Raisonnement à Partir de Cas

Introduction à l'attention des étudiants de Maitrise Lyon1

Alain Mille

Introduction

- Objectif du cours : fournir les définitions, les principes, les méthodes, les techniques et des exemples pour la mise en œuvre d'applications du RàPC.

Plan général du cours

- Racines historiques
- Principes de base du RàPC.
- Étude des différentes phases du cycle RàPC (Élaboration, Remémoration, Adaptation, Révision, Mémorisation).
- Exemples d'applications et d'outils.

Racines, Principes

- Minsky, un modèle de mémoire.
- Schanck, auteur de l'expression « Case-Based Reasoning ».
- Principes directeurs du Raisonnement à Partir de Cas

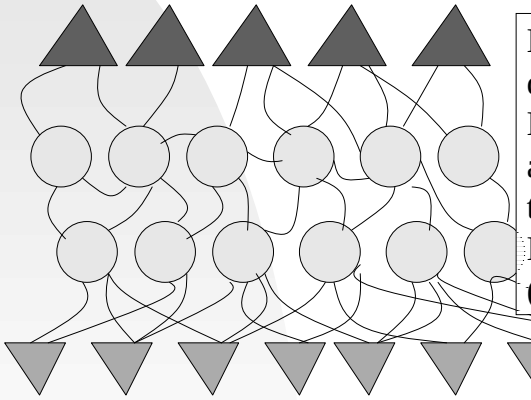
Minsky, le modèle de mémoire : principe

« Quand 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. »

Minsky, le modèle de mémoire : les cadres

- 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...).

Minsky, le modèle de mémoire : illustration



Les différents cadres partagent des feuilles terminales.
Les cadres sont plus ou moins activés selon la valeur des feuilles terminales.
Les feuilles sont toujours garnies (valeurs par défaut).

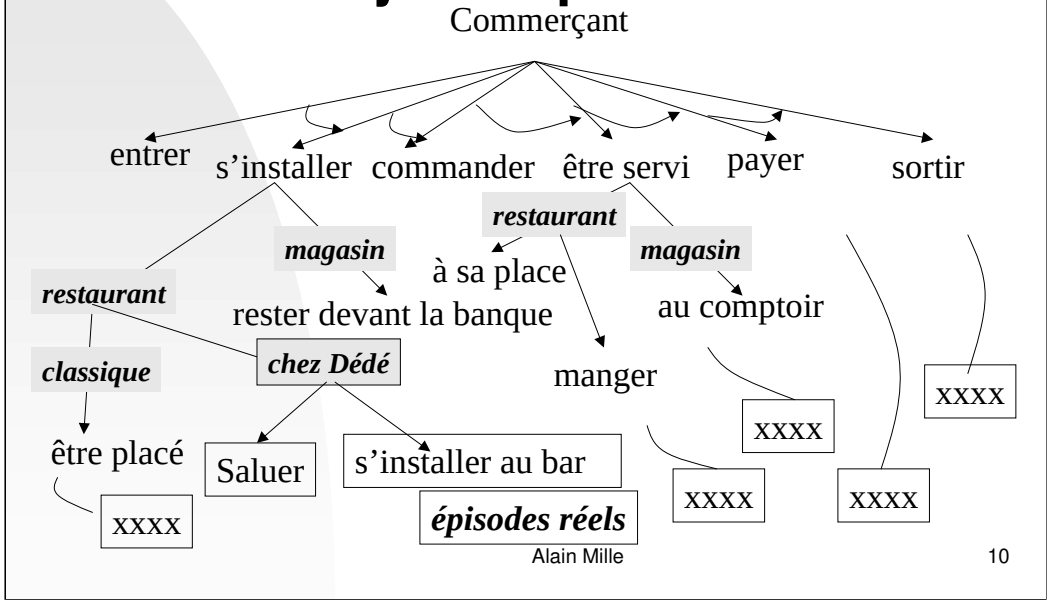
Minsky, le modèle de mémoire : processus

- 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.

Schank et le modèle de 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.

Des scripts à la mémoire dynamique



Alain Mille

10

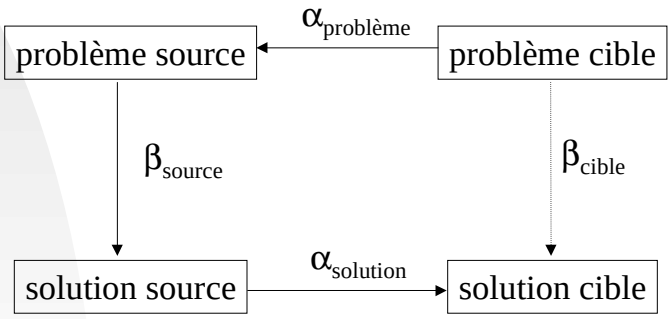
Processus de raisonnement

- 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.

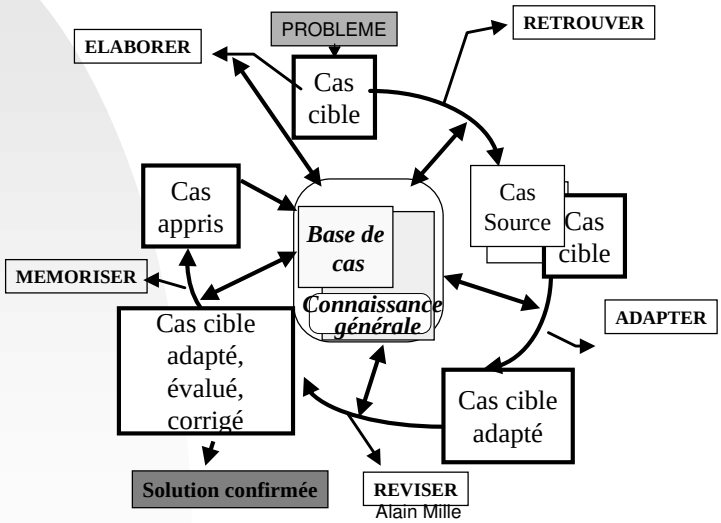
Principes du RàPC

- Le carré d ’analogie
- Le cycle du RàPC
- L’analogie et le cycle revisités...

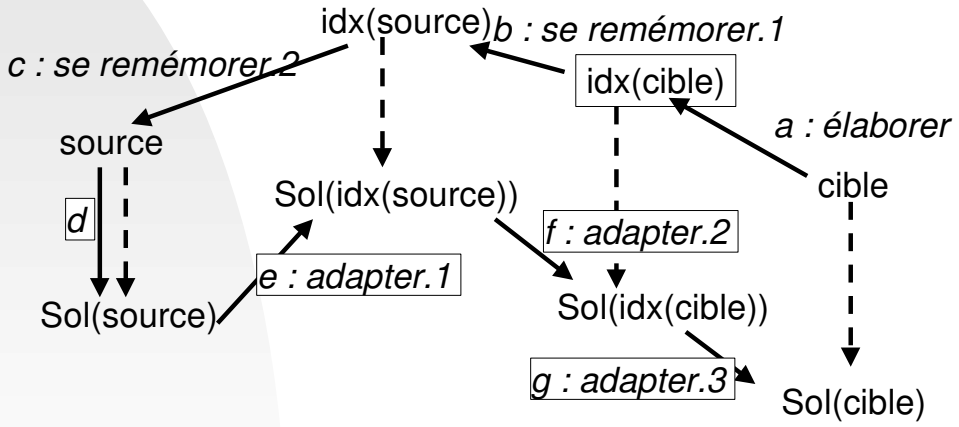
Le carré d'analogie



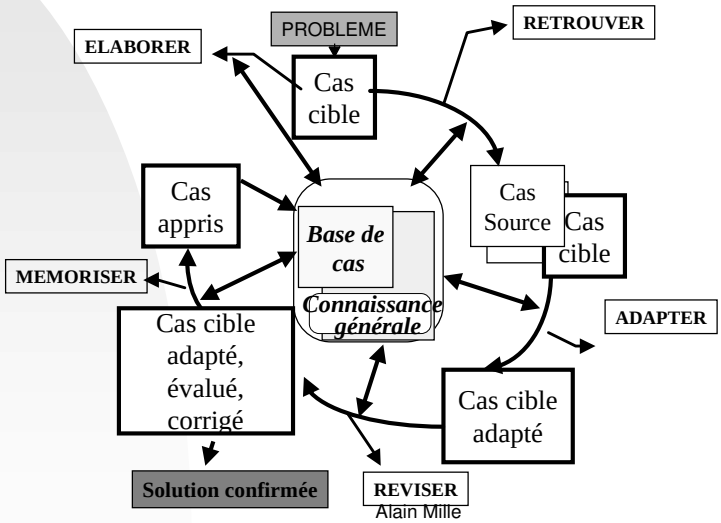
Le cycle du RàPC



Analogie et cycle revisités



Le cycle du RàPC



Alain Mille

16

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

Élaborer : résumé

- Affectation des descripteurs au nouveau cas.
- Construire des descripteurs possédant une sémantique liée au problème.
- Anticiper au maximum l'adaptabilité des cas qui seront remémorés.

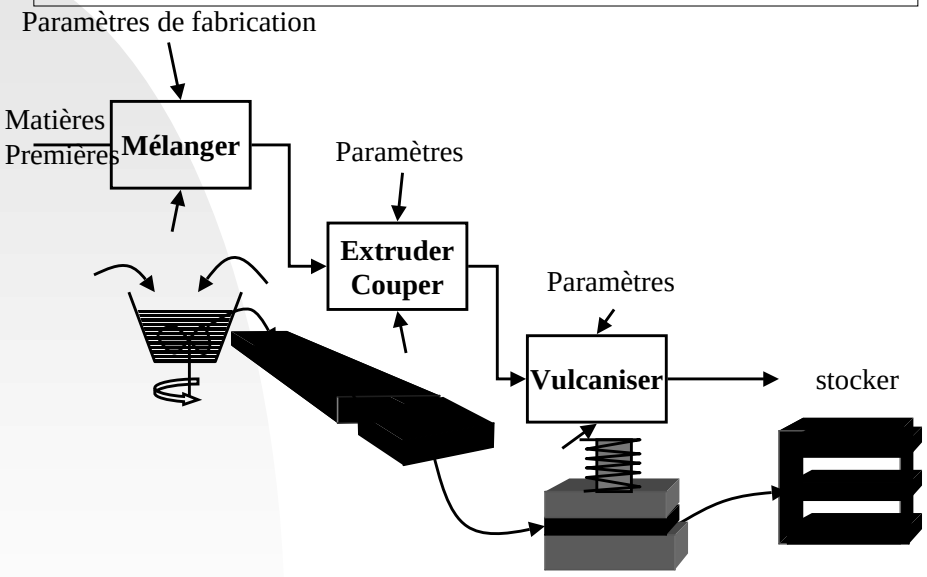
Exemple : Élaborer dans ACCELERE

Assistance à la conception de caoutchouc

Trois types de tâches à assister :

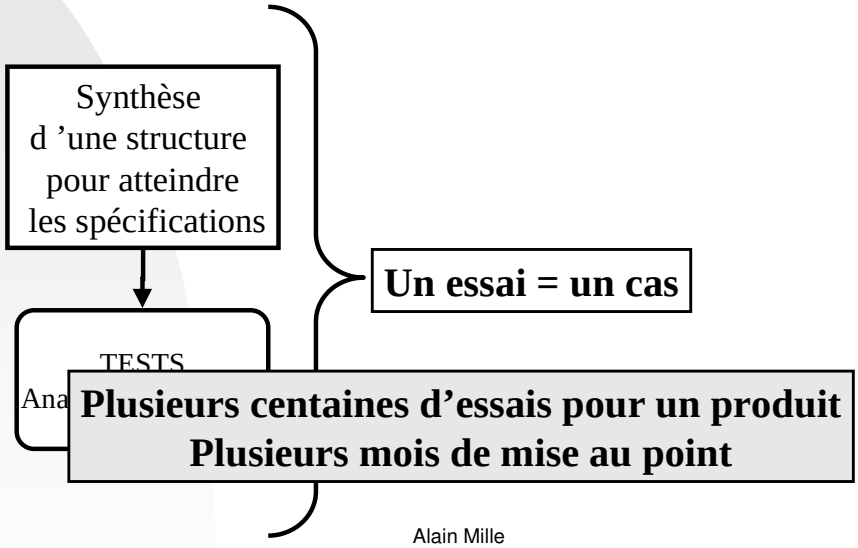
- Synthèse : trouver une structure permettant de satisfaire des spécifications
- Analyse : trouver le comportement résultant d'une structure particulière
- Évaluation : vérifier que le comportement est conforme à ce qui est attendu

Le processus de production de caoutchouc



Alain Mille 20

Concevoir un nouveau produit



Aide à l'élaboration..

Élaboration d'indices

État désiré:
Force Choc E=50J INTEREP selon EN 1621-1 = [Très bas, Bas]
Dureté Shore 00 intérieur = [Moyen, Élevé, Très élevé]

État le plus proche atteint avec:

Structure:
NBR/PVC,Pcc = 100

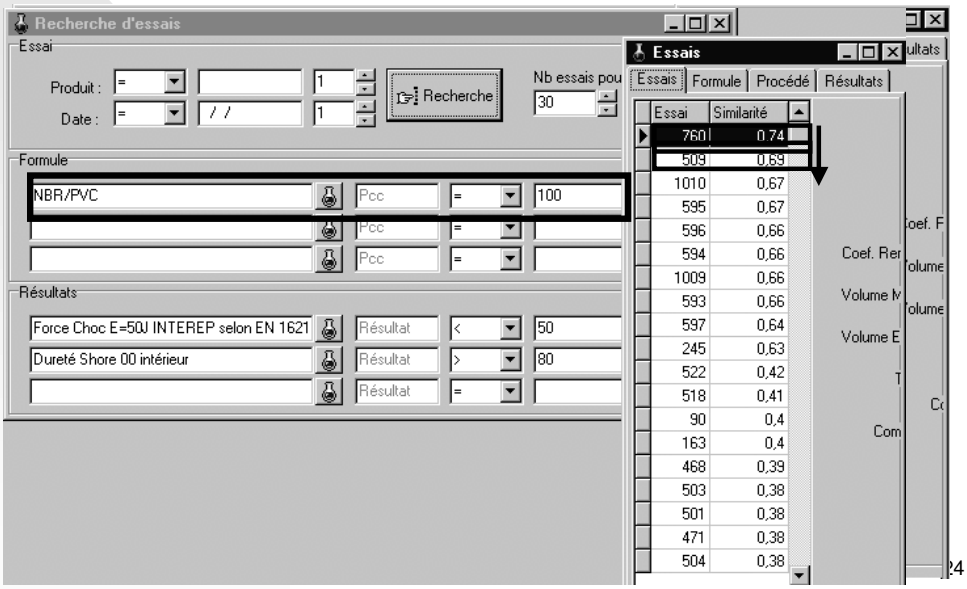
Similarité: 91%

Force Cho 1 = Très bas

Force Cho 1 = Très bas

Alain Mille 23

Exploitation pour la recherche..



Retrouver

- Similarité = degré d'appariement entre deux cas :
  - Recherche des correspondances entre descripteurs.
  - Calcul du degré d'appariement des descripteurs.
  - Pondération éventuelle des descripteurs dans le cas.

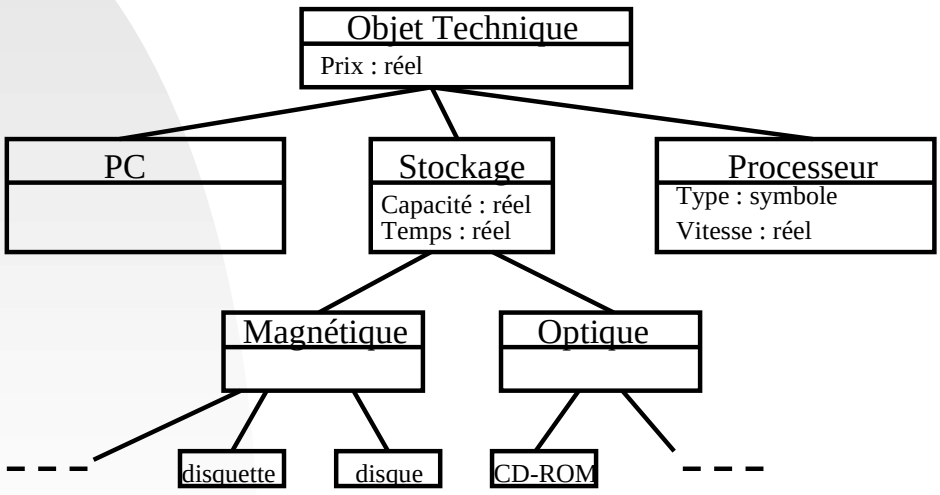
Mesures de similarités

- Prendre en compte la structure de cas(Mignot)
- Mesures de comparaisons(Rifqi)
  - Mesure de similitudes
  - Mesures de dissimilarité
- Prendre en compte des historiques & des séquences (Mille, Jaczynski, Rougegrez)

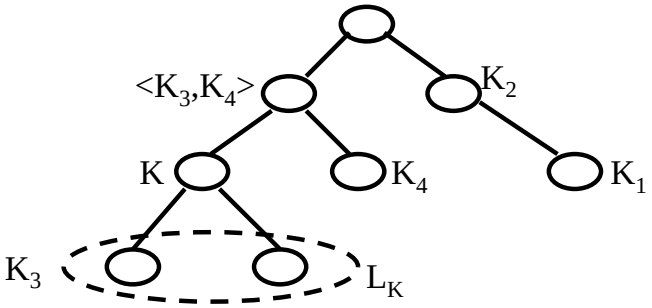
Aspects de la similarité

- K-plus proches voisins.
- Agrégation.
- Recherche selon point de vue.
- Prise en compte de la dynamique d'une séquence.
- Approches inductives.

Représentation objet et Similarités



Calcul de similarités-1



- Similarité intra-classes
  - propriétés communes entre deux objets.
  - similarité sur la classe commune la plus spécifique.
  - $Sim_{intra}=F(sim_{A1}(q.A_1,c.A_1), \ldots, sim_{An}(q.A_n,c.A_n))$,

Calcul de similarités-2

OBJETS CONCRETS

- $Sim(q,c)=Sim_{intra}(q,c).Sim_{inter}(class(q), class(c))$
- Similarité inter-classes
  - $Sim_{inter}(K,K_1) <= Sim_{inter}(K,K_2)$ IF $<K,K_1> > <K,K_2>$
  - Associer une similarité S_i à chaque nœud
    - X,Y dans L_{ki}, $Sim_{inter}(X,Y)>=S_i$
  - $Sim_{inter}(K_1,K_2)=$
    - 1 si $K_1=K_2$
    - $S_{<K1,K2>}$ sinon

Calcul de similarités-3

- Objet abstrait et requêtes
  - $Sim_{inter}(Q,C)= max \{Sim_{inter}(Q,C`)|$ C`dans Lc$\}$
    - 1 si Q < C
    - $S_{<Q,C>}$ sinon
- Objets abstraits
  - $Sim_{inter}(Q,C)= max \{Sim_{inter}(Q,C`)|$ Q` dans Lq, C`dans Lc$\}$
    - 1 is Q < C ou C < Q
    - $S_{<Q,C>}$ sinon

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..

*Exemple : la configuration d'un ordinateur multimédia**

- L'utilisateur spécifie les applications qu'il souhaite exploiter (traitement de texte, musique, programmation, jeux).
- Chaque 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]*

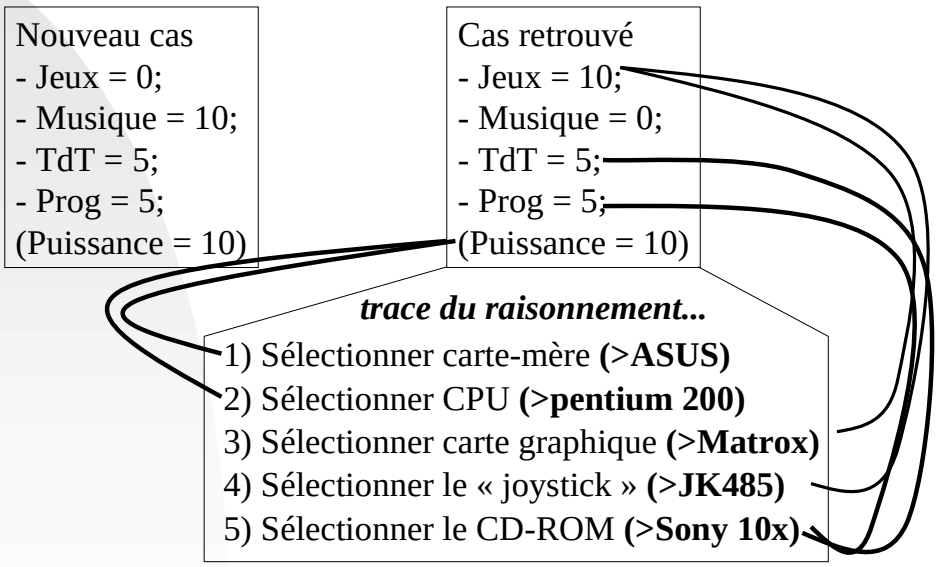
Adapter : deux approches

- Adaptation générative : on a toutes les connaissances pour résoudre le problème à partir de zéro.
- Adaptation transformationnelle : on n'a pas toutes les connaissances pour résoudre le problème à partir de zéro.

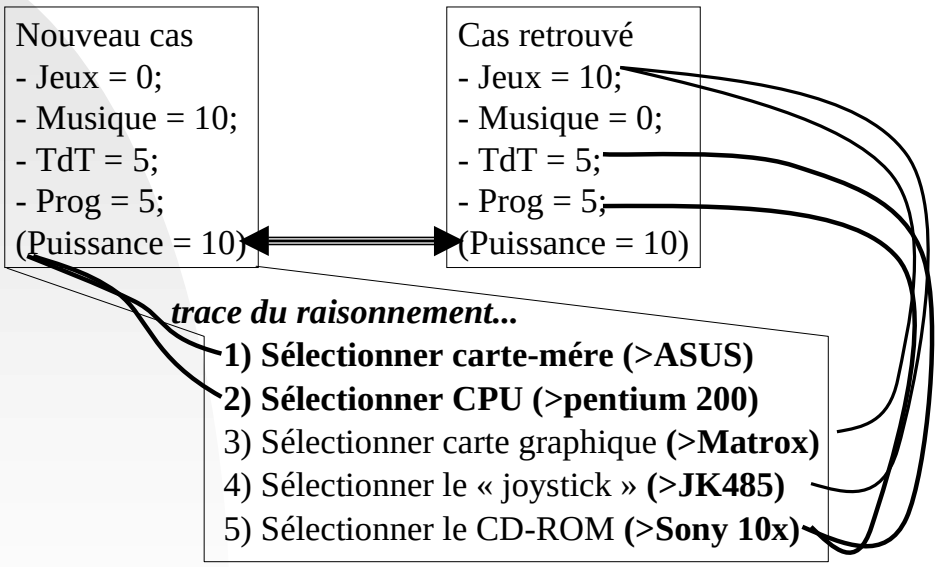
Adaptation générative

- 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

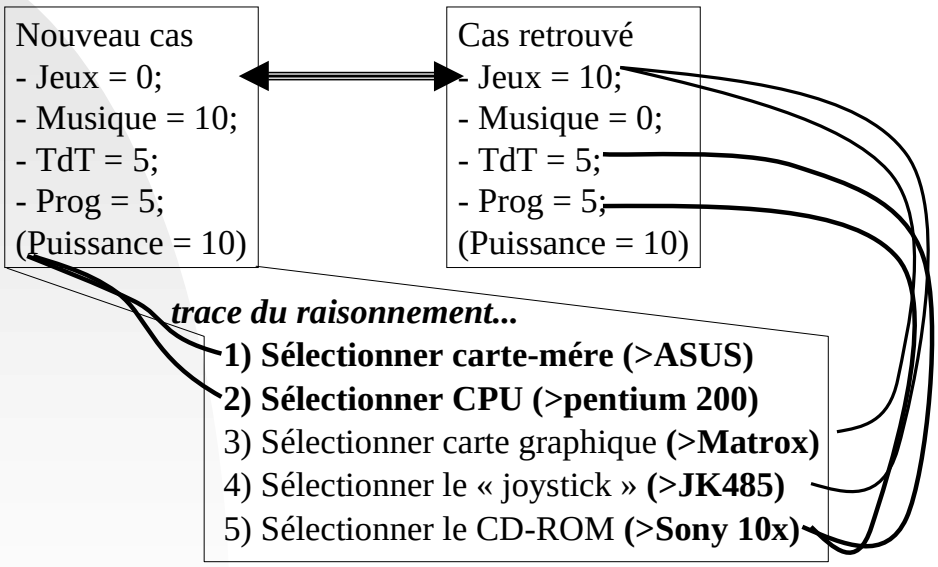
Exemple / configuration



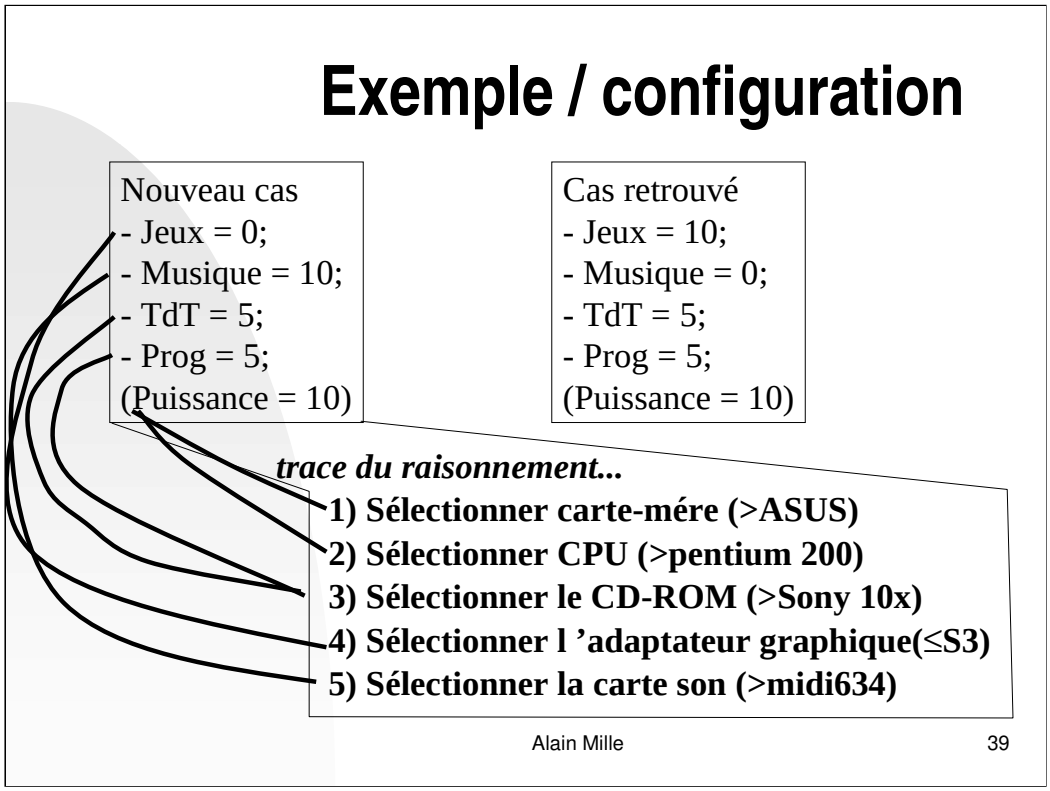
Exemple / configuration



Exemple / configuration



Exemple / configuration



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.

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] : Kefeng Hua, Boi Faltings, and Ian Smith. Cadre: case-based geometric design. Artificial Intelligence in Engineering, pages 171--183, 1996

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...

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.

Exemple / configuration

Nouveau cas
- Jeux = 0;
- Musique = 10;
- TdT = 5;
- Prog = 5;

(Puissance = 10)

Cas retrouvé
- Jeux = 10;
- Musique = 0;
- TdT = 5;
- Prog = 5;

(Puissance = 10)

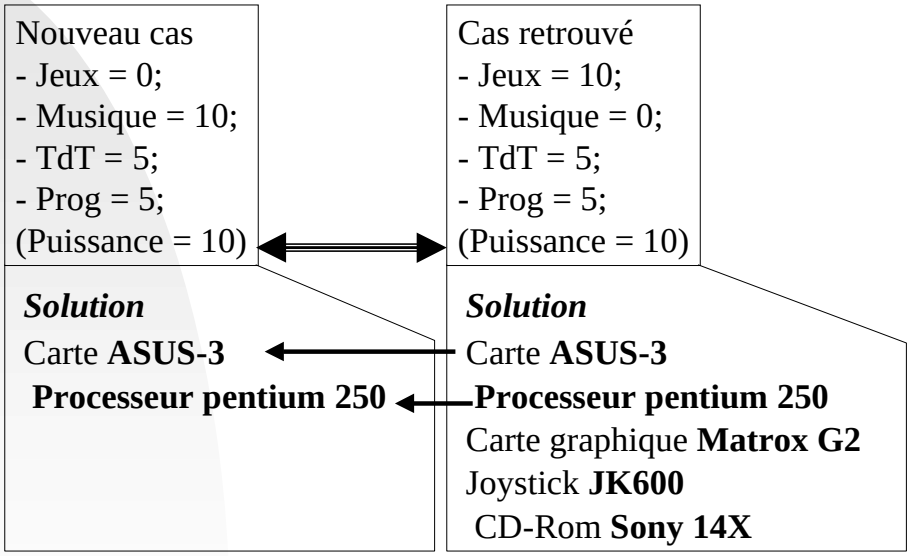
Solution

Carte **ASUS-3**
Processeur pentium 250
Carte graphique **Matrox G2**
Joystick **JK600**
CD-Rom **Sony 14X**

Règles d'adaptation

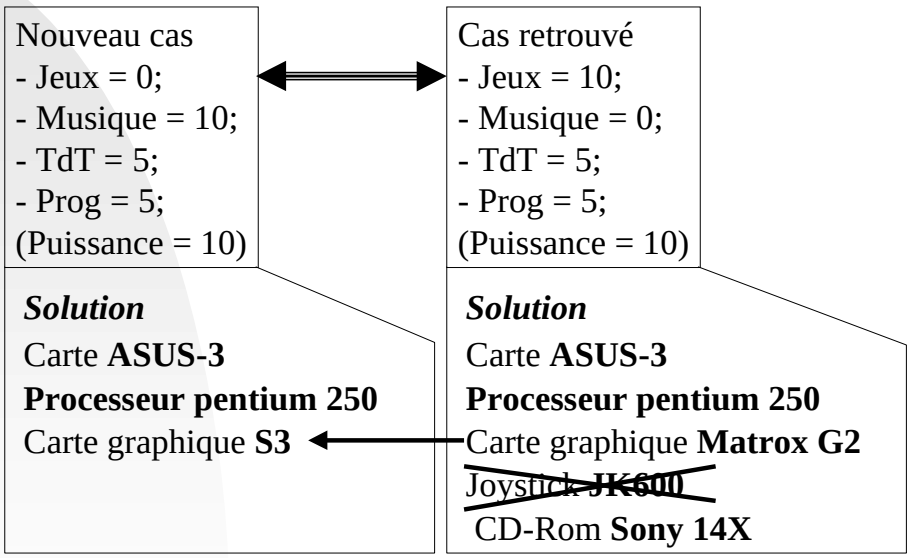
- Si (source.jeu > 7) et (cible.jeu <3) alors solution.supprimer(Joystick)
- Si (source.musique <3) et (cible.musique >7) alors solution.ajouter(carte_son_haut_de_gamme)
- Si (source.puissance < 3) et (cible.puissance >7) alors solution.modifier(processeur.vitesse,delta_puissance,+)

Exemple / configuration



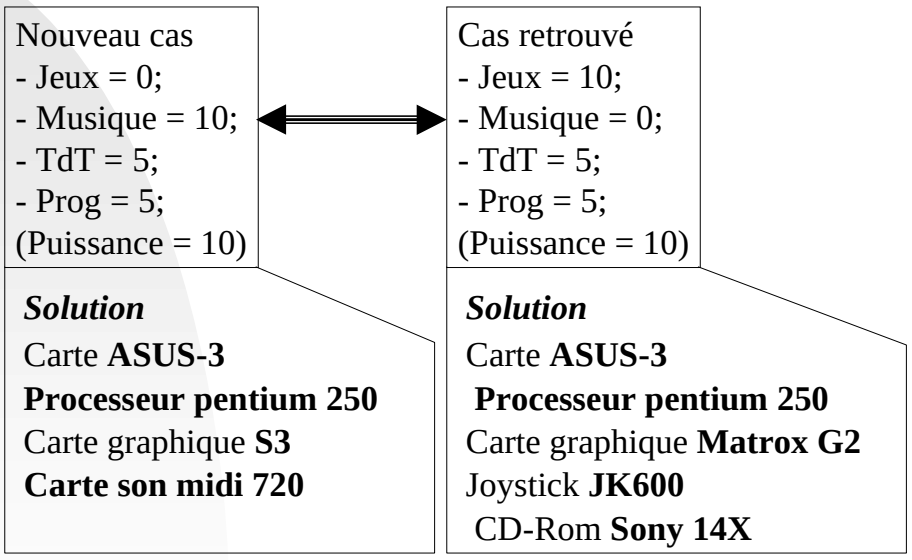
Alain Mille 46

Exemple / configuration



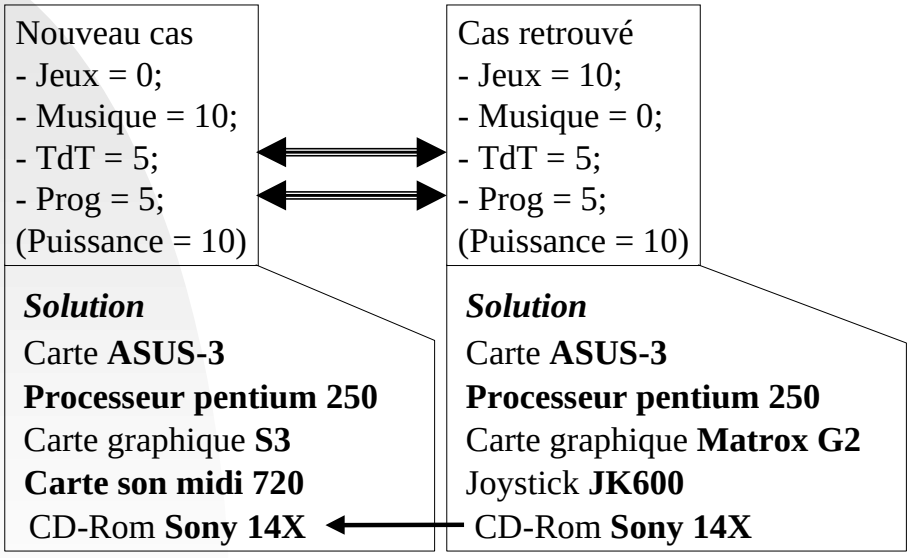
Alain Mille 47

Exemple / configuration



Alain Mille 48

Exemple / configuration



Alain Mille 49

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.

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

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 »**

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.

Qualité des cas-1

- Heuristiques (Kolodner)
  - Couvrir la tâche de raisonnement.
  - Couvrir les situations de succès et les situations d'échec.
  - Cas collectionnés d'une manière incrémentale.

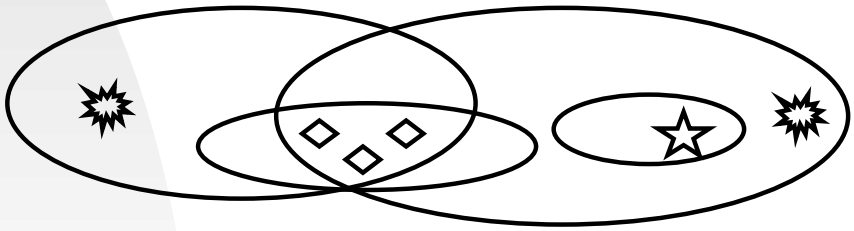
Qualité de cas-2

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

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.

Modéliser la compétence-2



Compétence

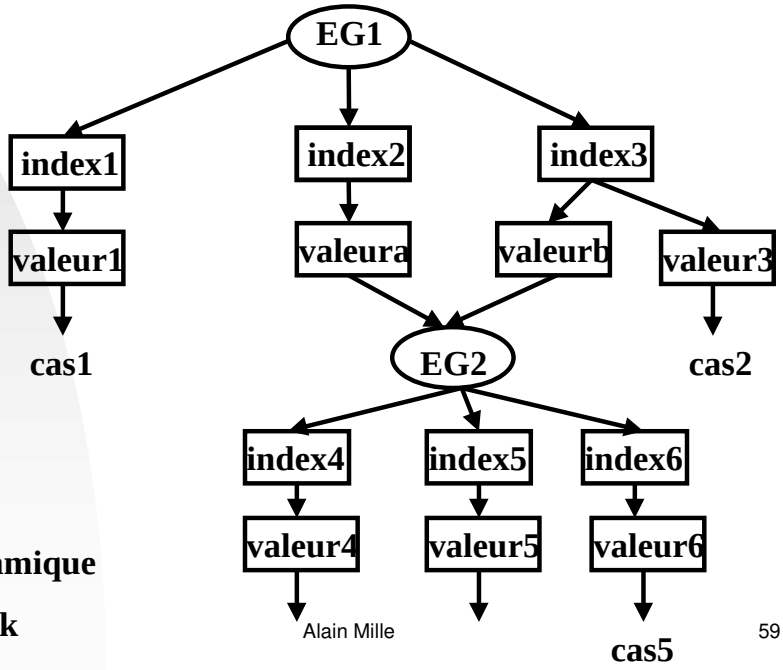
Auxiliaire,
Support,
Pont,
Essentiel.

Alain Mille 57

Organisation des cas

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

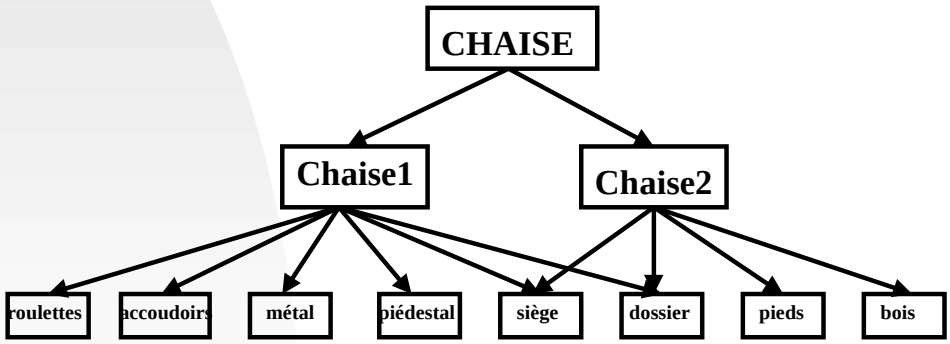
Réseaux de discrimination



Mémoire dynamique de Schank

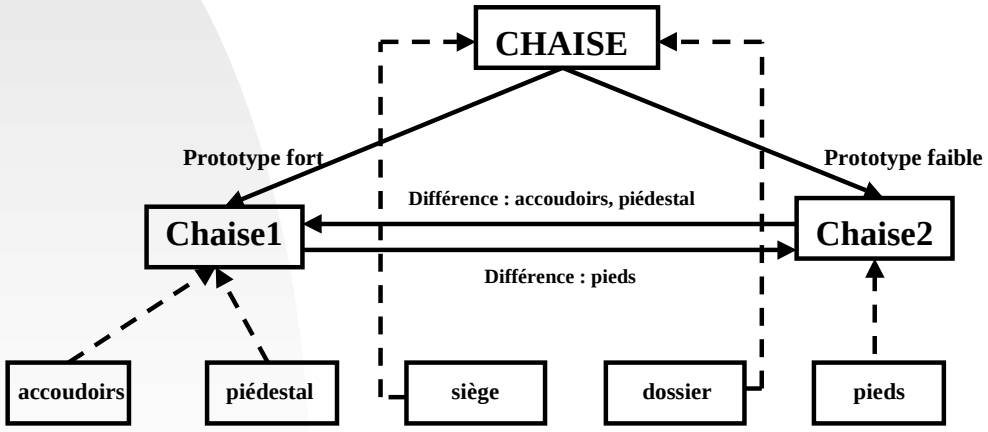
Apprendre des connaissances-1

Exemple : Protos (cas + indexation)



Apprendre des connaissances-2

Exemple : Protos (cas + indexation)



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.

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)

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

Exemples d'outils et application

- L'outil CBR-Works
- L'outil Remind
- L'outil CBR-tools
- Application Prolabo
- Application Interep
- Application Radix
- Application Broadway

Outil CBR*Tools

- Action AID, INRIA Sophia-Antipolis
- M. Jaczynski & B. Trousse
- Constat : Manque d'ouverture des outils existants (modification, ajout de composants difficile ou impossible)
- Nouveau type d'outil en RàPC : Plate-Forme a objets *(en Java)*
- Architecture - Points d'ouverture
- Modèles a objets - Explication en termes de patrons de conception
- Contact: trousse@sophia.inria.fr

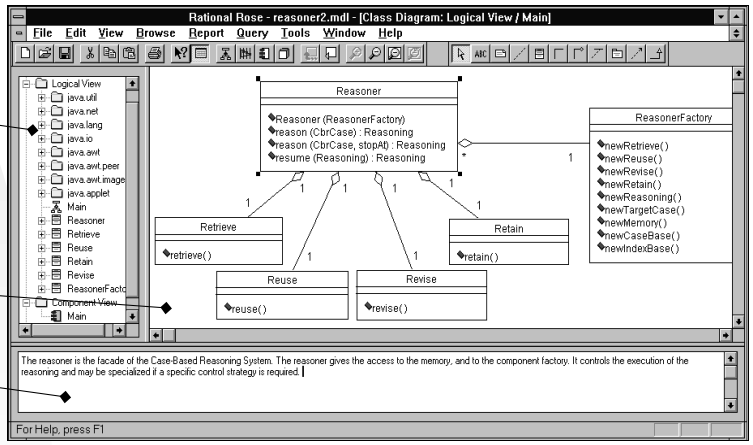
Utilisation de CBR*Tools

1/ manipulation des classes java via éditeur
2/ atelier de manipulation directe des modèles UML

Navigateur

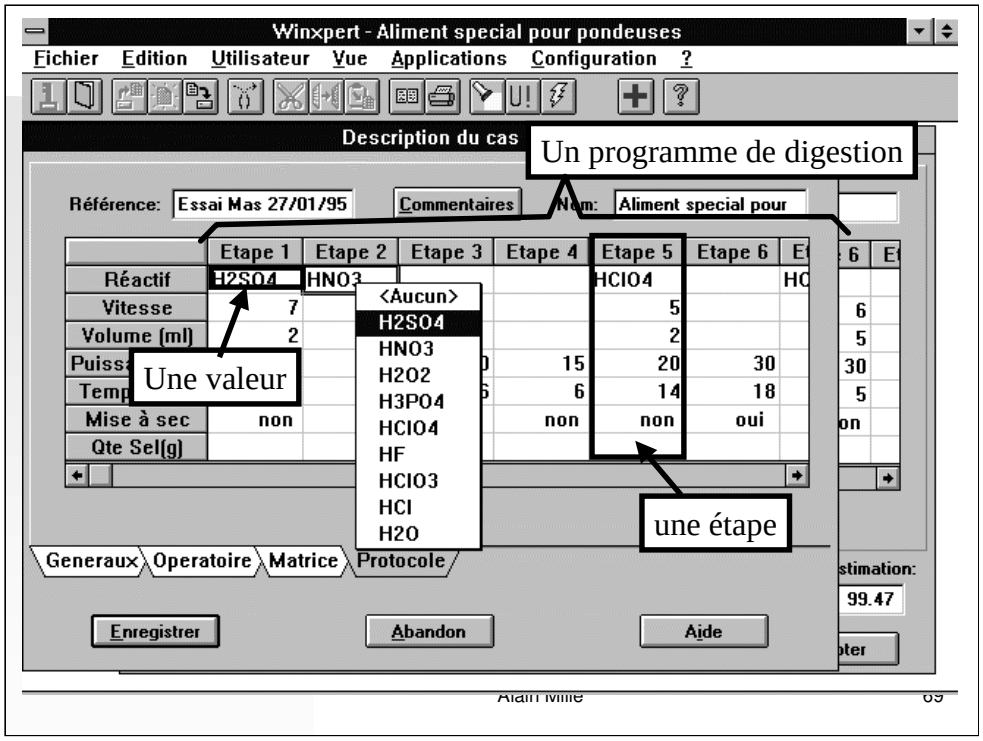
Diagramme de classes

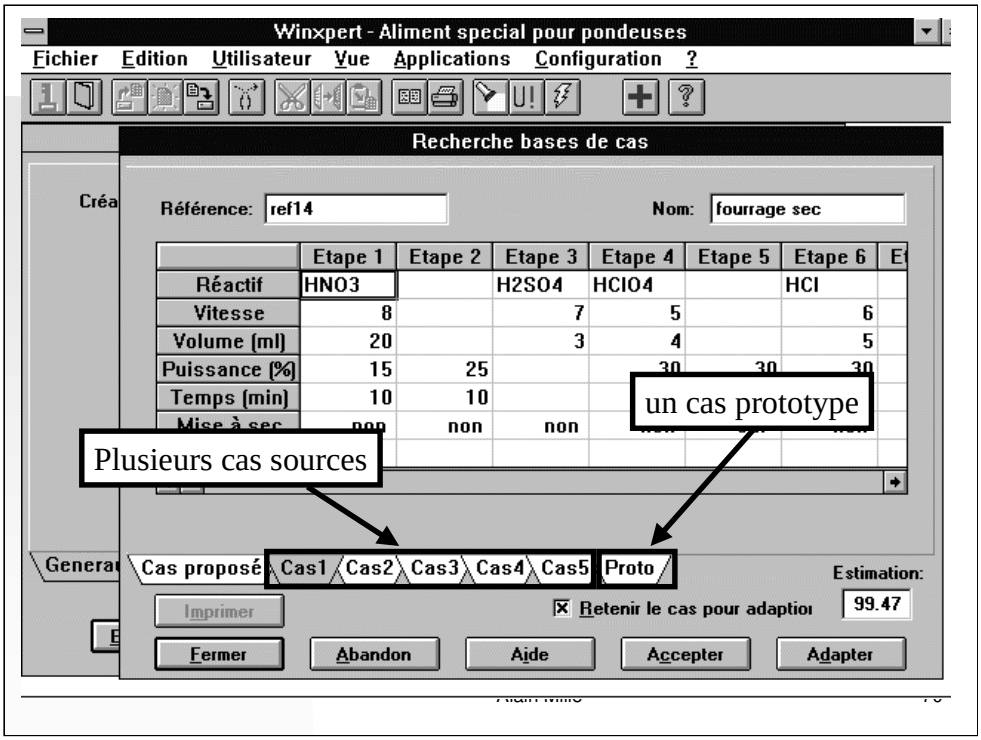
Documentation



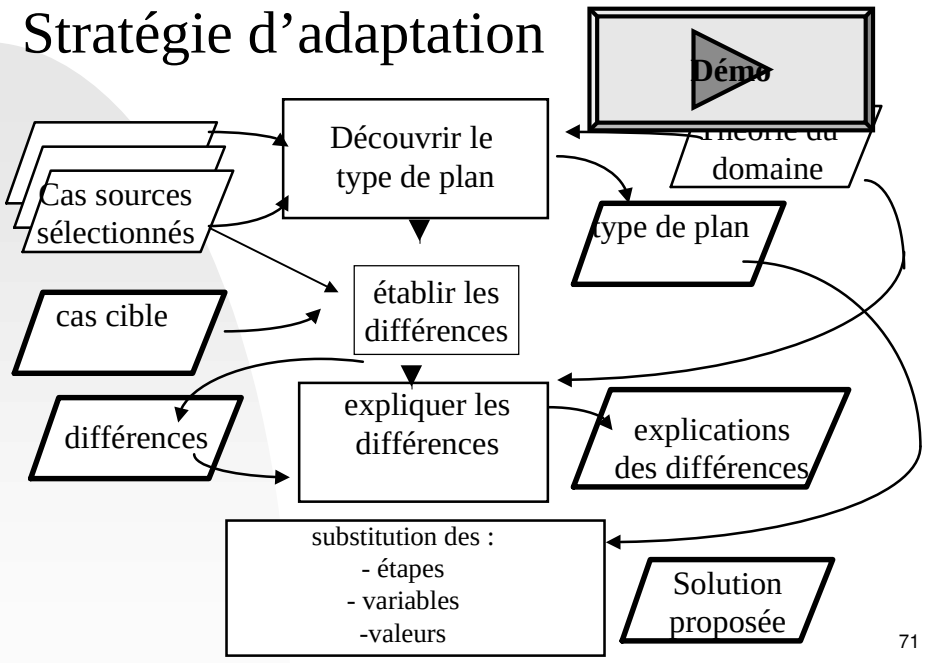
PROLABO / Programmation de minéralisateur micro-ondes

- Un programme de minéralisation est une sorte de recette (plan)
- Plusieurs cas sources et/ou un cas prototype sont utilisés pour créer un cas source à réutiliser
- L ’adaptation est guidée par les différences structurelles relevées avec le cas cible
- Trois niveaux d’adaptation :
  - Le niveau plan.
  - Le niveau étape.
  - Le niveau valeur.


Winxpert - Aliment special pour pondeuses
Fichier Edition Utilisateur Vue Applications Configuration ?
Description du cas
Un programme de digestion
Référence: Essai Mas 27/01/95
Commentaires
Aliment special pour
Etape 1 Etape 2 Etape 3 Etape 4 Etape 5 Etape 6
Réactif H2SO4 HNO3 HClO4
Vitesse 7 5 6
Volume (ml) 2 2 5
15 20 30 30
6 14 18 5
Mise à sec non non non oui
Qte Sel(g)
<Aucun>
H2SO4
HNO3
H2O2
H3PO4
HClO4
HF
HClO3
HCl
H2O
Une valeur
une étape
Generaux Operatoire Matrice Protocole
stimation:
99.47
Enregistrer
Abandon
Aide
Alain Mille
69


Winxpert - Aliment special pour pondeuses
Fichier Edition Utilisateur Vue Applications Configuration ?
Recherche bases de cas
Référence: ref14
Nom: fourrage sec
Etape 1 Etape 2 Etape 3 Etape 4 Etape 5 Etape 6
Réactif HNO3 H2SO4 HClO4 HCl
Vitesse 8 7 5 6
Volume (ml) 20 3 4 5
Puissance (%) 15 25
Temps (min) 10 10
non non non
un cas prototype
Plusieurs cas sources
Cas proposé Cas1 Cas2 Cas3 Cas4 Cas5 Proto
Estimation:
99.47
Imprimer
Retenir le cas pour adaptio
Fermer Abandon Aide Accepter Adapter

Stratégie d'adaptation



RADIX

- Modélisation de l'utilisation d'un explorateur et des tâches de navigation et de recherche d 'information
- Application à la recherche d'information en internet et intranet, en réutilisant l'expérience personnelle
- Partenaire industriel : Data Storage Systems by Chemdata

Radix : les modèles

- Modèle d ’utilisation : tout événement « faisant sens » dans le cadre de l ’application (explorateur) (lien distant, lien local, retour, avance, signet, etc.)
- Modèle tâche : une interprétation des actions :
- **Session unitaire (SU)** : du début à la fin d **’un** épisode de recherche d ’information
- **Tentative unitaire (TU) :** une recherche cohérente autour d ’un sous-but particulier
- **Recherche Unitaire (RU) :** un triplet état-transition-état passant d ’une « page » à une autre « page » de la recherche.
- **Vocabulaire utile (VU)** : les termes « gagnants » pour décrire une page **« utile »** (portée RU, TU ou SU)

Illustration des modèles de Radix
La session unitaire

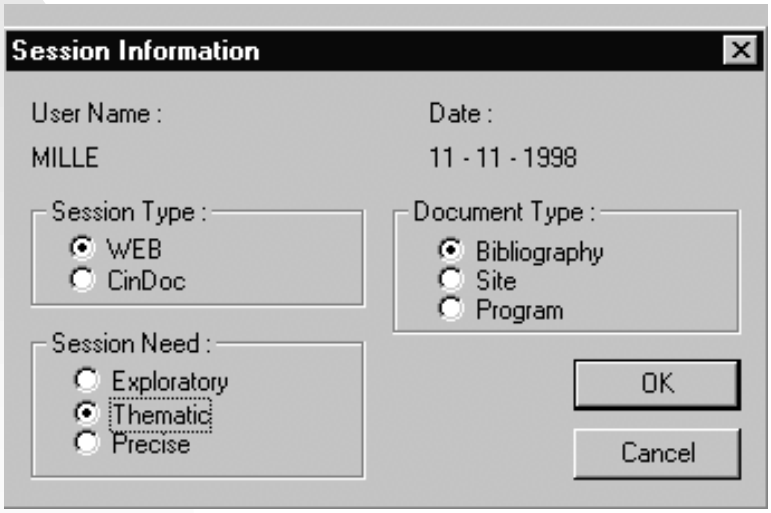
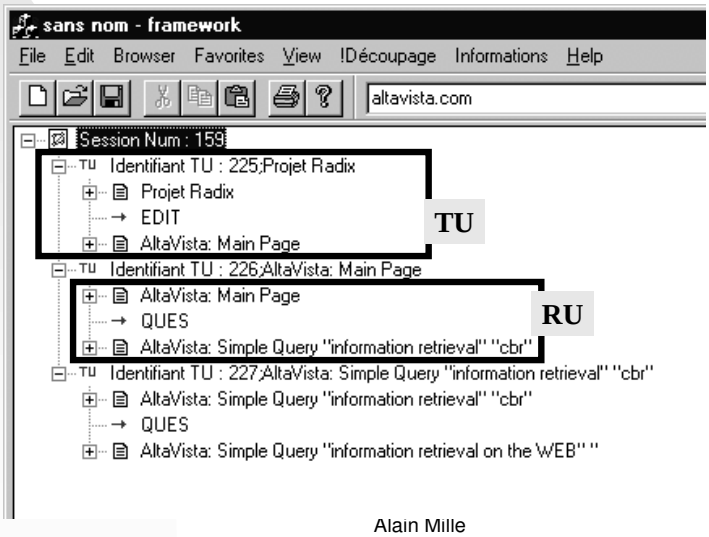
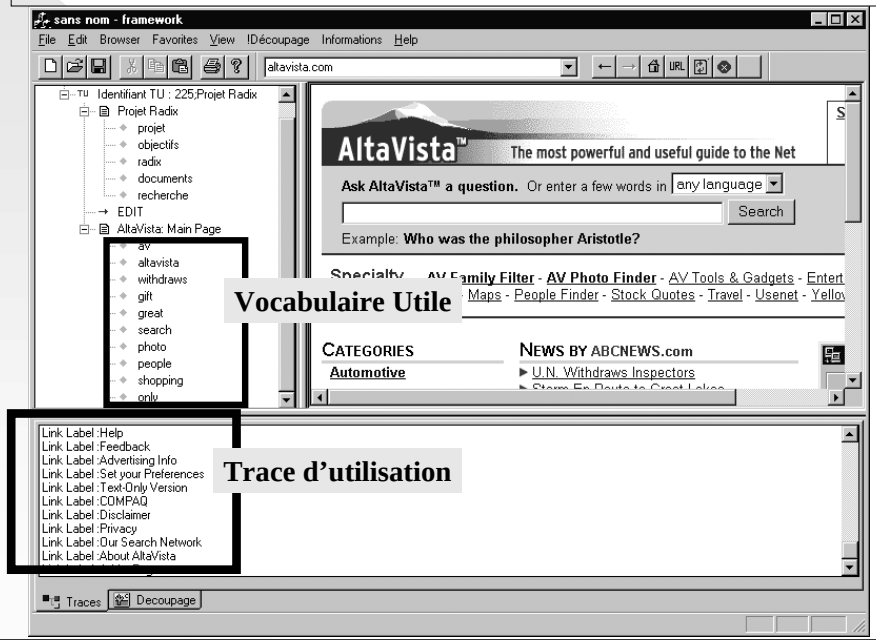


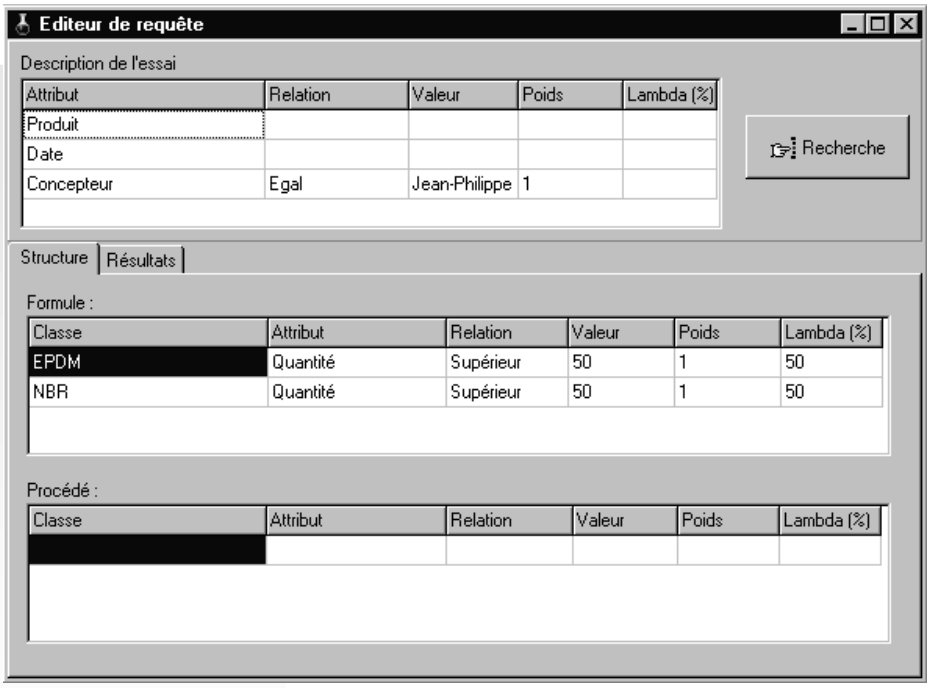
Illustration des modèles de Radix TU et RU



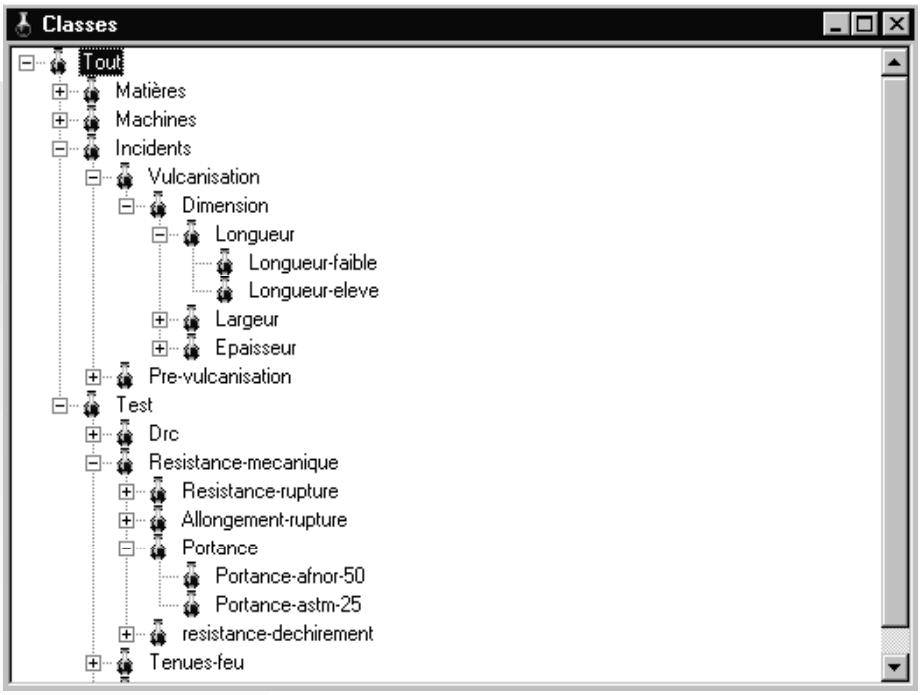
Radix : connecter le modèle d'utilisation et le modèle de tâche



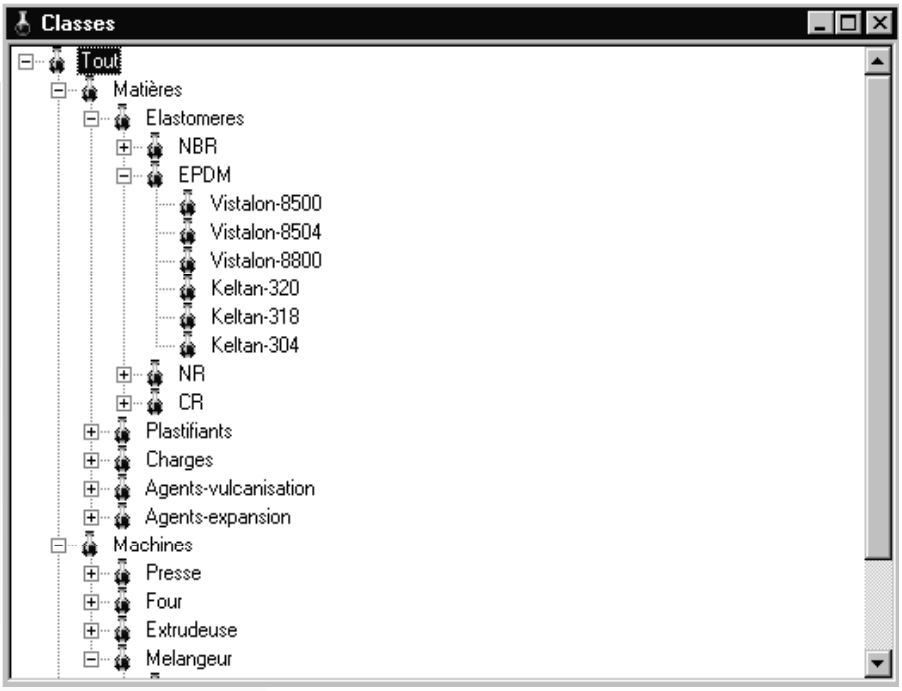
76



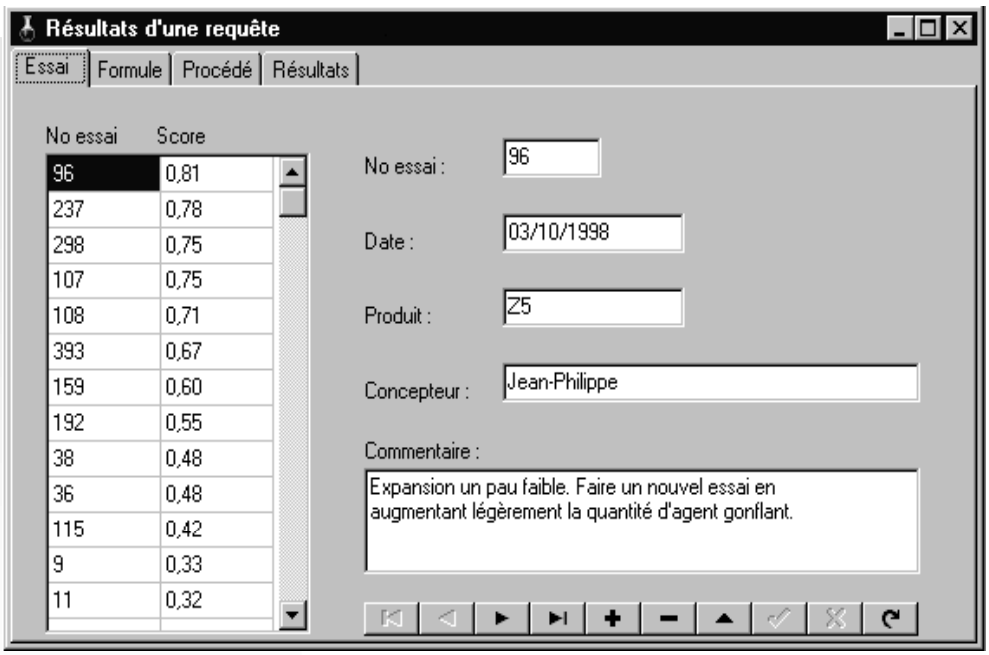
Alain Mille 77



Alain Mille 78



Alain Mille 79



Alain Mille 80