

Systemes experts

MASTER 1 /IUP 3 Informatique

ISTV

Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis

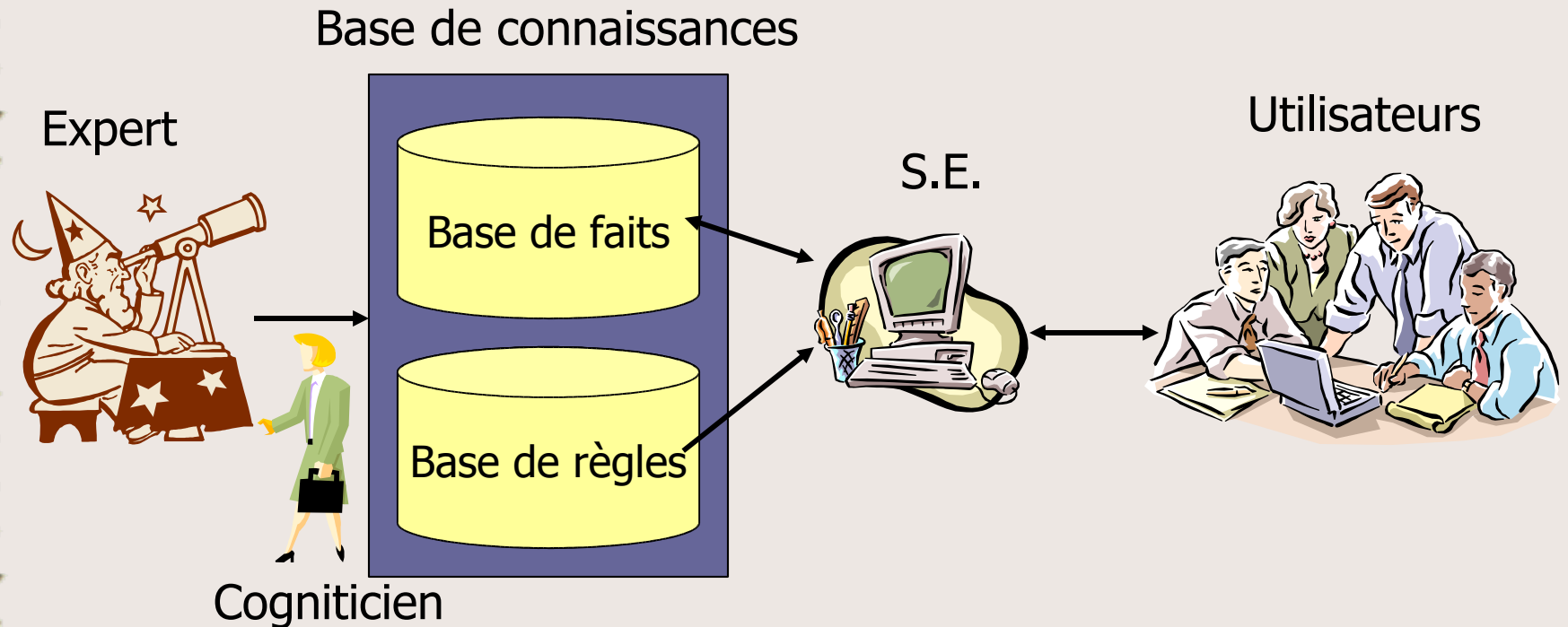
E. ADAM

Introduction

- Premiers Systèmes Experts fin 1970
- But du SE = reproduire le comportement d'un expert humain (d'un domaine particulier)
- Objectifs : classification, aide à la décision
- Nécessite qu'un expert l'alimente en faits et en règles

Composition d'un S.E.

- SE = base de faits + base de règles + moteur d'inférences
(+ meta règles + agenda)



Composition d'un S.E.

- De nombreuses utilisations, par exemple :
 - Usinor - aide à la conduite de haut fourneau :
 - « **Intelligence artificielle, contrôle et haut fourneau**
 - Le fait est que la gestion d'un haut fourneau requiert l'intégration simultanée d'un nombre de données qui dépasse les capacités humaines. Le service « Systèmes d'information » d'Usinor a développé un système expert qui suit 3350 variables chaque minute et fournit, sur cette base, des recommandations et des alertes. En permettant la détection précoce d'anomalies, le système rend les opérations plus sûres ; il améliore aussi la stabilité, la qualité du produit ainsi que la durée de vie du haut fourneau. Les économies réalisées ont largement dépassé les espérances et atteignent plusieurs millions d'euros par an pour chaque site! Le système, qui a été breveté, a déjà trouvé des applications dans d'autres secteurs industriels »
 - <http://europa.eu.int/comm/research/press/2000/pr1910fr.html>
 - (Commission européenne, Rechercher, Communiqués de presse, 31/10/2000)
 - Agences de voyage : trouver le meilleur voyage parmi une base de faits importante
 - ...

Base de faits

- Variable :
 - Contient les faits exprimés par l'expert
 - S'enrichit des nouveaux faits déduits
- Type de faits :
 - Booléens : vrai, faux
 - Exemple : activé
 - Symboliques : appartenant à un domaine fini de symboles
 - Exemple : auteur
 - Réels : représentation des faits continus
 - Exemple : température

Formules

- Type de S.E.
 - Ordre 0 : utilisation de faits/formules booléens uniquement :
 - activé, \neg activé
 - Ordre 0+ : faits pouvant être représenté sous la forme :
 - activé \wedge (température < 100 \vee liquide \neq eau)
 - Ordre 1 : faits pouvant utiliser la logique du premier ordre :
 - $\exists x$ liquide(x) \wedge x \neq eau \wedge température(x) < 100
- Condition = formule déclenchant une règle

Base de règles

- Définit la connaissance sous forme de savoir-faire
- N'évolue pas au cours des sessions
- Règle = SI <X> ALORS <conclusion>
 - X = prémisse = conjonction de conditions
 - Condition = 'temperature>100' \wedge 'liquide=eau'
 - Y = conclusion = (fait=valeur)
 - Exemple : 'interrupteur=off'
- Possibilité de coder
 - Si A ou B alors C (écriture sur deux lignes)
 - Si A alors B et C (écriture sur deux lignes)
- Impossibilité de coder :
 - Si A alors B ou C

Moteurs d'inférences

- But : inférer de nouvelles connaissances à partir de la base de connaissance
- Trois temps :
 - Sélection : d'un ensemble de règles pouvant s'appliquer à la base de faits actuelle
 - Résolution de conflit : choix de la meilleure règle à appliquer
 - Déclenchement : exécution de la règle et des opérations de mise à jour
- Trois méthodes :
 - Chaînage avant : déduire un fait
 - Chaînage arrière : donner la liste de faits (et de règles) menant à un fait particulier
 - Chaînage mixte : combine les chaînages avant et arrière

Moteurs d'inférences : chaînage avant

- Déduction d'un nouveau fait à partir des faits et règles existants
- Algorithme
 - soit : BF, une base de faits; BR, une base de règles (conclusion positives);
Fait, le fait que l'on cherche à établir,
 - Recherche de la déduction possible de Fait

ChaînageAvant (BF, BR, F)

DEBUT

TANT QUE $(F \notin BF)$ **ET** $(\exists R \in BR, \text{applicable}(R))$

FAIRE

choisir une règle applicable R (*par metarègles, heuristiques, ...*)

BR = BR - R (*désactivation de R*)

BF = BF union concl(R) (*déclenchement de la règle R, ajout de sa conclusion*)

FIN TANT QUE

SI $F \in BF$ **ALORS** F est établi

SINON F n'est pas établi

FIN

Moteurs d'inférences : chaînage avant

- Exemple : réunion d'amis (issu de <http://www.grappa.univ-lille3.fr/polys/se/sortie003.html>)
 - Soit $BF = \{\text{Benoît}, \text{Cloe}\}$; et
 $BR = \{$
 - (1)($\text{Benoît} \wedge \text{Djamel} \wedge \text{Emma} \rightarrow \text{Felix}$) ;
 - (2)($\text{Gaelle} \wedge \text{Djamel} \rightarrow \text{Amandine}$) ;
 - (3)($\text{Cloe} \wedge \text{Felix} \rightarrow \text{Amandine}$) ;
 - (4)($\text{Benoît} \rightarrow \text{Xena}$) ;
 - (5)($\text{Djamel} \rightarrow \text{Emma}$) ;
 - (6)($\text{Xena} \wedge \text{Amandine} \rightarrow \text{Habiba}$) ;
 - (7)($\text{Cloe} \rightarrow \text{Djamel}$) ;
 - (8)($\text{Xena} \wedge \text{Cloe} \rightarrow \text{Amandine}$) ;
 - (9)($\text{Xena} \wedge \text{Benoît} \rightarrow \text{Djamel}$) }

Peut on déduire $\text{Fait} = \text{Habiba}$?

Moteurs d'inférences : chaînage avant

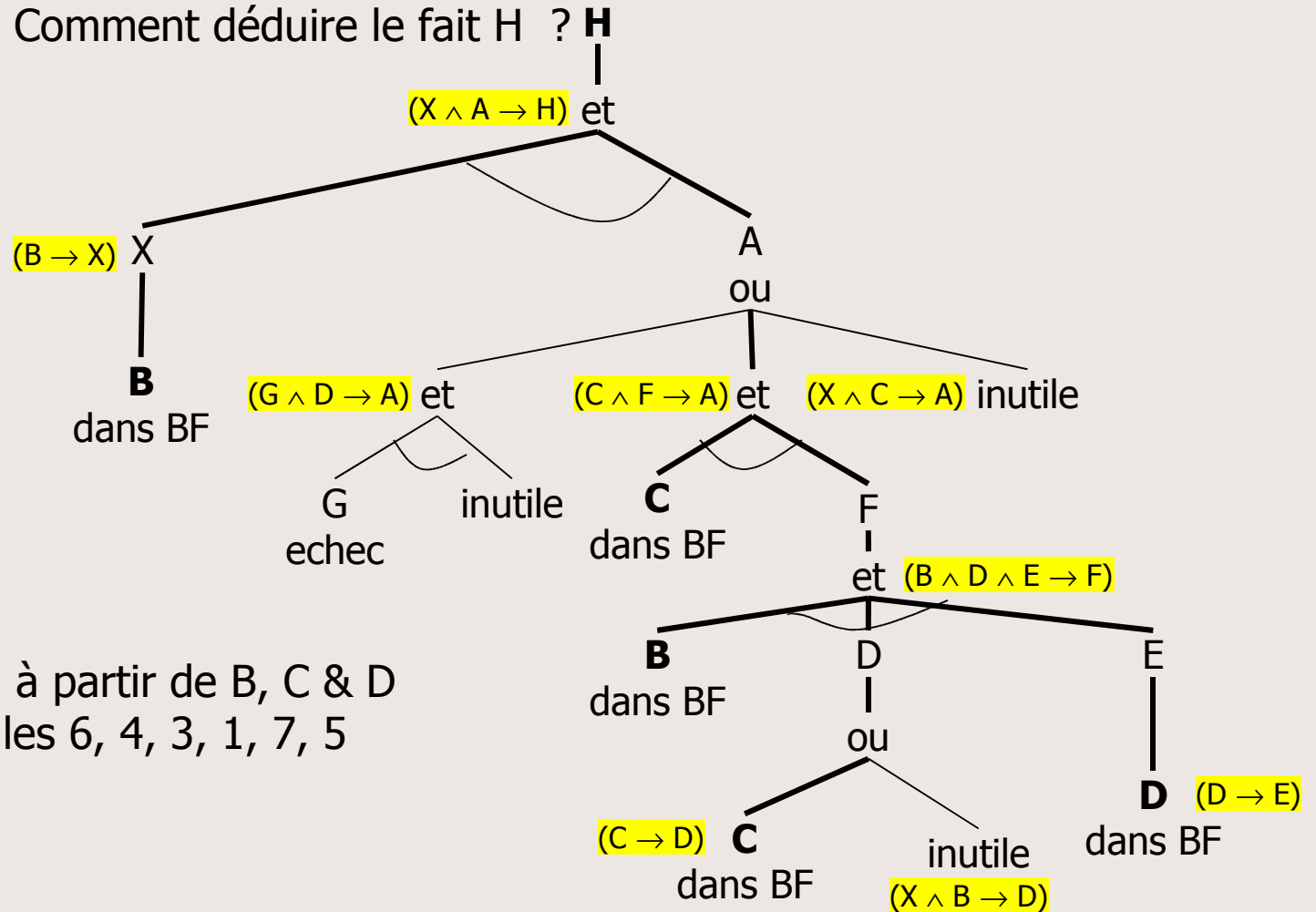
- Remarque sur l'algorithme :
 - Il s'arrête toujours !
 - Il peut être très long !
 - Saturer la base = déduire tous les faits
 - En cas d'utilisation de règles à conclusions négatives, soit :
 - $F \in BF$: Le fait F est établi
 - $\neg F \in BF$: La négation de F est établie
 - $F \notin BF$ et $\neg F \notin BF$: on ne peut rien dire sur F
 - $F \in BF$ et $\neg F \in BF$: la base est incohérente → nécessite un méta fait 'BaseIncohérente' et une méta-règle permettant de le déduire

Moteurs d'inférences : chaînage arrière

- Déduction des causes d'un fait à partir des faits et règles existants
- Exemple (issu de <http://www.grappa.univ-lille3.fr/polys/se/sortie003.html>)
 - Soit $BF = \{Benoît, Cloe\}$; et
BR = {
 - (1)(Benoît \wedge Djamel \wedge Emma \rightarrow Felix) ;
 - (2)(Gaelle \wedge Djamel \rightarrow Amandine) ;
 - (3)(Cloe \wedge Felix \rightarrow Amandine) ;
 - (4)(Benoît \rightarrow Xena) ;
 - (5)(Djamel \rightarrow Emma) ;
 - (6)(Xena \wedge Amandine \rightarrow Habiba) ;
 - (7)(Cloe \rightarrow Djamel) ;
 - (8)(Xena \wedge Cloe \rightarrow Amandine) ;
 - (9)(Xena \wedge Benoît \rightarrow Djamel) }
 - Comment déduire le fait Habiba ?

Moteurs d'inférences : chaînage arrière

- Exemple : Comment déduire le fait H ? **H**



- Réponse : à partir de B, C & D et des règles 6, 4, 3, 1, 7, 5

Moteurs d'inférences : chaînage arrière

- Déduction d'un nouveau fait à partir des faits et règles existants
- Algorithme
 - soit : BF, une base de faits; BR, une base de règles (conclusion positives); Fait, le fait que l'on cherche à établir,
 - Recherche de la déduction possible de Fait

ChaînageArriere (BF, BR, F)

DEBUT

SI (F ∈ BF) **ALORS** ChaînageArriere ← OK

SINON

construire ER ensemble de règles R, telle que F ∈ conclusion(R)

FAIRE

valide ← VRAI

R ← premier element de ER

ER ← ER - {R}

POUR TOUT Fr ∈ premisses(R)

valide ← valide **ET** ChaînageArriere (BF, BR, Fr)

FIN POUR

JUSQU'À (valide **OU** ER ≠ ∅)

SI valide **ALORS** BF = BF ∪ {F}

ChaînageArriere ← valide

FIN

Moteurs d'inférences : chaînage arrière

- Remarque sur l'algorithme :
 - Plus complexe à mettre en œuvre
 - Possibilité de bouclage s'il est impossible de mémoriser le chemin
 - Ne donne pas forcément la solution optimale
 - Possibilité de demander un fait à l'utilisateur (G dans l'exemple précédent) => attribut demandable

Moteurs d'inférences : chaînage mixte

- Combinaison du chaînage avant et arrière
- Algorithme :

CHAINAGEMIXTE (F) // <http://www.grappa.univ-lille3.fr/polys/se/sortie003.html>

DEBUT

TANTQUE 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 base de faits

FIN TANTQUE

FIN

Méta-faits – Méta-conditions – Méta-Règles

- **Meta connaissance** = connaissance sur les faits manipulés
 - Connue : valeur du fait donnée par utilisateur ou déduction
 - Inconnue : valeur du fait non déduite et non demandée à utilisateur
 - Indéterminée : valeur du fait non déduite et inconnue de l'utilisateur
- Exemples :
 - **Méta-fait** : valeur(température)
 - **Méta-condition** : valeur(température) = indéterminée
- Toute valeur ne peut être demandée :
 - Quelle note je vous mets ?
 - utilisation de "demandable(note)" comme méta fait (ou une meta condition)
- **MétaRègle** :
 - Règles guidant le moteur d'inférences pour : la stratégie de résolution; la maintenance de la base de faits et règles

Exercice

- **Chaînage mixte :**

- Albert, Betty et Chris ne seront pas tous présent
- Si David vient, Chris vient aussi
- Si Betty vient, la réunion commencera en retard
- Si la réunion commence en retard, Chris n'y sera pas
- Si Albert et David assistent à la réunion, elle ne sera pas calme
- Si Albert, Betty et Eva assistent à la réunion, et si Chris ne vient pas, la réunion sera fructueuse

- Que peut on déduire du fait : « la réunion ne sera pas calme » ?
- Que peut on déduire du fait : « la réunion sera fructueuse » ?