



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

**Intelligence Artificielle**  
 Chapitre 3: Fonctionnement d'un SE  
 Partie2: Fonctionnement du moteur d'inférence

S. Bella  
 Bella.salyma@gmail.com

L3 – Systèmes Informatiques  
 2021/2022

# Plan



**01**

**Moteur d'inférence avec le cycle de base**



**02**

**Caractéristiques d'un MI**



01

## Moteur d'inférence avec le cycle de base

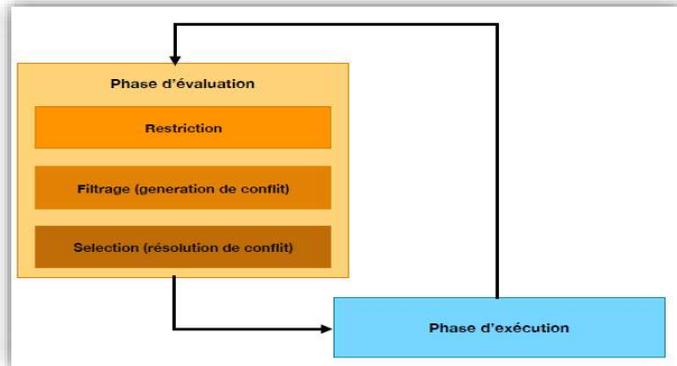
## ➔ Moteur d'Inférence (MI) (Inference Engine)

- Moteur d'inférence (MI)** (appelé parfois **moteur de résolution**) est le **cerveau du SE** qui permet de simuler la réflexion de l'expert humain;
- MI est un **composant logiciel d'un SE** qui effectue la sélection et l'application des règles en vue de la résolution d'un problème donné;
- MI est un **programme chargé d'exploiter la BC** en fonction de la BF afin de mener un raisonnement (déductifs ou inductifs) sur le problème posé;
- MI permet aux systèmes experts de **conduire des raisonnements logiques et de dériver des conclusions** à partir d'une base de faits et d'une base de règles;
- MI exploite la BR en consultant la BF, pour **déduire de nouveaux faits**.



## → Cycle de base d'un MI

- Le MI contrôle le raisonnement, en enchaînant une **séquence de cycles** jusqu'à aboutir au résultat désiré ou jusqu'à la saturation.
- Un cycle de travail comporte deux phases :



5

## → Cycle de base d'un MI

**Phase d'évaluation:** elle s'effectue généralement en trois étapes:

- **Etape1 - Restriction** : cette étape optionnelle concerne une première sélection d'un sous-ensemble de règles (**R1**) dans la base des règles qui → a priori- mérite d'être considéré dans l'étape suivante. Ce choix dépend de l'état courant de la base de faits (**BF1**). Elle permet de réduire le temps du traitement.
- **Etape2 - Filtrage ou Génération de conflits:** parmi l'ensemble retenu à l'étape précédente, cette étape retient un sous-ensemble (**R2**), dit de conflit, qui contient seulement les règles effectivement applicables qui sont, généralement, celles dont le côté gauche (côté 'condition' dit aussi 'prémises') est satisfait au vu de l'état actuel de la base de faits (**BF1**).

6

## → Cycle de base d'un MI

- **Etape3 - Sélection ou Résolution de conflits:** parmi les règles retenues suite au filtrage, le MI choisit les règles (**R3**) qui doivent être effectivement déclenchées selon une **stratégie ou une heuristique**;
- **Plusieurs stratégies/ heuristiques de sélection :**
  - La première (selon l'ordre dans la BR) qui est filtrée;
  - La règle la plus propriétaire suivant un ou plusieurs critères définis par l'expert;
  - La règle dont la partie condition détaille le mieux la base des faits;
  - Une nouvelle règle qui vient d'être déclenchée, et qui n'était pas apparue précédemment;
  - Déclenchement prioritaire des règles amenant le plus grand nombre de conclusions;
  - Par un ordre tout simplement arbitraire;
  - ...

7

## → Cycle de base d'un MI

**Phase d'exécution:** le MI va exécuter les règles (**R3**) obtenues à la fin de la phase d'évaluation, modifiant ainsi la base de faits.

- On inclut dans la BF, les faits de la partie conclusion (ou prémisse) de la règle déclenchée;
- Si le but est atteint la recherche est arrêtée, sinon, un nouveau cycle est déclenché.
- Généralement, cette phase consiste à **ajouter des faits à la BF**, mais il est aussi possible d'en retirer d'autres ou de déclencher des réactions ou exécuter des tâches supplémentaires : Si R3 est vide certains moteurs s'arrêtent. Certains opèrent des **retours arrières** pour remettre en cause certains déclenchements des règles.

8

## ➔ Cycle de base d'un MI

Le moteur d'inférence exécute ces différentes phases de façon cyclique jusqu'à une **condition d'arrêt** soit vérifiée :

- Un objectif atteint;
- Étape de filtrage ne fournit aucune règles potentiellement applicable;
- Épuisement de toutes les règles.

9



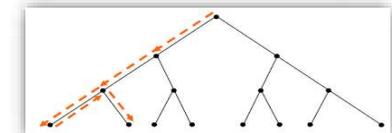
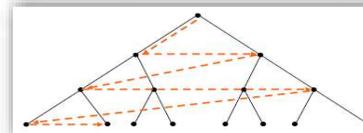
## ➔ Caractéristiques d'un MI

- L'objectif recherché par un MI lorsqu'il enchaîne des cycles de travail est de trouver une solution au problème (question) posé.
- Ceci peut être modélisé comme le **parcours d'un arbre de recherche** dont la **racine** correspond à **l'état initial de la BF** et les différents **arcs** correspondent à **l'application d'une règle déclenchable**.
- La manière dont cette recherche est effectuée dépend des **caractéristiques du MI** utilisés qui peuvent être divisées en trois catégories :
  - ❖ Stratégie de recherche ou de résolution de conflit ;
  - ❖ Critère de monotonie;
  - ❖ Régime de contrôle;
  - ❖ Mode de raisonnement.

11

## ➔ Stratégies de recherche

- Les stratégies de recherche de la solution les plus fréquentes sont :
  1. **Recherche en largeur d'abord**: on développe toutes les règles (ensemble de conflits) d'un même niveau de l'arbre l'une après l'autre avant de passer au niveau suivant (parcours « de gauche à droite et de haut en bas »);
  2. **Recherche en profondeur d'abord**: on passe d'un niveau à un autre à chaque fois qu'on déclenche une règle et on ne revient aux règles restantes que si on épuise toutes les règles en profondeur sans avoir trouvé la solution (parcours « de haut en bas et de gauche à droite »). Le retour-arrière dans le cas où la recherche en profondeur échoue sera appelée : **backtracking**.
- Un MI à **chaînage avant ou arrière** peut être en **profondeur d'abord** ou **largeur d'abord**.



12

## ➔ Régime de contrôle

Un MI peut être caractérisé par sa conduite dans le cas où sa phase d'exécution déboucherait sur un échec (par exemple, si R3 est vide). A ce niveau, il existe deux types de conduite :

- **Irrévocable:** les choix pris (ensemble des règles à appliquer) ne sont jamais remis en cause et si une règle est vide ou s'il n'y a plus de règles à appliquer, le MI **s'arrête et signale un échec sans faire de retour-arrière**. On dit alors que ce type de moteur suit un régime irrévocable.
- **Tentative (Backtracking):** le régime par tentative peut remettre en cause l'application d'une règle si ce choix débouche sur un échec, et **faire un backtracking (retour-arrière)** pour essayer une règle écartée en retirant aussi les faits qui en étaient déduits.

13

## ➔ Critère de monotonie

Un moteur d'inférence MI peut être :

### Monotone :

- **L'état de véracité** (validité) de connaissance **ne change pas** (statique), c.à.d., les faits produits **ne sont pas remis en cause**;
- Le MI ne fait qu'**ajouter des faits à la BF et n'élimine jamais une règle de BR**;
- Toutes règles sont considérées correctes jusqu'à la fin du raisonnement.
- On peut faire un **retour-arrière**, mais les faits précédemment déduits ne sont pas retirés de la BF.

### Non monotone :

- **L'état de véracité de la connaissance change** (dynamique).
- Le MI peut en cas de **retour arrière** par exemple **retrancher de la BF un fait précédemment ajouté** qui peut se révéler **contradictoire**!
- De même pour **les règles en contradictions avec d'autres**.

14

## ➔ Mode de raisonnement

Le MI peut être à **Chaînage Avant (raisonnement déductif)** ou à **Chaînage Arrière (raisonnement inductif)**.

- **Chaînage avant (Raisonnement guidé par les données vers les buts)**, basé sur la règle d'inférence « le **modus ponens** »: **Si** (A  $\Rightarrow$  B **ET** A ) **ALORS** B
- **Chaînage arrière** (Raisonnement guidé par les buts vers les données), basé sur la règle d'inférence « le **modus tollens** » : **Si** (Non B **ET** A  $\Rightarrow$  B ) **ALORS** Non A

15

## ➔ Mode de raisonnement: chaînage Avant

- Pour **déduire un F particulier** dans le chaînage avant, on **déclenche les règles** dont les **prémisses sont connues**, jusqu'à ce que le F à déduire soit **connu** (on parle alors de saturation) ou qu'**aucune règle ne soit plus déclenchée**.
- Une règle n'est déclenchée qu'une seule fois puisque ses prémisses restent dans BF et l'algorithme termine toujours.
- Le chaînage avant procède généralement par un **régime irrévocable et monotone**:
  - Le système **n'a pas de but**, il déclenche des règles jusqu'à **épuisement ou arrêt**;
  - Le déclenchement d'une règle **n'est pas remis en cause** (irrévocabilité);
  - Les faits établis dans la BF **demeurent par suite** (monotonie).
- Il est **simple à implémenter** tout en permettant de répondre plus rapidement à tout nouveau fait ajouté.
- Le système **active toutes les règles applicable** même si celles-ci ne présentent aucune intérêt dans la résolution du but recherche.

16

## ➔ Mode de raisonnement: chaînage Arrière

- Un moteur d'inférence en chaînage arrière **part du but** et essaie de 'remonter' aux faits **pour le prouver**;
- Les règles sélectionnées sont celles dont **la conclusion (ou action) correspondant au but** cherché;
- Les **prémisses/conditions** de ces règles deviennent elles aussi **des sous buts à prouver** et ainsi de suite;
- Cet enchaînement **s'arrête** lorsque tous les **sous buts sont prouvés- le but est alors lui aussi prouvé** - ou lorsqu'il **n'est plus possible de sélectionner des règles**.
- Le chaînage arrière nécessite un régime de contrôle par **tentatives**.
- Le système active que les **règles pertinentes** à la résolution du problème.
- **Risque de bouclage** (pour démontrer A il faut prouver B, et pour démontrer B il faut prouver A...).

17

## ➔ Mode de raisonnement

### Quel chaînage utiliser ?

Les caractéristiques du problème vont conditionner le choix du chaînage:

- Les **faits sont peu nombreux** ou le **but est inconnu** => **chaînage avant**.
- Les cas où **les buts sont peu nombreux** ou **précis** => **chaînage arrière**.

18

## ➔ Exercices

Voir la fiche TD.

19

**Merci pour votre Attention**

**Vos Questions !!**