	locomotion(vole) reproduction("pond des oeufs")
		locomotion("ne vole pas")			
		<b>OU</b>			
	nature_des_pattes(palmees) couleur("noire et blanc")	locomotion(nage)			
<b>Albatros</b>	<b>est_un(oiseau)</b>	corps_couvert_de(plumes)	<b>OU</b>	locomotion(vole) reproduction("pond des oeufs")	
	nature_de_vol(remarquable)				