



جامعة غليزان
Université Ahmed Zabaneh - Relizane
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Informatique

FST

Intelligence Artificielle

Chapitre 3: Fonctionnement d'un SE
Partie1: Représentation de connaissance

S. Bella
Bella.salyma@gmail.com

L3 – Systèmes Informatiques

2021/2022

Plan

01

Introduction

02

Représentation
des connaissances



01

Introduction

Rappel: SE, Base de connaissance

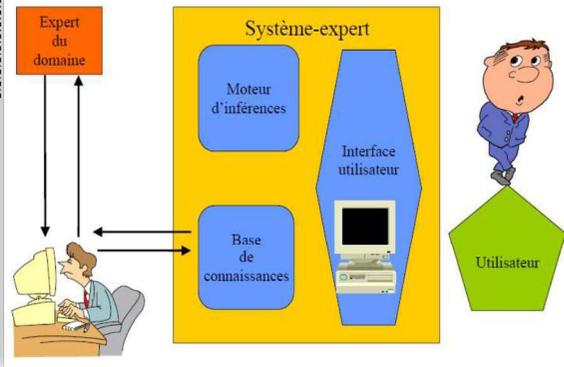
→ Introduction

- L'un des objectifs majeurs de l'IA est la résolution de problèmes complexes dérivant de domaines variés.
- Pour résoudre un problème donné, on a souvent besoin de manipuler des connaissances du domaine concerné. Ces connaissances nécessitent des modèles et des formalismes de représentation capables de les rendre utilisables sur ordinateur.

➔ Rappel: Système Expert (SE)

Experts du domaine:
connaissance du domaine en terme de relation entre faits et événement.

Ingénieur de la connaissance (cogniticien):
consultation des experts du domaine; conception, construction et débogage de la BDC.



Informaticien:
construction du moteur d'inférences et de l'interface utilisateur.

Information sur le problème individuel à résoudre mais pas sur le domaine (il ne connaît pas quelles informations sont utiles).

5

➔ Base de connaissance

Mémoire du SE = Elle rassemble toutes les connaissances d'un expert du domaine considéré.

Base de faits (BF):

- Un fait est la façon la plus élémentaire de **représenter la connaissance**.
- Base de fait est le **dictionnaire de donnée** (données symboliques & données numériques) contenant l'ensemble des mots techniques spécifiés dans le domaine d'expertise étudié.
- Ces faits doivent être **fournis** au système par le cogniticien, ou **déduit par lui-même** et la BF pendant que le système est en cours de résolution du problème.
- On parle de **séquences de faits établis**: ayant une **valeur de vérité vraie**.



6

➔ Base de connaissance

Base de règle (BR):

- C'est **l'ensemble de règle de production** pouvant être appliquées aux faits pour **déduire de nouveaux faits** que le système n'en a pas encore affecté une valeur de vérité.
- À partir des faits connus, la BR permet au système expert:
 - Établir des faits nouveaux,
 - Faire des hypothèses,
 - Construire une/des solutions,
 - Prendre des décisions,
 - Proposer des idées,
 - Donner des actions,
 - ...



7



➔ Définition: Connaissance

Différence entre donnée, information et connaissance:

- **Donnée (data):** elle *transporte* l'information.
- **Information (information) :** une *interprétation* de la donnée.
- **Connaissance (Knowledge) :** *utilise* l'information dans le cadre *d'actions*, dans un *but* précis. Les actions peuvent être la prise de décisions, la création de nouvelles informations, etc.



La connaissance est l'élément de base dans un SE, car elle permet à ce dernier de résoudre les problèmes qui lui sont posés. C'est d'ailleurs pour cela que les SE sont aussi appelés 'systèmes à base de connaissances = Knowledge Based Systems (KBS)'.

9

➔ Types de la connaissance

- Les **objets du monde réel** (oiseaux, voitures, hommes, plantes,...).
- Les **assertions et les définitions sur ces objets**: les faits (les voitures possèdent un moteur).
- Les **concepts** qui sont des agrégations ou généralisations des objets (concept 1: le couteau sert à découper les fruits, concept 2: le couteau sert à tuer des gents).
- Les **relations entre les objets ou les concepts** (mohamed est le père de ali).
- Les **théorèmes et les règles**; qui possèdent la particularité d'être sûrs (tous les hommes sont mortels).
- Les **méthodes algorithmiques de résolution**.
- La **méta-connaissance**: la connaissance sur la connaissance d'un problème donné. Une connaissance: mohammed est un menteur, méta-connaissance: amine sait que mohammed est un menteur.
- ...

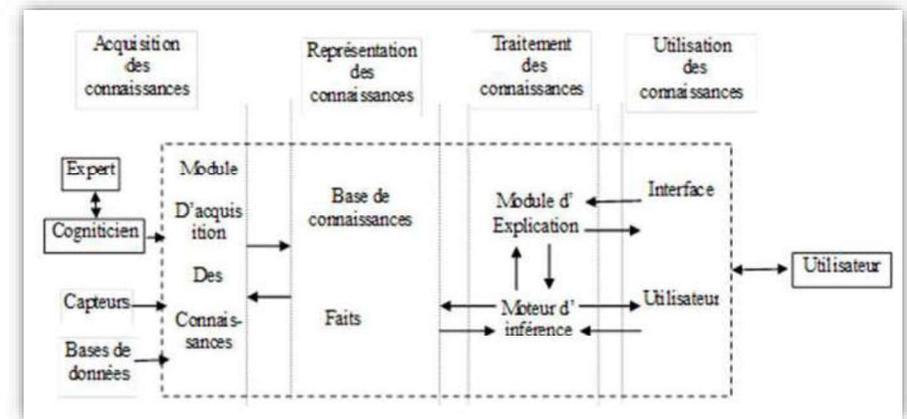
10

➔ Catégories de la connaissance

- **Connaissances de définition**: toujours vraie. Ex: Un triangle est un polygone ayant exactement 3 côtés.
- **Connaissances évolutives**: peut être modifiée. Ex: Samir est de taille 1m52 (aujourd'hui).
- **Connaissances incertaine/certaine** : Ex: Mohamed est né en 15 après Omar.
- **Connaissances vagues ou floue**: Ex: les jeunes élèves sont turbulents ". (Jeunes =?).
- **Connaissance ambiguë ou incomplète** : Ex: "Avant le conseil de classe, le professeur savait que trois élèves redoubleraient". Est-ce que le nombre global, ou bien 3 cas particuliers connus individuellement ? Est-ce que trois exactement, ou au moins trois ?
- ...

11

➔ Chronologie de la connaissance



1

➔ Acquisition de connaissance

- Une tâche longue et fastidieuse;
- Il désigne **l'ensemble des démarches** (méthodes, outils,...) nécessaires à l'élaboration d'une base de connaissances;
- Il faut décrire **le comportement d'un expert** face à un problème particulier, et **sa manière de le résoudre**. Car ce que l'on souhaite obtenir n'est ni plus ni moins que l'expérience, la connaissance pratique de l'expert, et non la théorie que l'on peut trouver dans les livres;
- La détermination de l'ensemble des faits et règles qui vont composer la base de connaissances est **un problème délicat**.

13

➔ Représentation de la connaissance

- La représentation des connaissances (**RC**) est **la partie d'IA** qui s'intéresse à la façon dont un être humain utilise ce qu'il sait pour décider quoi faire.
- C'est le **transfert des connaissances d'un expert** vers une machine.
- **Ensemble d'outils et de technologies** destinés à **représenter et organiser** le savoir humain (**modélisation linguistique**) afin de **l'utiliser et le partager** (applicable pour le raisonnement).
- **Formalisme(s)** utilisé(s) pour construire un modèle concernant un domaine ou une spécialité.

1

➔ Approches de la RC

- En matière de représentation de connaissances, on distingue trois approches distincts :
 - **Approche procédurale.**
 - **Approche déclarative.**
 - **Approche mixte ou hybride.**

15

➔ Approches de la RC

Approche procédurale:

- Représentation de **nature algorithmique**;
- La connaissance est une **collection de procédures** qui indiquent explicitement comment utiliser une telle connaissance;
- Un **cheminement entre les procédures** est imposé pour atteindre le but;
- Les langages de programmation *C, Pascal, Cobol, Fortran* ont une approche procédurale: le programmeur écrit un programme (données + procédures) en explicitant les instructions à exécuter par l'ordinateur.

16

➔ Approches de la RC

Approche déclarative

- La connaissance est une **collection de faits et de règles d'inférences**;
- Une connaissance déclarative **ne contient pas son mode d'emploi**;
- Les langages de programmation *Clips*, *Lisp* et *Prolog* sont dits déclaratifs: le programmeur décrit les faits, les règles d'inférences et le but à atteindre et le compilateur ou l'interpréteur s'occupe du « comment il faut faire » pour atteindre le but.

17

➔ Approches de la RC

Approche hybride

- **Approche déclarative + Approche procédurale**;
- **Usage simultané ou combiné** des deux approches;
- Langages procéduraux ou déclaratifs avec adjonction du concept objet: Clips 6.20, Simula-67, C++, Ada-95.

18

➔ Approches de la RC

Exemples de modélisation dans les deux approches déclarative et procédurale:

Exemple : modélisation dans le domaine des pathologies.

• Approche procédurale

Procédure Maladie A

Début

Vérifier symptôme 1

Vérifier symptôme 2

...

Vérifier symptôme n

Fin



Connaissances sur la
Maladie A
+
Méthode de diagnostic de
la Maladie A

19

➔ Approches de la RC

Exemples de modélisation dans les deux approches déclarative et procédurale

Exemple : modélisation dans le domaine des pathologies

• Approche déclarative

Première étape :

Décrire les connaissances du domaine (Maladie A)

R1 : Si Symptôme 1 & Symptôme 2 & ... Symptôme n

Alors Maladie A

Seconde étape :

Définir les procédures d'exploitation des connaissances descriptives : écrire le moteur d'inférences

20

➔ Formalisme de RC

- Quelle que soit la catégorie de la connaissance impliquée dans la résolution d'une problématique, il prime avant tout de la représenter sous une **forme compréhensible (formalisme) par un programme informatique.**
- **Formalisme:** ensemble de symboles et de règles caractérisant les arrangements possibles de ces symboles dans le but de représenter un objet du monde réel ou un concept abstrait.
- Il n'existe pas de formalisme idéal.

21

➔ Types de formalisme

Logique:

- mis en évidence par des mathématiciens;
- utilise la logique mathématique comme outil de représentation;
- Règle de production, logique propositionnel, logique de premier ordre,...

Sémantique:

- mis en évidence par des linguistes;
- utilise la sémantique des phrases pour la représentation des connaissances;
- Réseaux sémantiques.

Hybride

- mise en évidence par des chercheurs en psychologie : entre la sémantique et la logique.
- Orienté-objet, Frames (schémas), Scripts (scénarios), Plans.

- ❖ Ces formalismes entrent dans le cadre des représentations déclaratives, mais, ils font appel à des représentations procédurales lorsqu'il s'agit de manipuler les connaissances déclaratives pour trouver une solution à un problème donné.



22

➔ Formalisme: Règle de production

- Elles sont utilisées par les experts pour exprimer des connaissances opératoires pour former une règle.
- Elles sont représentées sous la forme: Si (prémisses) Alors (conclusions).
Si « lumière est verte » Alors « action est go ».
Si « lumière est rouge » Alors « action est stop ».
- Connaissances servant à faire le lien entre des informations connues et d'autres informations que l'on peut déduire ou inférer.
- Le terme production vient du mécanisme qui consiste à produire des faits à partir des faits initiaux et des règles d'inférences.
- Elles sont souvent utilisées **en conjonction** avec des systèmes à base de la logique mathématique.
- Formalisme le plus répandu dans le domaine des systèmes experts (systèmes à BC).

23

➔ Formalisme: Méta-Règles

Elles traduisent une connaissance sur l'utilisation et le contrôle de la connaissance du domaine. Elles disent comment utiliser les autres règles.

- Si voiture ne démarre pas & système électrique est normal Alors exploiter les règles concernant le système d'alimentation en essence.

24

Formalisme: Logique propositionnelle

- Logique **d'ordre zéro**.
- Langage formel constitué d'une **syntaxe** et d'une **sémantique**.
- La syntaxe décrit l'ensemble des **formules** qui appartiennent au langage.
- La sémantique permet de **donner un sens aux formules** du langage.
- Le vocabulaire de la logique des propositions est constitué:
 - Des **propositions** que l'on désignera par les lettres minuscules de l'alphabet (atomes) → représentent des énoncés qui peuvent être soit vrais soit faux : $\{p, q, r, \dots\}$;
 - Des **connecteurs logiques**: $\{\neg, \vee, \wedge, \Rightarrow, \Leftrightarrow\}$;
 - Des **parenthèses**: $\{()\}$.

25

Formalisme: Logique propositionnelle

Exemple: on considère les propositions suivantes:

- Si Ahmed est rentré chez lui, alors Ali est allé au cinéma;
- Sarah est à la bibliothèque ou Ahmed est rentré chez lui;
- Si Ali est allé au cinéma, alors Sarah est à la bibliothèque ou Ahmed est rentré chez lui;
- Sarah n'est pas à la bibliothèque et Ali est allé au cinéma;
- Ahmed est rentré chez lui.

Notons:

- m : la proposition Sarah est à la bibliothèque.
- j : la proposition Ali est allé au cinéma.
- p : la proposition Ahmed est rentré chez lui.

- ✓ $p \Rightarrow j$
- ✓ $m \vee p$
- ✓ $j \Rightarrow (m \vee p)$
- ✓ $\neg m \wedge j$
- ✓ p

26

Formalisme : Logique de prédicat

- Logique d'ordre 1.
- Un prédicat P est une fonction prenant l'une de valeurs vrai ou faux suivant la valeur de ses arguments (nombre fini de variables ou de constantes).
- Un prédicat peut être vu comme une fonction propositionnelle:
La mer est bleue; le prédicat est **bleu (x)**.
- Le vocabulaire de la logique des prédicats est constitué de cinq classes de symboles:
 - Les **constantes** : $\{a, b, c, \dots\}$;
 - Les **variables** : $\{W, X, Y, \dots\}$;
 - Les **fonctions et les symboles de prédicats**: $\{F(), G(), \dots\}$;
 - Les **connecteurs logiques**: $\{\neg, \vee, \wedge, \Rightarrow, \Leftrightarrow\}$;
 - Les **quantificateurs**: $\{\forall, \exists\}$.

27

Formalisme : Logique de prédicat

Exemple:

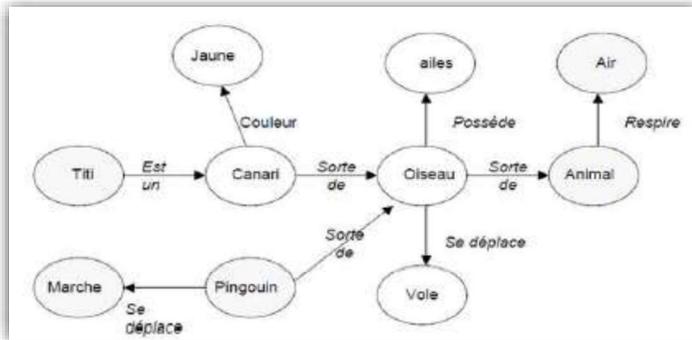
- Ahmed est plus grand que Sarah : **grand(Ahmed, Sarah)**
- Ali a vu Samia et elle ne l'a pas vu : **$\text{Vu}(\text{Ali}, \text{Samia}) \wedge \neg \text{Vu}(\text{Ali}, \text{Samia})$**
- Si Ahmed est un homme, alors il est mortel: **$\text{homme}(\text{Ahmed}) \Rightarrow \text{mortel}(\text{Ahmed})$**
- Un chat est entré: **$\exists X (\text{chat}(X) \wedge \text{entre}(X))$**
- Certains enfants ne sont pas malades : **$\exists X (\text{enfant}(X) \wedge \neg \text{malade}(X))$**
- Tous les éléphants ont une trompe : **$\forall X (\text{elephant}(X) \Rightarrow \text{trompe}(X))$**
- Tous les hommes n'aiment pas Marie : **$\forall X (\text{homme}(X) \Rightarrow \neg \text{aime}(X, \text{Sarah}))$**

28

Formalisme: Réseau sémantique

- Réseau sémantique est un graphe orienté et étiquetés dont les noeuds sont les objets du domaine (concepts, individus, actions,...) et les arcs sont les relations entre les objets.
- Les nœuds jouent le rôle des termes et les arcs celui des prédicats en logique.

- Réseau sémantique est un ensemble de triplets (objet, relation, objet).



29

Formalisme: Réseau sémantique

Les réseaux sémantiques utilisent généralement deux relations très particulières concernant des objets de l'un des types individu ou classe :

- **est_un (instance)** : relation entre un individu et une classe exprimant l'appartenance ;
- **sorte_de** : relation entre deux classes exprimant l'inclusion.

Exemple 1: "les canaris /sont des /oiseaux"

- canaris et oiseaux = concepts (nom communs) -> classe.
- sont des = relation -> inclusion de classes (lien « sorte_de »).



Exemple 2: "Titi /est un /canari"

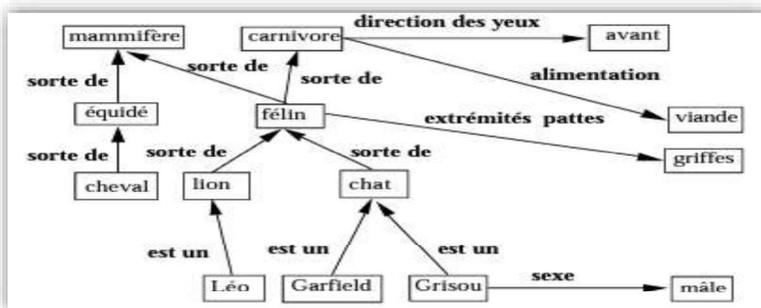
- canari = concept.
- Titi = individu (nom propre) -> élément d'un ensemble
- est_un = relation -> appartenance d'un élément à une classe.



30

Formalisme: Réseau sémantique

Exemple 3: un félin est un carnivore. Un carnivore est un animal qui a les yeux dirigés vers l'avant et qui mange de la viande. Les pattes d'un félin ont des griffes à leurs extrémités. Un félin est un mammifère. Grisou et Garfield sont des chats. Grisou est un chat mâle. Léo est un lion. Les chats et les lions sont des félins. Un cheval est un équidé. Un équidé est un mammifère.



31

Formalisme: Frame (ou schéma)

- Frame constitue la base des langages objet.
- Frame est structure de représentation d'une connaissance d'un concept ou objet.
- Frame constitue d'un cadre dans lequel sont rassemblées l'ensemble d'informations ou les caractéristiques d'un objet.
- Structure dynamique : ajout, modification, suppression.

Exemple:

Frame Personne:

Nom: chaîne de caractères

Prénom: chaîne de caractères

Sexe: élément de [F, M]

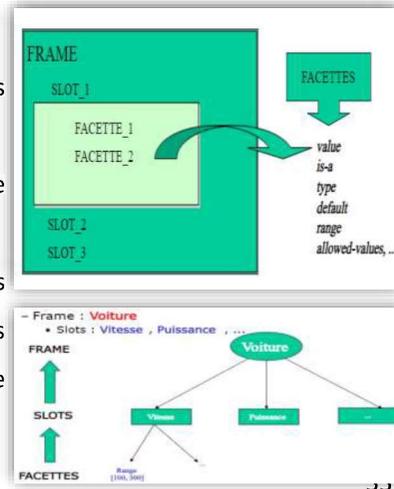
Année de naissance: entier.

32

➔ Formalisme: Frame (ou schéma)

Les composants de base des Frames :

- Les informations d'un objet sont représentés sous forme d'attributs «ou slots ».
- Les attributs (slots) sont décrit par un ensemble de facettes et leurs valeurs.
- Les facettes d'un attribut décrit des informations descriptives ou la description du comportement de ses valeurs (sa nature, sa valeur,...): facette d'héritage (is_a), facette d'initialisation (default, value),...



➔ Formalisme: Frame (ou schéma)

Les composants de base des Frames :

- Les valeurs d'attributs sont elle-mêmes des frames ou des références à des frames.
- Les facettes 'si-ajout', 'si-modif' et 'si-supprime' sont suivies de la description d'une procédure (démon), appelée respectivement en cas d'ajout, de modification et de suppression d'une valeur de l'attribut.

```
(personne#1
  (est-un (valeur Personne))
  (nom (valeur "Arthur"))
  (a-pour-père (valeur personne#10))
  (date-naissance (valeur date#2)) )
(date#2
  (est-un (valeur Date))
  (jour (valeur 14))
  (mois (valeur "juillet"))
  (année (valeur 1950)) )
```

```
(Carré
  (largeur (doit-être réel))
  (si-modif (calculer-surface largeur)) )
(surface (doit-être réel)) )
```

34

➔ Comment choisir un bon formalisme

- Dépend de la nature d'application/domaine;
- Extensibilité: la capacité à acquérir de nouvelles connaissances;
- Transparence: cachant la complexité des opérations;
- Explication : la capacité d'expliquer –aux humains- les raisonnements effectués sur les connaissances (plus précisément leur représentation);
- Clarté;
- Efficacité de programmation;
- Efficacité de la modélisation;
- Equilibre déclaratif/procédural;
- ...

35

Merci pour votre Attention

Vos Questions !!