

Plan général du cours

- Première partie
 - Définitions, principes
 - Historique
 - Étude des différentes étapes du cycle
- Deuxième partie
 - L'étape d'adaptation
 - Remémoration guidée par l'adaptabilité (AGR)
 - Stratégie de maintenance d'une base de cas
 - Apprentissage

Béatrice Fuchs

2

Références bibliographiques

- A. AAMODT, E. PLAZA (1994). Case-Based Reasoning : Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. *AI Communications*, 7(1), pp 39--58.
- C. K. Riesbeck, R. C. Schank (1989). *Inside Case-Based Reasoning*. Lawrence Erlbaum associates.
- J. Kolodner (1993). *Case-Based Reasoning*. Morgan Kaufmann.
- S. Slade (1991). Case-Based Reasoning: A Research Paradigm. *AI Magazine*, 12(1), pp 42--55

Béatrice Fuchs

3

Pointeurs web

- Site web international dédié au CBR : <http://www.ai-cbr.org/>
- Site web français sur le RÀPC <http://bat710.univ-lyon1.fr/~bfuchs/rapc/>
- Documents de cours sur le RÀPC <http://bat710.univ-lyon1.fr/~amille/enseignement.html>

Béatrice Fuchs

4

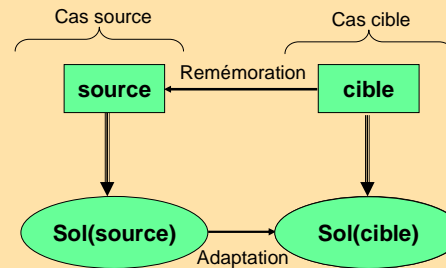
Introduction : définition

- Idée de base : un système de raisonnement à partir de cas résout de nouveaux **problèmes** en réutilisant des **solutions** de problèmes antérieurs résolus.
- ≠ des approches classiques de résolution de problèmes en IA (systèmes experts)
 - **trouver** des cas similaires au problème courant dans une **base de cas**
 - **adapter** la solution du problème résolu pour le nouveau problème.

Béatrice Fuchs

5

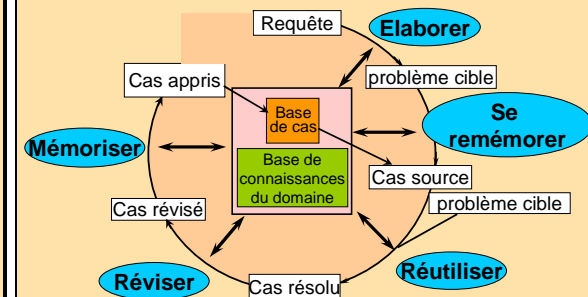
Principe du RÀPC



Béatrice Fuchs

6

Le cycle du raisonnement à partir de cas



Béatrice Fuchs

7

Historique

- M. Minsky, un modèle de mémoire.
- R. Schank, auteur de l'expression «Case-Based Reasoning» (raisonnement à partir de cas RÀPC)
- Principes directeurs du RÀPC

Béatrice Fuchs

8

Minsky, le modèle de mémoire

« Lorsque l'on rencontre **une nouvelle situation (décrite comme un changement substantiel à un problème en cours)**, on **sélectionne de la mémoire une structure appelée « cadre » (frame)**.

Il s'agit d'une **structure remémorée qui doit être adaptée pour correspondre à la réalité en changeant les détails nécessaires.** »

Béatrice Fuchs

9

Minsky: les cadres (frames)

- Une partie de l'information concerne son usage,
- une autre partie concerne ce qui peut arriver ensuite,
- et une autre partie concerne ce qu'il convient de faire en cas d'échec
- (quand ce qui devait arriver n'arrive pas...).

Béatrice Fuchs

10

Minsky : processus

- Les cadres sont des situations «idéales» regroupées en hiérarchie et sont reliés par les différences qui les séparent.
- Processus :
 - sélectionner un cadre,
 - tenter d'appliquer le cadre (faire le bilan des buts non atteints),
 - appliquer une technique d'adaptation-correction,
 - synthétiser l'expérience pour l'ajouter à la bibliothèque de techniques de correction.

Béatrice Fuchs

12

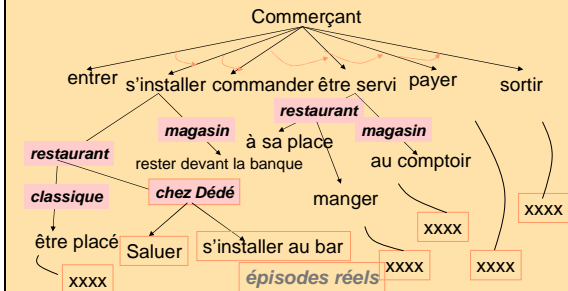
Schank : la mémoire dynamique

- «Comprendre c'est expliquer».
- Problématique de la compréhension des textes en langage naturel.
- Utilisation de scripts pour expliquer des situations.
- Utiliser l'expérience concrète dans la construction des scripts.

Béatrice Fuchs

13

Des scripts à la mémoire dynamique



Béatrice Fuchs

14

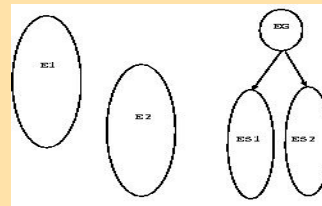
Processus de raisonnement

- Dans une mémoire d'expériences, organisée en hiérarchie de généralisation,
- on recherche ce qui est le plus près du problème courant,
- on réutilise le script trouvé en le spécialisant dans le contexte courant,
- on réorganise la mémoire pour y intégrer le nouvel épisode.

Béatrice Fuchs

15

Mémoire dynamique

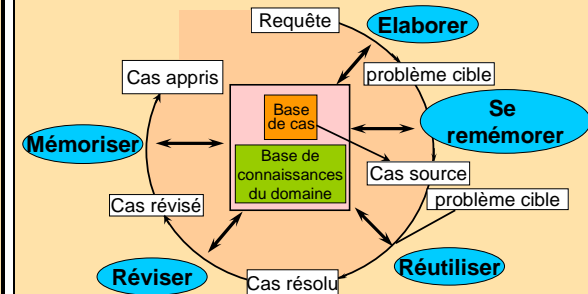


Principe de la généralisation d'épisode

Béatrice Fuchs

16

Le cycle du raisonnement à partir de cas



Béatrice Fuchs

17

Aperçu du cycle de raisonnement

1. **Élaboration** : construire un cas **cible** et le préparer en fonction de l'objectif du raisonnement
2. **Remémoration** : rechercher dans la base de cas un cas **source** *similaire* dont la solution a des chances de servir de solution pour le problème cible
3. **Réutilisation** : adaptation de la solution du cas source pour tenir compte des différences avec le problème cible
4. **Révision** : corriger la solution si elle ne donne pas satisfaction
5. **Apprentissage** : mémoriser le cas nouvellement résolu pour une réutilisation future éventuelle.

Béatrice Fuchs

18

Qu'est-ce qu'un cas ?

Un épisode de résolution de problème caractérisé par :

- La description du problème :
 - Les caractéristiques descriptives
 - La tâche à réaliser
- La solution de ce problème
 - Les caractéristiques descriptives
 - Des éléments d'explication

Béatrice Fuchs

19

Exemple de description de cas

Je veux acheter ou vendre un véhicule automobile, quel est son prix ?

- Le problème :
 - Année, nombre de km, options, état, ...
 - Quelle est l'estimation de son prix ?
- La solution :
 - Valeur *possible* du prix
 - Explication : véhicule trouvé similaire plus ancien avec moins de km

Béatrice Fuchs

20

Exemple de cas

Ma-voiture

- Marque : Citroën
- Modèle : ZX
- Année : 1993
- km : 85 000
- Options : vitres teintées, fermeture centralisée ...
- État : Bon
- Prix : 2 000 €

Béatrice Fuchs

21

Élaborer

- Rappel : on cherche une **solution** (!) similaire à partir de l'énoncé d'un **problème**...
- Compléter et/ou filtrer la description du problème en se fondant sur les connaissances disponibles sur l'**adaptabilité**
- Commencer à résoudre le problème
⇒ orienter la recherche d'une solution adaptable

Béatrice Fuchs

22

Élaborer : résumé

- Affectation des **descripteurs** au cas cible.
- Construire des descripteurs possédant une sémantique liée au problème.
- Anticiper au maximum l'adaptabilité des cas sources qui seront mémorisés.

Béatrice Fuchs

23

Élaborer : exemple

Ma-voiture

- Marque : Citroën
- Modèle : ZX
- Année : 1993
- Age : 10 ans (2003 – 1993)
- km : 85 000
- Prix argus : 1 500 € (Recherche dans domaine)
- Options : vitres teintées, fermeture centralisée ...
- État : Bon
- Prix : 2 000 €

Béatrice Fuchs

24

La remémoration de cas

- Similarité : degré d'appariement entre 2 cas
- Recherche des correspondances entre descripteurs : appariement
- Détermination du degré d'appariement des descripteurs (local).
- Pondération éventuelle des descripteurs dans le cas (global).

Béatrice Fuchs

25

Mesures de similarité

- Prendre en compte la structure de cas (H. Mignot)
- Mesures de comparaisons (M. Rifqi)
 - Mesure de similitudes
 - Mesures de dissimilarité
- Prendre en compte des historiques et des séquences (A. Mille, M. Jaczynski, S. Rougegrez)

Béatrice Fuchs

26

Aspects de la similarité

- K-plus proches voisins : Affecter à X la classe la plus représentée parmi les K plus proches voisins de X.
- Recherche selon point de vue.
- Prise en compte de la dynamique d'une séquence.
- Approches inductives (ID3, CART ...).

Béatrice Fuchs

27

K plus proches voisins (k-PPV)

Principe :

- rechercher les k plus proches voisins d'un cas de référence C (pour une certaine similarité),
- déterminer les classes correspondantes et
- affecter C à la classe la plus représentée

Béatrice Fuchs

28

K plus proches voisins (k-PPV)

1. choix d'un entier k
2. calcul des distances (ex: distance euclidienne)
3. retenir les k observations pour lesquelles ces distances sont les plus petites
4. compter les nombres de fois où ces k observations apparaissent dans chacune des classes,
5. Choisir la classe la plus représentée

Béatrice Fuchs

29

K plus proches voisins (k-PPV)

La règle des K-PPV peut donc s'exprimer de la manière suivante :

Soient $\{(X_1, q_1), (X_2, q_2), \dots, (X_n, q_n)\}$ donnés, et $\{Y, ?\}$ observé
 initialiser les k plus proches voisins avec une distance
 Pour chaque élément X_i de l'échantillon
 Calculer la distance $d(X_i, Y)$;
 Insérer si nécessaire X_i dans les k plus proches voisins;

Fin pour

Déterminer la classe C la plus représentée dans les k plus proches voisins;

Si C est suffisamment représentée et $d(Y, C) < d_{\max}$ Alors le résultat est acceptable

Sinon Y n'est pas classable.

Fin si

Béatrice Fuchs

30

Similarité

- Similarité locale : entre attributs
 - Similarité globale : combinaison de similarités locales avec pondération éventuelle :
- $SIM(A,B) = F(SIM_1(a_1, b_1), SIM_2(a_2, b_2), \dots, SIM_n(a_n, b_n))$
 exemples :

$$SIM(A,B) = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p SIM_i(a_i, b_i)$$

$$SIM(A,B) = \frac{1}{\sum_{i=1}^p w_i} \sum_{i=1}^p w_i SIM_i(a_i, b_i)$$

Béatrice Fuchs

31

(Dis)similarité : exemple

Ma-voiture	Dissim _i (a _i , b _i)	w _i	Sa-voiture
Marque : Citroën	← 0	4	Marque : Citroën
Modèle : ZX	← 0	8	Modèle : ZX
Année : 1993	← 1	0	Année : 1994
Age : 10 ans	← 1	16	Age : 9 ans
km : 85 000	← 15 000	0,1	km : 100 000
Prix argus : 1 500 €	← 200	1	Prix argus : 1 700 €
Options : vitres, fermeture	← 2	4	Options : aucune
État : Bon	← 0	4	État : Bon
Prix : 2 000 €			Prix : ?

$$DISSIM(A,B) = \frac{1}{37,1} (0 + 0 + 0 + 1 \times 16 + 15\,000 \times 0,1 + 200 \times 1 + 2 \times 4 + 0) \dots$$

Béatrice Fuchs

32

Similarité

- Tversky : soient X, Y décrits par les attributs A et B

$$S(X, Y) = \frac{f(A \cap B)}{f(A \cup B) + \alpha f(A - B) + \beta f(B - A)}$$

=

- f : similarité sur les attributs

Béatrice Fuchs

33

Adapter : la problématique

- il s'agit de réutiliser la solution d'un cas proche,
- en supposant qu'il est possible d'adapter ce cas,
- et plus facile de l'adapter que d'essayer de le résoudre directement..

Béatrice Fuchs

34

Adapter : deux approches

- Adaptation **générative** : on dispose de toutes les connaissances pour résoudre le problème à partir de zéro.
- Adaptation **transformationnelle** : on ne dispose pas de toutes les connaissances pour résoudre le problème à partir de zéro.

Béatrice Fuchs

35

Adaptation générative

- Le cas retrouvé retrace le « raisonnement » ayant mené à la solution.
- On substitue les éléments de contexte du raisonnement retrouvé par les éléments différents du contexte du cas nouveau.
- On « rejoue » le raisonnement dans ce nouveau contexte

Béatrice Fuchs

36

Exemple : configuration d'un ordinateur multimédia*

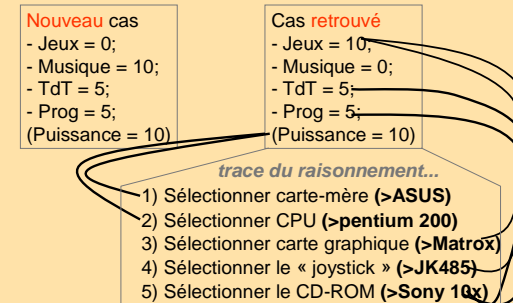
- L'utilisateur spécifie les applications qu'il souhaite exploiter (traitement de texte, musique, programmation, jeux).
- Chaque catégorie de logiciel est noté selon l'importance accordée par l'utilisateur.
- L'objectif est d'élaborer la configuration idéale supportant les logiciels demandés en fonction de leur importance.
- La solution est représentée selon une structure « objet » d'un PC et de ses composants.

* exemple tiré de [BerWil98]

Béatrice Fuchs

37

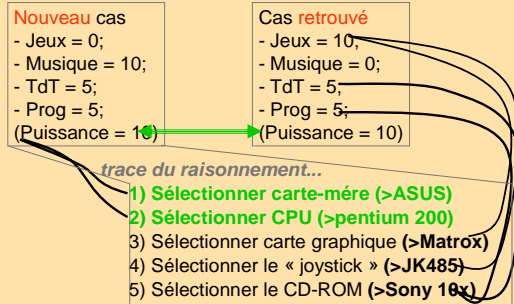
Exemple / configuration



Béatrice Fuchs

38

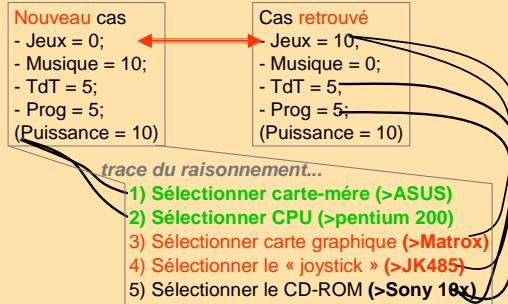
Exemple / configuration



Béatrice Fuchs

39

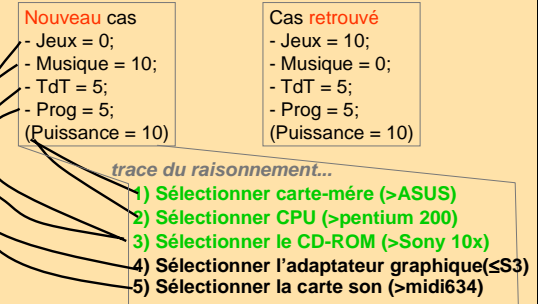
Exemple / configuration



Béatrice Fuchs

40

Exemple / configuration



Béatrice Fuchs

41

Adaptation générative

- trace de raisonnement = plan de résolution + justifications (+ alternatives + tentatives ayant échoué...)
- moteur de résolution complet = système de résolution de contraintes, planificateur, recherche dans un espace d'états, etc.

Béatrice Fuchs

42

Résolution de contraintes

- Cadre [HFI96]
- Notion de réduction de « dimensionnalité » fondée sur l'interchangeabilité et la résolution de contraintes.
- Représentation explicite des degrés de liberté pour l'adaptation :
 - 1) les contraintes liées aux anciens éléments de contexte ayant changé sont relâchées,
 - 2) on ajoute les contraintes liées aux nouveaux éléments de contexte.
 - 3) on résout le jeu réduit de contraintes.

[HFI96] : Kelong Hua, Boi Fatings, and Ian Smith. Cadre: case-based geometric design. *Artificial Intelligence in Engineering*, pages 171-183, 1996

Béatrice Fuchs

43

Planificateur

- On cherche un plan qui satisfasse aux mieux les buts à atteindre à partir de l'état initial (état final proche).
- Ce plan est généralisé (le moins possible) pour donner un état intermédiaire susceptible de conduire à l'état final recherché.
- A partir de cet état intermédiaire, on tente de terminer la planification.
- En cas d'échec, on remonte dans l'arbre des états pour généraliser un peu plus le plan...

Béatrice Fuchs

44

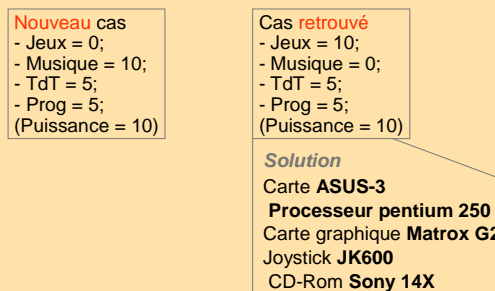
Adaptation transformationnelle

- Des éléments de la solution du cas retrouvé sont :
 - modifiés,
 - supprimés,
 - ajoutés, selon
- des écarts de contexte observés entre cas source et cas cible, et grâce à
- un ensemble de règles d'adaptation.

Béatrice Fuchs

45

Exemple / configuration



Béatrice Fuchs

46

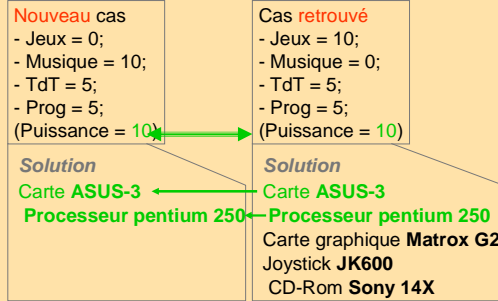
Règles d'adaptation

- Si (source.jeu > 7) et (cible.jeu < 3) alors solution.supprimer(Joystick)
- Si (source.musique < 3) et (cible.musique > 7) alors solution.ajouter(carte_son_haut_de_gamme)
- Si (source.puissance < 3) et (cible.puissance > 7) alors solution.modifier(processeur.vitesse,delta_puissance,+)

Béatrice Fuchs

47

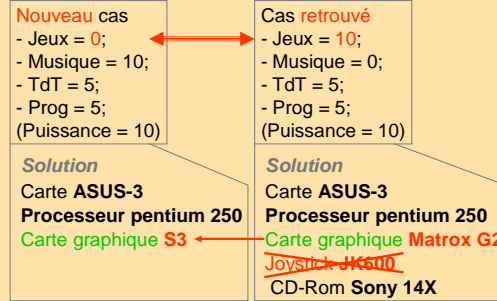
Exemple / configuration



Béatrice Fuchs

48

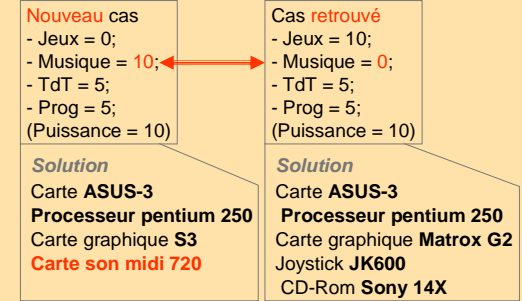
Exemple / configuration



Béatrice Fuchs

49

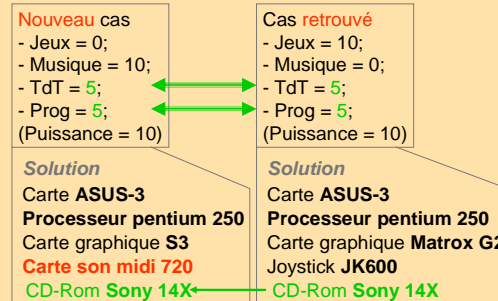
Exemple / configuration



Béatrice Fuchs

50

Exemple / configuration



Béatrice Fuchs

51

Autres approches de l'adaptation

- Par recherche en mémoire et **application de cas d'adaptation** : acquisition progressive de compétences d'adaptation.
- Par cycles itératifs de raisonnement à partir de cas: **décomposition hiérarchique de l'adaptation**.
- Par l'étude **des similarités de rôle** des éléments dans le cas.
- **Selon un chemin de similarité** : **organisation** des cas en hiérarchie de généralisation.

Béatrice Fuchs

52

Évaluer / Réviser

- L'objectif est de faire le bilan d'un cas avant sa mémorisation / apprentissage :
 - Vérification par introspection dans la base de cas.
 - Utilisation d'un système de vérification (contrôle de cohérence globale, simulateur, etc.).
 - Retour du «monde réel».
- ⇒ intégration des révisions dans le cas

Béatrice Fuchs

53

Révision : l'exemple de CHEF*

- CHEF est un système de planification.
- Explication d'un échec par instanciation d'un arbre causal.
- Réparation par des connaissances générales.
- Échecs et succès guident l'insertion dans la mémoire (mémoire dynamique).

*CHEF est un exemple « historique »

Béatrice Fuchs

54

Mémoriser : vers l'apprentissage

- Ajouter le cas dans la base (selon la qualité des cas par exemple).
- Organiser le cas dans la base : l'insérer dans un réseau d'explications.
- **Indexer le cas dans la base.**
- **Synthétiser des connaissances nouvelles.**

Béatrice Fuchs

55

Qualité des cas-1

Heuristiques (Kolodner)

Couvrir la tâche de raisonnement. couvrir les situations de succès et les situations d'échec.

Cas collectés de manière incrémentale.

Béatrice Fuchs

56

Qualité de cas-2

- Utilité
 - Par rapport à la performance.
 - Se débarrasser des connaissances inutiles.
- Compétence
 - Couverture d'un cas.
 - Accessibilité d'un problème.

Béatrice Fuchs

57

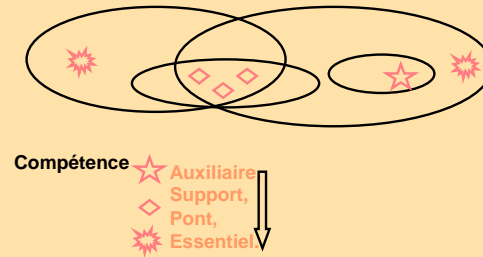
Modéliser la compétence-1 (Smyth)

- Cas essentiels : dont l'effacement réduit directement la compétence du système.
- Cas auxiliaires : la couverture qu'il fournit est subsumée par la couverture de l'un de ses cas accessibles.
- Cas ponts : leurs régions de couverture feront la liaison entre des régions qui sont couvertes indépendamment par d'autres cas.
- Cas de support : cas ponts en groupe.

Béatrice Fuchs

58

Modéliser la compétence-2

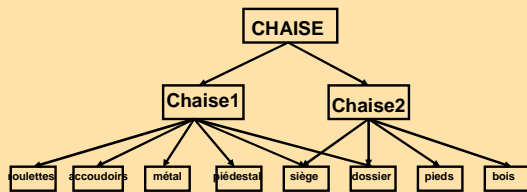


Béatrice Fuchs

59

Apprendre des connaissances-1

Exemple : Protos (cas + indexation)

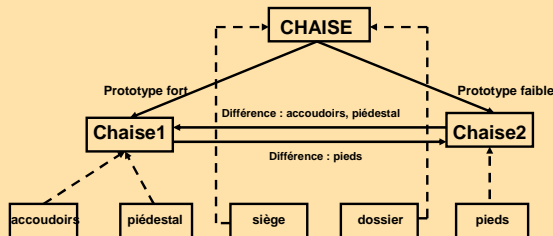


Béatrice Fuchs

60

Apprendre des connaissances-2

Exemple : Protos (cas + indexation)



Béatrice Fuchs

61

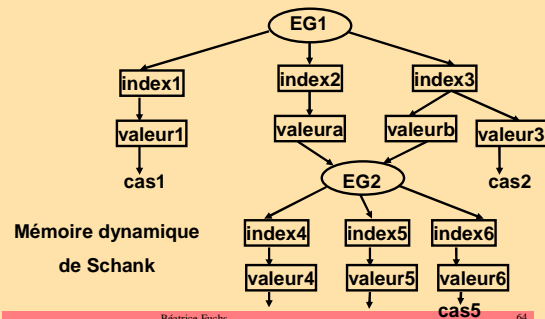
Organisation de la base de cas

- Mémoire plate
 - Indexation superficielle
 - Partitionnement de la mémoire
 - Extraction parallèle
- Mémoire hiérarchique
 - Réseaux à traits partagés
 - Réseaux de discrimination

Béatrice Fuchs

62

Réseaux à traits partagés



Mémoire dynamique de Schank

Béatrice Fuchs

64

Arbres de décision

- Soient :
 - Un ensemble d'individus décrits par leurs attributs
 - Un ensemble de classes dont ces individus sont des instances
- Trouver la manière la plus efficace de reconnaître les classes auxquelles appartiennent les individus

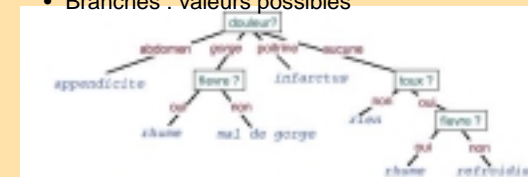
Béatrice Fuchs

65

Arbres de décision

Représentation d'une classification

- Nœuds internes : attributs testés
- Feuilles : classes ou catégories
- Branches : valeurs possibles



Béatrice Fuchs

66

Arbres de décision

- Chaque individu est décrit par un ensemble de couples (attribut, valeur)
exemple :

	Toux	Fièvre	Poids	Douleur
Annie	Non	Oui	Normal	Gorge
Alain	Non	Oui	Normal	Abdomen
Esther	Oui	Oui	Maigre	Aucune
Jules	Oui	Non	Obèse	poitrine

- Soit en entrée un ensemble d'individus associés à leur classe :

	Toux	Fièvre	Poids	Douleur	Diagnostic
Annie	Non	Oui	Normal	Gorge	Rhume
Alain	Non	Oui	Normal	Abdomen	appendicite

- Construire un arbre de décision pour le diagnostic

Béatrice Fuchs

67

Arbres de décision

Algorithmes :

- ID3 (C5) (Quinlan) : utilise l'entropie pour évaluer le gain d'information pour tous les attributs et choisit le plus discriminant.
- CART : utilise la fonction de Gini pour mesurer le degré de mélange et donc le gain

Béatrice Fuchs

68

Arbres de décision : Algorithme ID3

Répéter

- Pour chaque attribut non encore utilisé :
 - calculer le désordre restant après l'utilisation de chacun d'eux
 - sélectionner comme prochain nœud celui qui laisse le moins de désordre
- Jusqu'à ce que les feuilles de l'arbre contiennent des objets d'un seul concept

Béatrice Fuchs

69

Maintenance de la base de cas (Leake98)

- Stratégies
 - Collecte des données
 - périodique, conditionnel, Ad Hoc.
 - Intégration des données
 - On-line, Off-line.
- Activation de la maintenance
 - espace, temps, résultat de résolution.
- Étendue de la maintenance
 - Large, étroite.

Béatrice Fuchs

70

Approches connexes au RàPC Exemples, Instances & Cas

- Raisonnement fondé sur la mémoire
 - Pas de théorie sur le domaine
 - Aucune tâche d'induction ou d'abstraction
- Apprentissage à partir d'instances
 - Instance = attribut-valeur
 - IBL (Aha), C4.5, ID5R(Quinlan)
- Exemples typiques (exemplar)
 - Protos
- RàPC conversationnel (Aha)

Béatrice Fuchs

71

Intégration avec d'autres approches

- Exemple : Règles + cas
 - Mode d'intégration
 - Coopératif
 - Intégration des règles dans le RàPC
 - Creek (Aamodt), Cabata (Lenz)
- Mode coopératif
 - A qui donner la main ?
 - Degrés de confiance
 - Selon type de cas

Béatrice Fuchs

72