



Le Mans Université

Représenter les connaissances :

Modèles, Logiques, Prolog et Moteurs d'Inférences (suite)

Valérie Renault

16 septembre 2021 - TD1



Rappels : Éléments de logique

Moteurs d'inférences des SBRP



Comprendre comment une machine peut "**raisonner**"...

- ▶ Comprendre comment "coder" les connaissances dans une machine ;
- ▶ Comprendre l'architecture de type d'un **Système à Base de Connaissances** (SBC) ;
- ▶ Connaître les différentes **logiques** permettant de représenter des connaissances ;
- ▶ Comprendre comment "raisonne" un SBC ;

Proposition = Formule bien formée



Une FBF comporte :

Instances : représentées par des symboles ou des lettres minuscules

Jacques, Vert, Bloc, a, b, c, ...

Prédicats : symboles prenant un nombre fixe d'arguments (0-n)

il-pleut, Etudiant(Jacques), Age(Jacques, 25)

Fonctions : retournant les propriétés d'un symbole

Oncle(Jacques) :Pierre, Age(Jacques) :25



- ▶ $\text{P\`ese}(\text{Jacques}, 78)$
- ▶ $\neg \text{Ecrivain}(\text{Mozart})$
- ▶ $\text{Cousin}(\text{Fils}(\text{Jean}), \text{Neveu}(\text{Jean}))$
- ▶ $\text{Lit}(\text{Pierre}, \text{Candide}) \wedge \text{Auteur}(\text{Voltaire}, \text{Candide})$
- ▶ $\text{Humain}(\text{Socrate}) \Rightarrow \text{Mortel}(\text{Socrate})$



On peut donner une valeur à une FBF par rapport à une interprétation donnée, en utilisant les tables de vérité des différents connecteurs :

- ▶ ou : \vee
- ▶ et : \wedge
- ▶ not : \neg
- ▶ implication : \Rightarrow

Il existe aussi des quantificateurs :

- ▶ il existe : \exists
- ▶ quelque soit : \forall



- ▶ $\neg(\neg X)$ est équivalent à X
- ▶ Lois associatives
 - ▶ $(X \vee Y) \vee Z$ équivalent à $X \vee (Y \vee Z)$
 - ▶ $(X \wedge Y) \wedge Z$ équivalent à $X \wedge (Y \wedge Z)$
- ▶ Lois commutatives
 - ▶ $X \vee Y$ équivalent à $Y \vee X$
 - ▶ $X \wedge Y$ équivalent à $Y \wedge X$
- ▶ Lois de distribution
 - ▶ $X \vee (Y \wedge Z)$ équivalent à $(X \vee Y) \wedge (X \vee Z)$
 - ▶ $X \wedge (Y \vee Z)$ équivalent à $(X \wedge Y) \vee (X \wedge Z)$



- ▶ $(X \vee Y)$ équivalent à $\neg X \Rightarrow Y$
- ▶ Loi de Morgan
 - ▶ $\neg (X \wedge Y)$ équivalent à $\neg X \vee \neg Y$
 - ▶ $\neg (X \vee Y)$ équivalent à $\neg X \wedge \neg Y$
- ▶ Loi de contraposée
 - ▶ $X \Rightarrow Y$ équivalent à $\neg Y \Rightarrow \neg X$

Exemple : Loi de Morgan

$\neg (\text{il-pleut} \wedge \text{je-prends-mon-parapluie})$ équivalent à
 $\neg \text{il-pleut} \vee \neg \text{je-prends-mon-parapluie}$



- ▶ **Valide** : vraie dans toute interprétation (tautologie) ;
- ▶ **Inconsistante** : fausse dans toutes les interprétations ;
- ▶ **Consistante** : il existe une interprétation pour laquelle elle est vraie ;



- ▶ Une **règle d'inférence** (RI) est un procédé pour dériver à partir d'un ensemble de FBF donnés (les axiomes) un ensemble d'autres FBF (les théorèmes).
- ▶ Une chaîne de dérivation s'appelle une preuve.
- ▶ Exemples de règles d'inférences :
 - ▶ **Modus Ponens** : De G et $(G \Rightarrow H)$ on dérive H .
 - ▶ **Modus Tollens** : De $\neg H$ et $(G \Rightarrow H)$ on dérive $\neg G$.



C'est un mécanisme qui permet d'inférer des connaissances nouvelles à partir de la base de connaissances du système.

Phase **évaluation** :

- ▶ **Sélection** (ou restriction) : privilégier tel groupe de règles BR1 ou de faits BF1 dans la BC (BR, BF) ;
- ▶ **Filtrage** (ou pattern-matching) : comparer les déclencheurs de règles BR2 par rapport aux faits BF1. BR2 : l'ensemble des conflits ;
- ▶ **Résolution des conflits** (ou matching) : déterminer les règles BR2 qui doivent être effectivement déclenchées ;

Phase **exécution** des règles : application de la règle choisie.



- ▶ Règles simplificatrices au début ;
- ▶ Règles expansives (qui augmentent la longueur de la formule) à la fin ;
- ▶ Règles qui s'appliquent souvent au début ou à la fin ;
- ▶ ...

Les règles que l'on veut appliquer en dernier doivent être rejetées à la fin de la base



Algorithme Chaînage Avant (BF, BR, Fait)

Début

Tant que Fait n'est pas dans BF
et qu'il existe dans BR une règle applicable

Faire:

Choisir une règle applicable R (heuristiques)

$BR = BR - R$ /* désactivation de R*/

$BF = BF \cup \text{conclusion}(R)$

Fin tant que

Si F appartient à BF Alors F est établi

Sinon F n'est pas établi

Fin



Soit BR :

- R1: $A \rightarrow E$
- R2: $B \rightarrow D$
- R3: $H \rightarrow A$
- R4: $E \wedge G \rightarrow C$
- R5: $E \wedge K \rightarrow B$
- R6: $D \wedge K \rightarrow C$
- R7: $G \wedge K \wedge F \rightarrow A$

exemple 1 : BF initiale $\{H, K\}$

exemple 2 : BF initiale $\{G, F, H, K\}$



- ▶ Il s'arrête toujours.
- ▶ Si on utilise des règles dont les conclusions peuvent être des faits négatifs, pour tout fait F , il peut se produire 4 situations :
 - ▶ $F \in BF$: le fait est établi ;
 - ▶ $\neg F \in BF$: la négation du fait est établie ;
 - ▶ ni F ni $\neg F$ ne sont dans la BF : le système ne peut rien déduire à partir de ce fait - l'interprétation peut être diverse ;
 - ▶ $\neg F$ et $F \in BF$: la base de fait est incohérente. Pour cela, on peut prévoir un fait : BaseFait-Incohérente et une Méta-Règle :
si $\exists F$ tq $F \in BF$ et $\neg F \in BF$ alors BaseFait-Incohérente



- ▶ Déclenche toutes les règles ;
- ▶ Demande beaucoup de faits initiaux ;
- ▶ Explosion combinatoire possible ;



Algorithme Chaînage Arrière(BF, BR, Fait)

Début

- Phase de filtrage
- Si ensemble des règles sélectionnées est vide
alors questionner utilisateur
- Sinon :
 - Tant que F n'est pas dans la BF
et qu'il reste des règles sélectionnées
 - Faire
 - Phase de choix = résolution des conflits
 - Ajouter les sous-buts correspondant à la partie
gauche de la règle élue
 - Si un sous-but n'est pas résolu Alors le résoudre

Fin

Fin



Soit BR :

- R1: $A \rightarrow E$
- R2: $B \rightarrow D$
- R3: $H \rightarrow A$
- R4: $E \wedge G \rightarrow C$
- R5: $E \wedge K \rightarrow B$
- R6: $D \wedge K \rightarrow C$
- R7: $G \wedge K \wedge F \rightarrow A$

exemple 1 : BF initiale $\{H, K\}$

exemple 2 : BF initiale $\{G, F, H, K\}$

But : D vrai ?



- ▶ Algorithme un peu plus compliqué (construction d'un arbre ET/OU) ;
- ▶ Système interactif à la demande (distinguer les faits demandables et les faits non demandables) ;
- ▶ Arbre de recherche est plus petit ;
- ▶ Risque de bouclage ;



Algorithme Chaînage Mixte(BF, BR, Fait)

Début

Tant que F n'est pas déduit mais peut encore l'être

Faire

- saturer la base de faits par chaînage avant
- chercher quels sont les faits encore éventuellement déductibles
- déterminer une question pertinente à poser à l'utilisateur et ajouter sa réponse à la BF

Fin Tant que

Fin



- ▶ **Monde clos** : en absence de fait, on en déduit son contraire (interprétation de la négation par l'absence) ;
- ▶ **Monde ouvert** : on ne tient compte que des faits explicitement connus (déduits, donnés) ;

Monde clos

Si maux-de-tête \wedge frisons \Rightarrow Etat-grippal

par défaut on suppose \neg vomissement

Si maux-de-tête \wedge frisons \wedge vomissement \Rightarrow Gastro



Jean et Alain sont deux personnages dont l'humeur est régie par ce principe général assez réaliste :

« Jean et Alain sont de bonne humeur s'ils ont de l'argent et s'ils sont en vacance au soleil, ou bien s'ils réussissent à la fois dans le travail et dans leurs familles respectives ».

Par ailleurs, on sait que :

- ▶ Jean et Alain ont tout deux de l'argent. Jean et Alain réussissent dans leur travail.
- ▶ Jean part en vacances en août et Alain en juillet. Il y a du soleil en août mais on est en juillet.
- ▶ Alain réussit dans sa famille

Chaînage arrière

Qui est heureux ?

Exercice : Monde clos / monde ouvert



22

- ▶ R1 : SI bateau ET voiles ET sport ALORS voilier
- ▶ R2 : SI bateau ET plaisance ET voiles ALORS voilier
- ▶ R3 : SI est-habitable ALORS de-croisière ET non-se-porte
- ▶ R4 : SI bateau ET moteur ALORS bateau-à-moteur
- ▶ R5 : SI voiles ET bateau-à-moteur ET de-croisière ALORS voilier-mixte
- ▶ R6 : SI voilier ET de-croisière ET timonerie ET lourd ALORS voilier-mixte
- ▶ R7 : SI voilier ET nombre-de-mats=1 ALORS un-mat
- ▶ R8 : SI voilier ET non nombre-de-mats=1 ALORS deux-mats
- ▶ R9 : SI deux-mats ET mats-d-artimon-inférieur-à-mat-d-avant ALORS non-goélette
- ▶ R10 : SI deux-mats ET non mats-d-artimon-inférieur-à-mat-d-avant ALORS goélette
- ▶ R11 : SI non-goélette ET artimon-arrière-derrière-la-barre ALORS yawl
- ▶ R12 : SI non-goélette ET non artimon-arrière-derrière-la-barre ALORS ketch
- ▶ R13 : SI un-mat ET foc ET trinquette ALORS cotre
- ▶ R14 : SI un-mat ET foc ET non trinquette ALORS sloop
- ▶ R15 : SI voilier-mixte ET ventru ET large ALORS fifty

A quel type de bateau a-t-on à faire si la base de faits initiale est : bateau, voile, sport, moteur ?

Exercice : Monde clos / monde ouvert



code	Mot	demandable	affichable
1	bateau		
2	voiles	X	
3	sport		
4	voilier		
5	plaisance	X	
6	est habitable	X	
7	de croisière		
8	se porte		
9	moteur	X	
10	bateau à moteur		
11	voilier mixte		
12	nombre de mats = 1	X	
13	un mat		
14	deux mats		
15	mat d'artimon inférieur à mat d'avant		
16	artimon derrière la barre		
17	goélette	X	X
18	yawl		X
19	ketch		X
20	foc		
21	trinquette	X	
22	cotre		X
23	sloop		X
24	ventru		
25	large	X	
26	fifty		X
27	timonerie		
28	lourd		