

Systèmes à base de connaissances

Une introduction
A Mille
2004-2005
(Avec emprunts à N Guin et K Boukerche)

SBC A Mille 2004

1

Connaissance ? [1]

- L'inférence est l'élément de base de toute description de la cognition
- Pour être efficace, l'inférence doit être guidée par la connaissance
- Inférence <> Raisonnement
- Inférence avec / sans représentation de la connaissance

SBC A Mille 2004

2

Connaissance ? [2]

- Connaissance => capacité à mobiliser des informations pour agir
- Le passage de INFORMATION à CONNAISSANCE est lié à l'expérience de l'action => pas de frontière parfaitement définie
- Définition : Connaissance = Information (donnée) qui influence un processus.
- Pas de classement universel des différents types de connaissances (voir la tentative de Porphyre)

SBC A Mille 2004

3

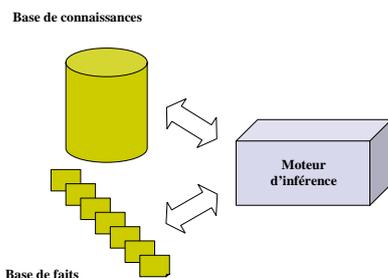
Objectifs, attentes d'un SBC

- Inscrire les connaissances en tant que connaissances (pas seulement en tant qu'information) dans un système :
 - Pour « conserver » des savoirs, des savoir-faire
- Disposer d'un « moteur » permettant d'enchaîner des inférences sur les connaissances ainsi inscrites :
 - Pour « exploiter » les savoirs et savoir-faire ainsi « conservés »

SBC A Mille 2004

4

Architecture d'un SBC



SBC A Mille 2004

5

Un SBC ...

- Inscrit des connaissances issues de l'expertise ou/et de la pratique (on dit que les connaissances sont « représentées » dans un système informatique.
- Est spécialisé sur une expertise ou une pratique donnée
- Fonde le « raisonnement » sur des mécanismes d'inférence logique ou analogique
- Intègre une représentation symbolique
- Autorise parfois une certaine prise en compte de l'incertitude
- Se fonde sur l'existence d'heuristiques (connaissances spécifiques au domaine qui guident la recherche de solutions)
- Est orienté « résolution de problème »

SBC A Mille 2004

6

SBC à partir de règles

- Il s'agit des SBC historiques que l'on appelait initialement « systèmes experts »
- Les connaissances expertes sont représentées par des règles de la forme
 - Si (prémisses) Alors (conclusions)
 - Prémisses = conditions de déclenchement de la règle
 - Conclusions = effet du tirage de la règle
- Les connaissances sont déclaratives (révisables en principe)
- L'ensemble des règles forme « la base de connaissances ».
- Les faits décrivent ce qui est vrai dans la situation d'exploitation de la base de règles (base de faits).

SBC A Mille 2004

7

Base de règles

- R1 : Si (distance.<.2km) Alors (aller.à.pied)
- R2 : Si ((non distance.<.2km) ^ distance.<.300km) Alors (prendre.le.train)
- R3 : Si (non distance.<.300km) Alors (prendre.l'avion)
- R4 : Si (acheter.un.billet ^ avoir.le.téléphone) Alors (téléphoner.à.l'agence)
- R5 : Si (acheter.un.billet ^ (non avoir.le.téléphone)) Alors (aller.à.l'agence)
- R6 : Si (prendre.l'avion) Alors (acheter.un.billet)
- R7 : Si (durée.>.2.jours ^ être.fonctionnaire) Alors (non prendre.l'avion)

SBC A Mille 2004

8

Base de faits

- F1 : (non distance.<.300km)
- F2 : (avoir.le.téléphone)

SBC A Mille 2004

9

Moteur d'inférence (1)

```
ça marche
tant que ça marche
ça ne marche pas
boucle sur les Ri
  boucle sur les Fj
    si Ri est de la forme « Si Fj Alors Fk »
      ajouter Fk à la BdF
      ça marche
    finsi
  finboucle
finboucle
fintant
```

Ce moteur ne sait pas gérer les conjonctions de faits...

SBC A Mille 2004

10

Moteur d'inférence (2)

```
ça marche
tant que ça marche
ça ne marche pas
boucle sur les Ri
  boucle sur les Fj
    si Ri est de la forme « Si Fj Alors Fk »
      ajouter Fk à la BdF
      ça marche
    sinon
      boucle sur les Fl
        si Ri est de la forme « Si Fj ^ Fl Alors ... »
          ajouter Fm = (Fj ^ Fl) à la BdF
          ça marche
        finsi
      finboucle
    finsi
  finboucle
fintant
```

Ce programme boucle !!

SBC A Mille 2004

11

Moteur d'inférence (3)

```
ça marche
tant que ça marche
ça ne marche pas
boucle sur les Ri
  boucle sur les Fj non marqués
    si Ri est de la forme « Si Fj Alors Fk »
      ajouter Fk à la BdF
      marquer Fj
      ça marche
    sinon
      boucle sur les Fl
        si Ri est de la forme « Si Fj ^ Fl Alors ... »
          ajouter Fm = (Fj ^ Fl) à la BdF
          marquer Fj
          ça marche
        finsi
      finboucle
    finsi
  finboucle
fintant
```

Ce programme est correct, donne la réponse en un temps fini et quel que soit l'ordre des R_i et F_j

SBC A Mille 2004

12

Gérer les contradictions

Considérons une nouvelle base de faits :

- F1 : \neg distance < 300km
- F2 : avoir_le_téléphone
- F3 : durée > 2jours
- F4 : être_fonctionnaire

- R3 et F1 \rightarrow F5 : prendre_l'avion
- R7 et F3 et F4 \rightarrow F6 : \neg prendre_l'avion

Solution : tester la présence d'un fait contradictoire dans la BdF avant d'y ajouter un nouveau fait -> signaler le problème à l'utilisateur.

SBC A Mille 2004

13

Fournir des « explications »

- Le SBC peut « expliquer » chaque fait produit par la trace de son exécution.
- Les règles et les faits étant exprimés à un haut niveau d'abstraction (symbolique), ces explications sont réputées « lisibles » par les opérateurs humains.
- Certains systèmes, Mycin par exemple, donnent la possibilité d'accéder aux « documents » justifiant l'inscription de telle ou telle connaissance.

SBC A Mille 2004

14

Schéma général de fonctionnement SBC / Règles

- **Constituer l'ensemble des règles déclençables** = Sélection des faits et des règles pertinentes / pb + Filtrage par comparaison des prémisses de chaque règle avec les faits de la BdF \Leftrightarrow Conflic Set
- **Choisir les règles à déclencher** selon une stratégie
- **Déclencher les règles** = mise à jour de la BdF avec détection des contradictions, effectuer une action == passer le contrôle à l'autre entité.
 - Recommencer....

SBC A Mille 2004

15

Mode d'exploitation par chaînage avant, sans but, irrévocable et monotone

- Pas de but \Leftrightarrow déclenchement des règles jusqu'à épuisement des faits possibles à produire (ou arrêt).
 - Par intégration immédiate des conclusions des règles
 - En largeur d'abord
- Irrévocable \Leftrightarrow déclenchement d'une règle non remis en cause
- Monotone \Leftrightarrow les faits produits ne sont pas remis en cause.
- (avec un but \Leftrightarrow une « distance » au but est calculée pour choisir la règle à appliquer)

SBC A Mille 2004

16

Chaînage arrière, par tentatives + monotone

- Un but est assigné au système
- La partie « conclusions » des règles est unifiée avec ce but. En cas de succès, les prémisses de la règle unifiée sont les nouveaux buts assignés.
- Il s'agit donc d'un arbre ET/OU de buts dont les feuilles sont vérifiées ou non par les faits
- Par tentatives \Leftrightarrow les buts sont substitués lorsque le chaînage arrière est infructueux.
- Stratégies :
 - Production de buts en profondeur
 - Profondeur d'abord sauf si une règle conclue immédiatement
- Cas de feuilles non vérifiables
 - Poser la question à l'utilisateur
 - Formuler une hypothèse jusqu'à vérification ou contradiction.

SBC A Mille 2004

17

Comparaison

	Chaînage avant	Chaînage arrière
Points forts	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fonctionne bien lorsque le problème se présente « naturellement » avec des faits initiaux ; ✓ Produit une grande quantité de faits à partir de faits initiaux très peu nombreux ; ✓ Adapté à la planification, le contrôle, l'interprétation. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fonctionne parfaitement lorsque le problème consiste à prouver une hypothèse ; ✓ Il est focalisé sur le but à prouver et pose donc des questions pertinentes, qui ne déroutent pas l'utilisateur ; ✓ Contrairement au chaînage avant, il recherche dans la base de connaissances les informations intéressantes pour le problème courant ; ✓ Adapté au diagnostic et à la prescription.
Points faibles	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Souvent ne perçoit pas certaines évidences ; ✓ Le système peut poser de nombreuses questions, qui parfois s'avèrent non pertinentes. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Poursuit une ligne de raisonnement même s'il s'avère qu'il devrait l'abandonner pour une autre. Les facteurs de croyance et les méta-règles peuvent aider à résoudre ce problème.

SBC A Mille 2004

18

Chaînage mixte Tentatives + monotone

- Tant que des règles sont déclenchables \Leftrightarrow chaînage avant
- Puis, on choisit une règle « presque » déclenchable et on essaie de vérifier les prémisses inconnues par chaînage arrière
- En cas de succès, on repart en chaînage avant.

SBC A Mille 2004

19

Chaînage mixte Tentatives, non monotonie

- La partie déclencheur de règles = un but B et des prémisses
Ex: Pour prouver B quand F est vérifié, il suffit d'exécuter l'action A et de prouver B'
Action = ajouter ou retirer un fait \Leftrightarrow non monotonie
- Déclenchement en profondeur avec empilement et dépilement des buts
- En cas d'échec, retour arrière avec restauration du contexte initial

SBC A Mille 2004

20

Exemple de moteur avec des variables : PROLOG (standard)

- R1 : papy(X,Y) :- pere(X,Z), pere(Z,Y).
- F1 : pere(pierre,jean).
- F2 : pere(jean,renè).
- B : papy(U,V).

- Chaînage arrière
- Tentatives
- Monotonie

SBC A Mille 2004

21

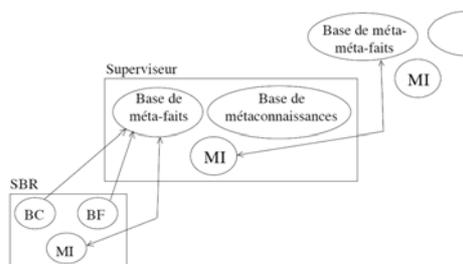
Meta-connaissances (Jacques Pitrat)

- Connaissances sur les connaissances
 - Mécanisme de « conscience » du raisonnement en cours et de sa validité
 - Possibilité d'organiser progressivement les connaissances par un mécanisme de supervision
 - Mécanisme « empilable » \Leftrightarrow Meta-connaissances sur des meta-connaissances
 - Exploitation pour « contextualiser » l'usage d'un SBC – à l'individu, à la situation, au lieu, à l'instant, à la nécessité de précision ou non, etc...

SBC A Mille 2004

22

Supervision / Meta-connaissances



SBC A Mille 2004

23

Grandes familles d'inférence pour le raisonnement

- Déduction
 - Si ((A \rightarrow B est vrai) et (A est vrai) Alors B est vrai.
- Induction
 - Si (P est vraie pour a,b,c de {a,b,c,...,x}) Alors (P est vraie pour tout élément de l'ensemble)
- Abduction
 - Si (B est vrai) et que (A \rightarrow B est vrai) Alors A est vrai.
- Analogie
 - Les A' sont à B' ce que sont les A sont à B (A' est similaire à A \Leftrightarrow B' est similaire à B)
- « Sens commun »
 - Introduction des heuristiques (voir le problème de Send + More)

SBC A Mille 2004

24

