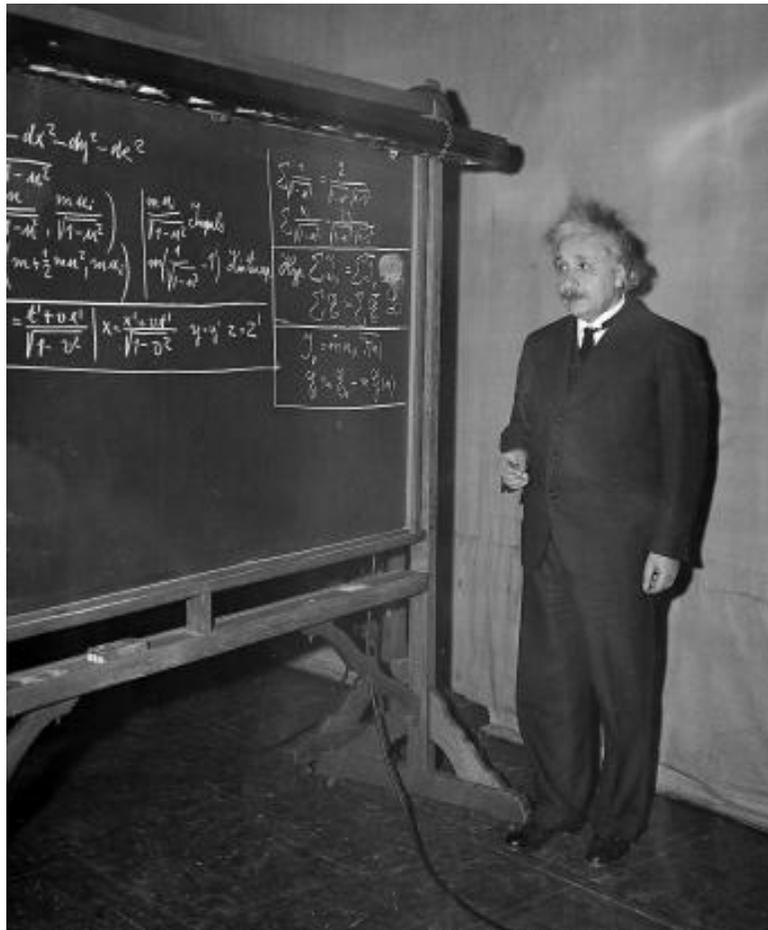
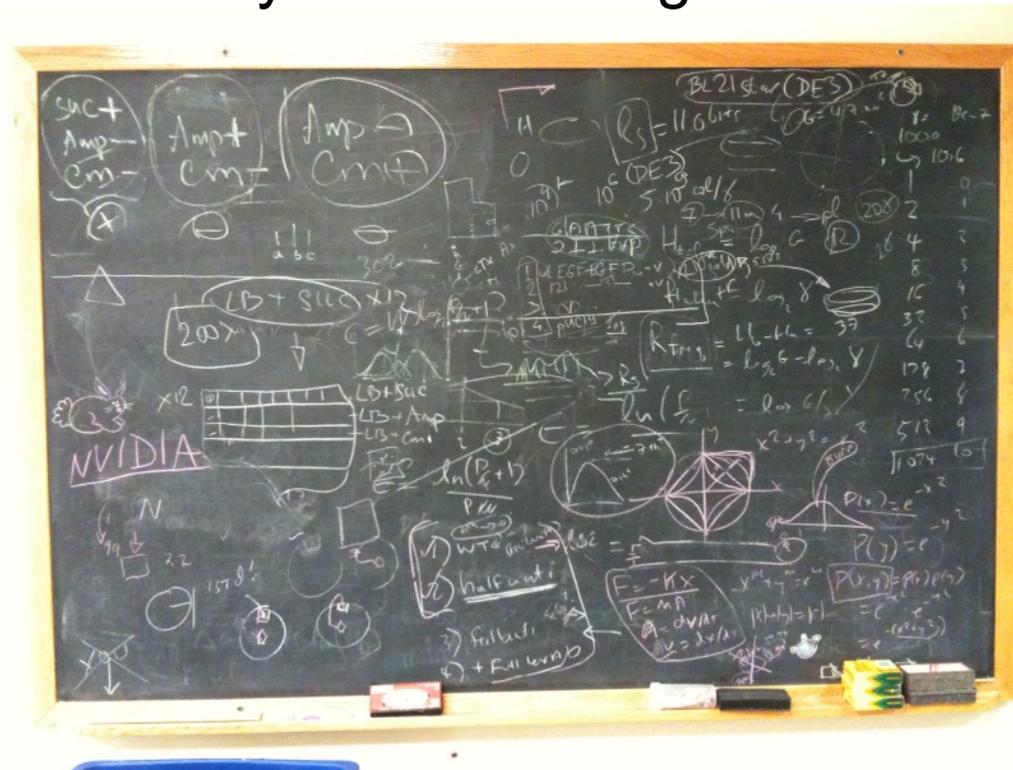


3. Architectures de tableau noir



N. Chaignaud

Développées en IA pour réaliser des « systèmes intelligents »



GM5 - Résolution de pbs en IA

Problèmes des systèmes d'IA

1. Domaines d'applications très complexes (compréhension de langages, reconnaissance de formes, contrôle de processus industriels, aide à la décision, ...)
2. Organisation insuffisante en une base de connaissances (mémoire de travail + mécanisme d'inférence)
3. Expertise hétérogène provenant de plusieurs sources d'informations
4. Expertise peu fiable amenant à des hypothèses incohérentes ou incertaines

systemes experts → systemes multi-experts

Besoins de l'IA

- Prendre en compte la pluralité des sources d'informations ou de connaissances
- Pouvoir les structurer et les exploiter différemment
- Maintenir la cohérence de l'ensemble
- Prendre en compte l'aspect incertain des hypothèses engendrées

Naissance des TN (blackboard)

- Ancêtre des SMA : DVMT pour la surveillance de véhicules dans une région munie de capteurs (SMA à base de TN identiques)
- Modèle de représentation, d'organisation et de traitement de la connaissance
- Résolution de problèmes vue comme un processus *incrémental* et *opportuniste*
- Représentation et résolution du problème à plusieurs niveaux d'abstraction

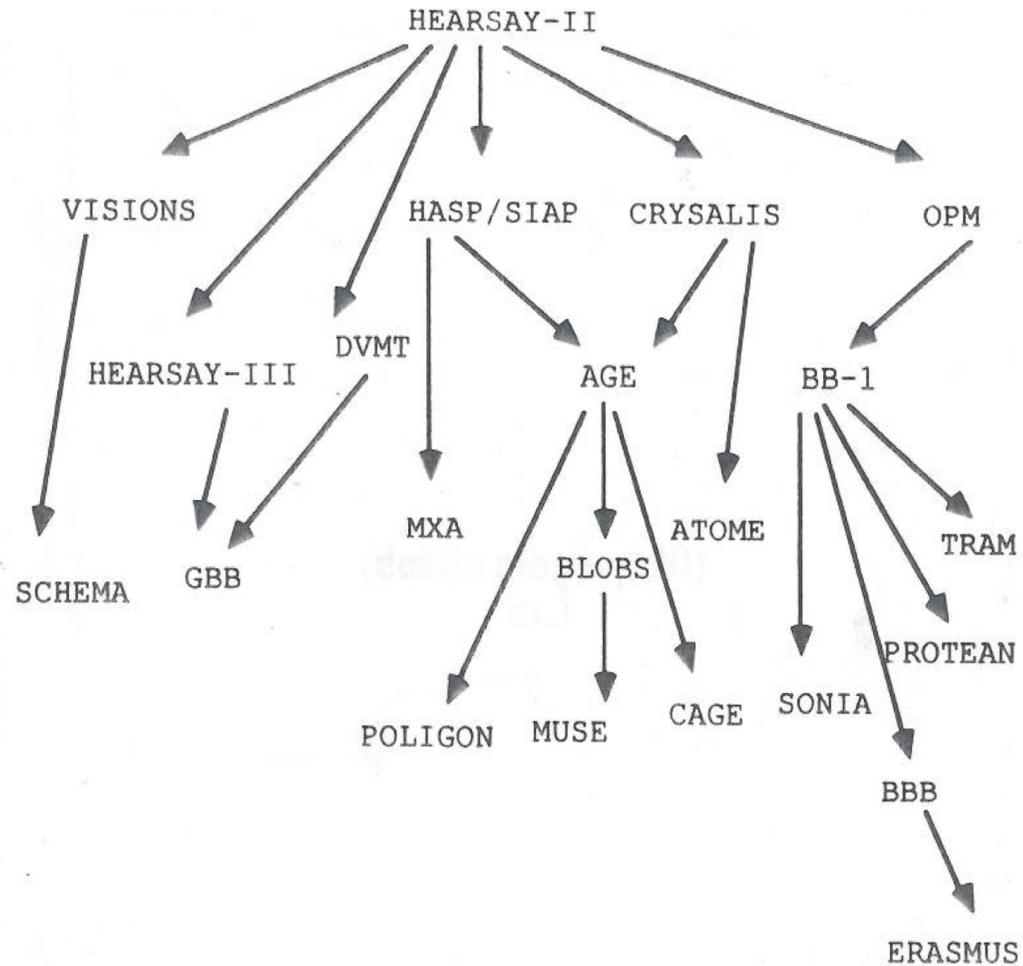
Principes

- Architecture souple fondée sur un découpage en modules indépendants spécialisés dans un sous-domaine
- Interaction entre modules par partage d'informations
 - mémoire partagée (TN) par tous les modules
 - solution courante du problème centralisée
- Contrôle = gestion des conflits et des concurrences entre modules

Sous-système dédié aux problèmes

- de partage des données
- de résolution en commun

Historique



Problème du contrôle

Lorsqu'il y a indéterminisme dans les choix d'un système

- Choix sur
 - la partie de connaissance à appliquer
 - la région des données à traiter
 - les stratégies de résolution à utiliser
- Contrôle capable de
 - juger la qualité de la solution courante
 - évaluer les différentes alternatives
 - interrompre la résolution d'un pb pour en considérer un autre
- Contrôle implicite
 - stratégies de raisonnement apparaissant implicitement
 - englobe les heuristiques du système
 - relativement rapide
- Contrôle explicite
 - stratégies de raisonnement spécifiées explicitement
 - évolutif et modulaire

8 conditions nécessaires mais non suffisantes (Hayes-Roth, 93)

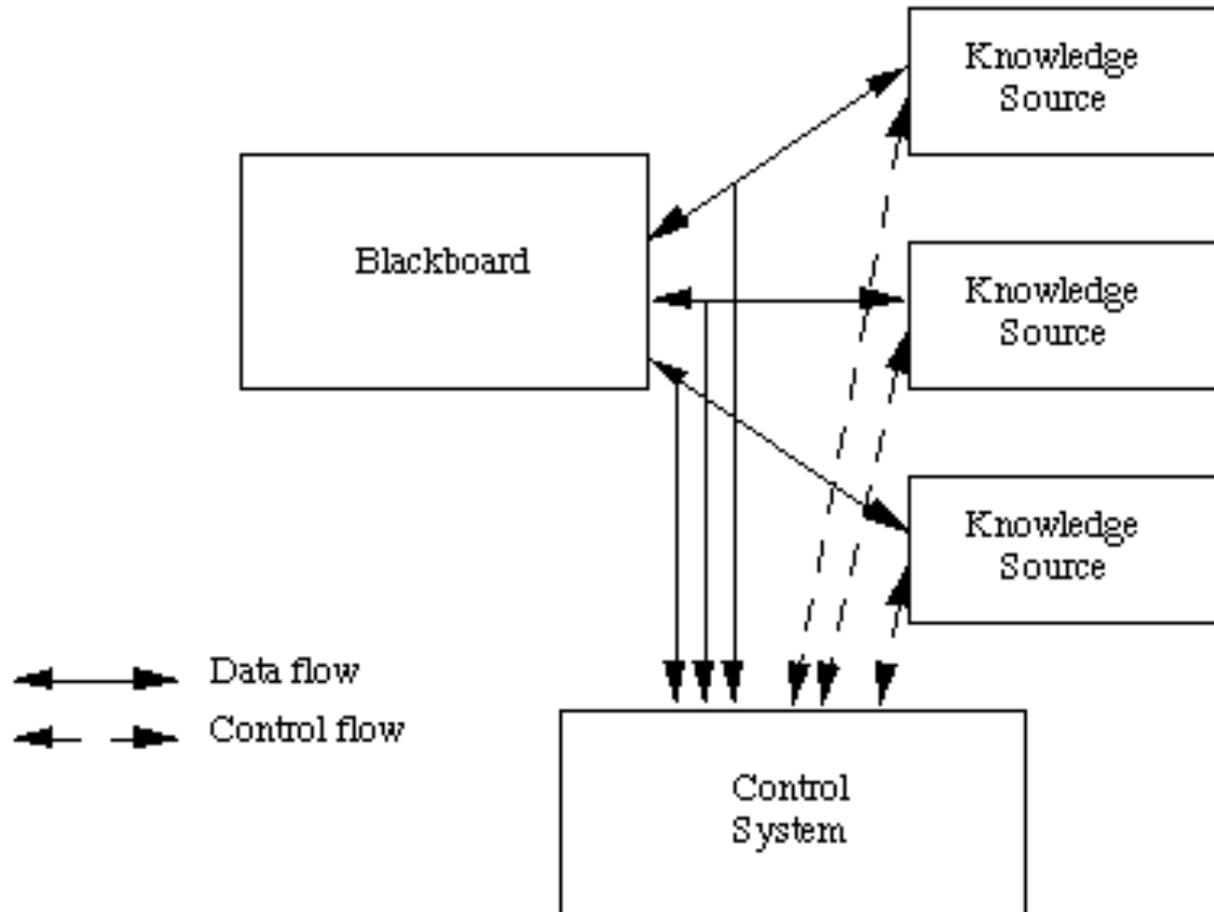
- Donner une méthode de contrôle explicite
- Décider des actions à effectuer en conciliant les décisions désirables et réalisables
- Adopter des heuristiques de contrôle à grain variable
- Adopter des heuristiques de contrôle prenant en compte des priorités entre tâches
- Adopter, garder ou supprimer chaque heuristique de contrôle en fonction de la dynamique de la résolution
- Décider de comment gérer différentes heuristiques de contrôle en fonction de leur importance
- Planifier dynamiquement des séquences stratégiques d'actions
- Raisonner sur les priorités relatives des actions de domaine et de contrôle

Description générale

Trois éléments de base

- Tableau noir
 - base de données structurée, divisée en plusieurs niveaux d'abstraction
 - résultats intermédiaires (hypothèses) pouvant être reliés
- Sources de connaissances (KS) ou spécialistes
 - modules indépendants experts dans des sous-domaines du problème
 - communiquent entre eux via le TN (mémorisent des hypothèses)
 - format *condition* : portant sur les hypothèses du TN
action : ajout, suppression ou modification d'hypothèses
 - accès qu'à certaines hypothèses du TN en lecture et/ou écriture, sans en connaître le producteur, ni les consommateurs
- Mécanisme de contrôle
 - gère les conflits d'accès entre SC actives (partie condition valide)
 - difficile à mettre en oeuvre du fait de la complexité des stratégies
 - événement émis par les SC pour prévenir le contrôle des actions venant d'être effectuées
 - 3 types de contrôle : procédural, hiérarchique et opportuniste

Schéma général



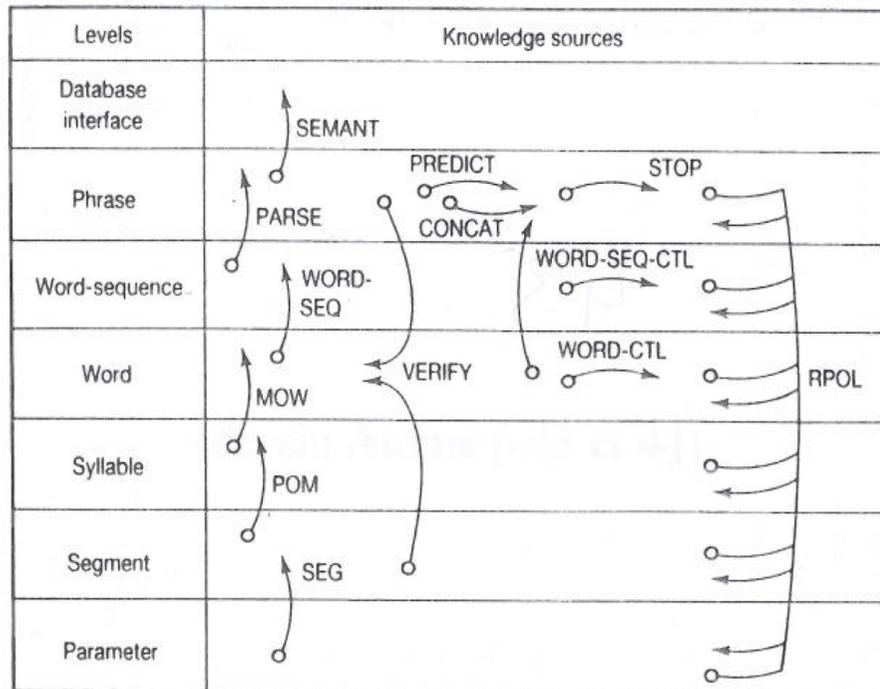
Contrôle procédural

- Ordonnanceur sophistiqué qui sélectionne la prochaine action à effectuer
 - agenda des actions exécutables
 - procédures d'évaluation des heuristiques de contrôle (priorités associées à chaque action potentielle)
- Contrôle implicite lié aux heuristiques
- Cycle de base du mécanisme de contrôle
 - une SC est exécutée et les événements associés sont engendrés
 - les SC intéressées (condition satisfaite) sont placées dans l'agenda
 - l'ordonnanceur trie l'agenda sur les priorités des SC la plus prioritaire est choisie

Hearsay II

- Hayes-Roth et Lesser : DARPA en 1977, Carnegie Mellon
- Reconnaître une phrase prononcée et l'interpréter comme une requête de base de données
- TN
 - 7 niveaux d'abstraction : signal-paramétré, segment, syllabe, mot, séquence-de-mots, phrase, interface-base-de-données
 - Hypothèses du TN caractérisées par : une valeur, une crédibilité (validité), un niveau d'abstraction et des temps de début et de fin dans le signal
 - Hypothèses compétitives ou coopératives
- SC
 - Condition : évalue si la configuration du TN justifie l'émission des hypothèses contenues dans l'action
 - Stimulus-frame : hypothèses du TN satisfaisant la condition
 - Response-frame : estimation de l'apport de la SC

Hearsay II - SC



Signal acquisition, parameter extraction, segmentation and labeling

- SEG: digitizes the signal, measures parameters and produces a labeled segmentation

Word spotting

- POM: creates syllable-class hypotheses from segments
- MOW: creates word hypotheses from syllable classes
- WORD-CTL: controls the number of word hypotheses that MOW creates

Phrase-island generation

- WORD-SEQ: creates word-sequence hypotheses that represent potential phrases from word hypotheses and weak grammatical knowledge
- WORD-SEQ-CTL: controls the number of hypotheses that WORD-SEQ creates
- PARSE: attempts to parse a word sequence and, if successful, creates a phrase hypothesis from it

Phrase extending

- PREDICT: predicts all possible words that might syntactically precede or follow a given phrase
- VERIFY: rates the consistency between segment hypotheses and a contiguous word-phrase pair
- CONCAT: creates a phrase hypothesis from a verified contiguous word-phrase pair

Rating, halting and interpretation

- RPOL: rates the credibility of each new or modified hypothesis, using information placed on the hypothesis by other KSs
- STOP: decides to halt processing (detects a complete sentence with a sufficiently high rating, or notes the system has exhausted its available resources) and selects the best phrase hypothesis or set of complementary phrase hypotheses as the output
- SEMANT: generates an unambiguous interpretation for the information-retrieval system which the user has queried

Hearsay II - Contrôle

- Moniteur
 - détecte les conditions des SC intéressées par les événements
 - place ces parties condition des SC dans l'agenda
 - met à jour une structure contenant les changements venant d'être effectués
- Agenda
 - contient des activités
 - parties condition placées par le moniteur / parties action placées par l'ordonnanceur
- Ordonnanceur
 - calcule les priorités des activités de l'agenda en fonction de l'état du TN et de la structure de contrôle
 - choisit l'activité la plus prioritaire
- Cycle : l'ordonnanceur sélectionne une activité à exécuter dans l'agenda
 - si c'est une condition et si elle est satisfaite, alors évaluation du stimulus-frame et du response-frame et placement de la partie action dans l'agenda
 - si c'est une action, alors mise à jour du TN, repérage par le moniteur des parties condition intéressées et placement dans l'agenda

Hearsay II - Contrôle

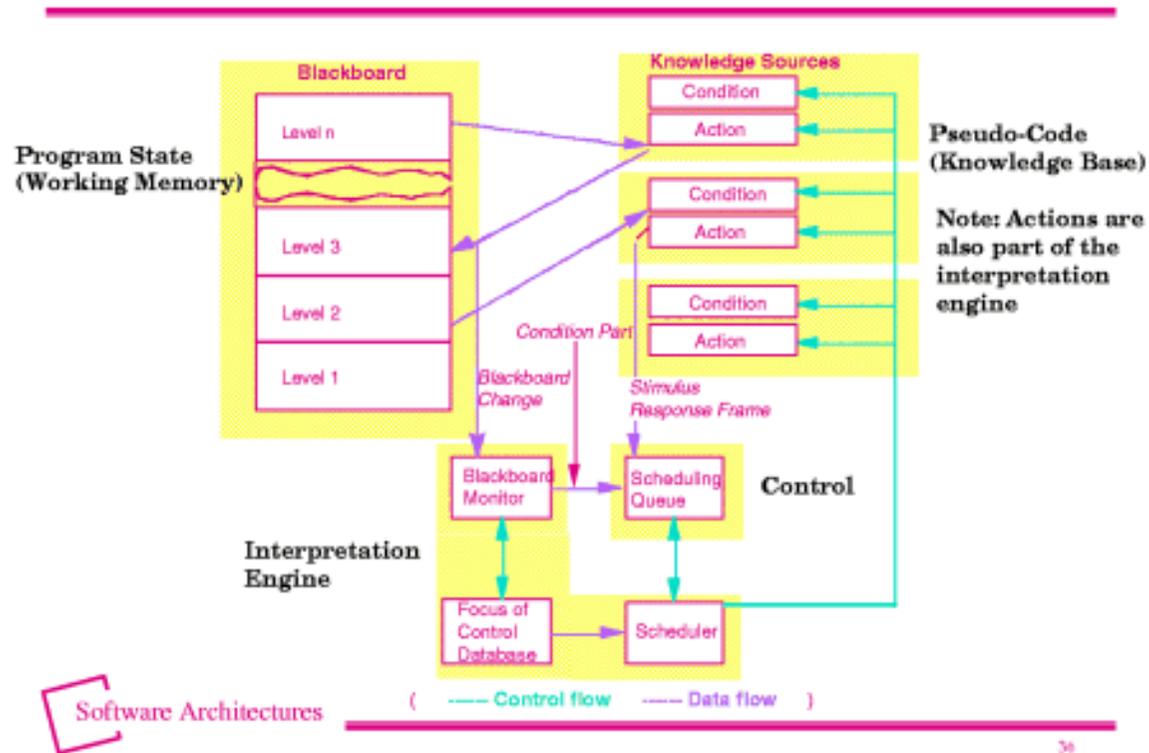
Calcul des priorités (valeurs numériques)

- principe de compétition : faveur à la SC dont le response-frame propose des hyp. de plus haut niveau et de durée plus grande (longueur dans le signal) que les hyp. déjà existantes
- principe de crédibilité : priorité aux activités dont les hyp. du stimulus-frame sont les plus crédibles
- principe d'importance : fonction croissante du niveau d'abstraction des actions contenues dans le response-frame des activités
- principe de satisfaction de but : faveur à la SC dont le response-frame satisfait le mieux les sous-buts (focus)

Heuristiques de l'ordonnanceur pondèrent ces calculs en fonction du TN
HEARSAY-II plus intéressant pour son architecture que pour le projet

Hearsay II - Architecture

Hearsay-II Instance of Blackboard

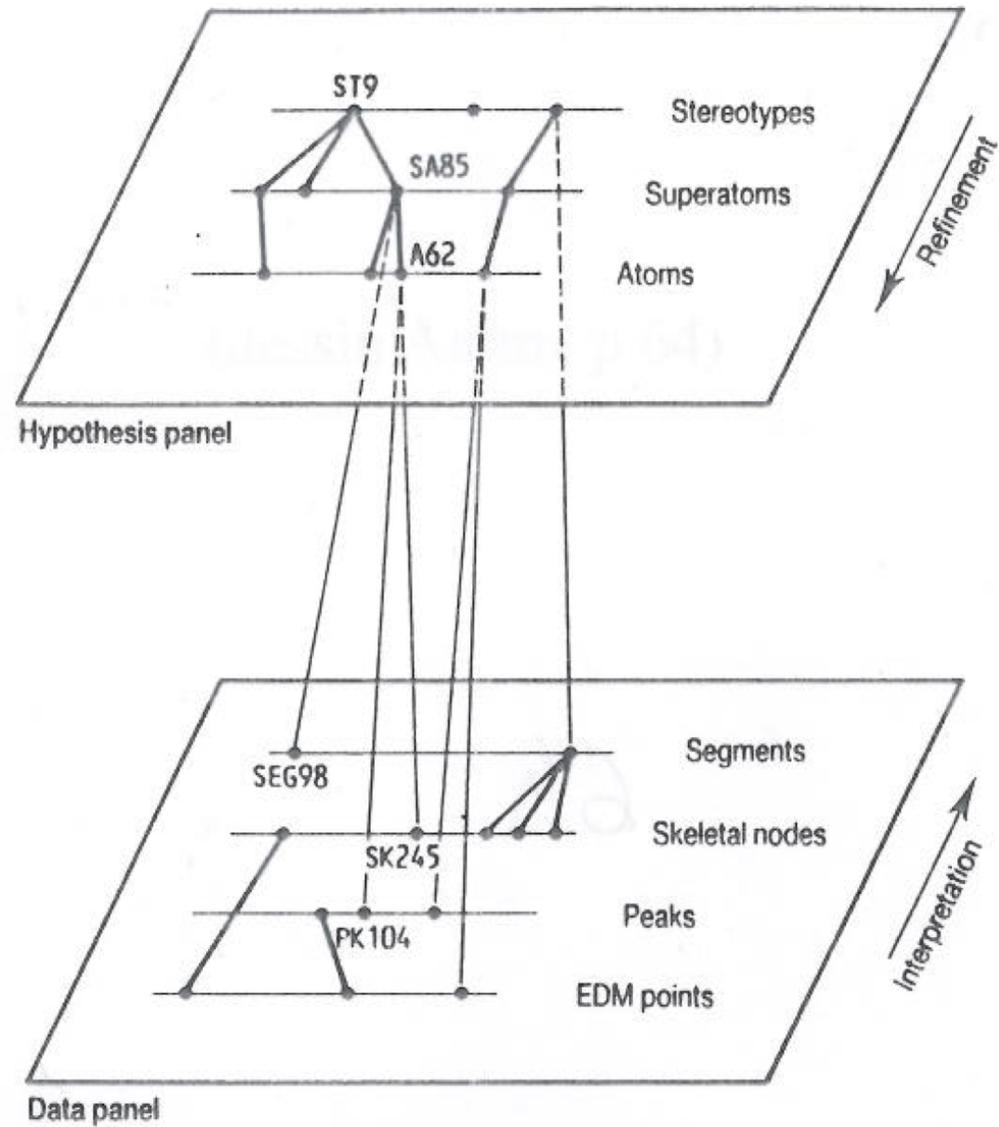


Contrôle hiérarchique

- Connaissances du domaine et de contrôle sous forme de SC organisées en niveaux hiérarchiques
 - Niveau le plus bas : SC du domaine
 - Niveaux supérieurs : SC de contrôle
 - Niveau le plus haut : une seule SC de contrôle global
- L'activation d'une SC à un niveau provoque l'activation de SC du niveau inférieur, jusqu'aux SC du plus bas niveau

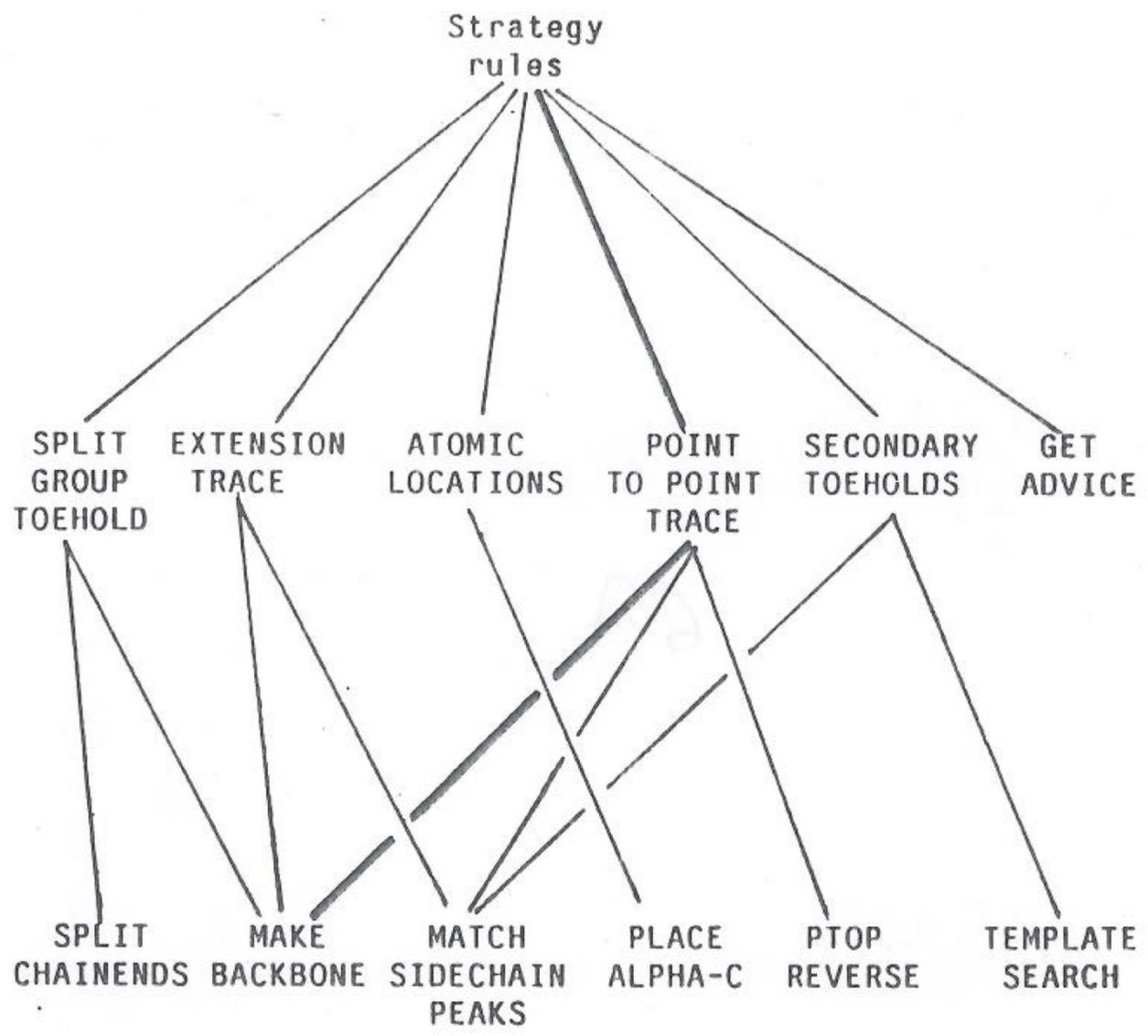
Crysalis

- Terry en 1983 - San Diego et Stanford
- Architecture spécifique pour la cristallographie : retrouver la structure tridimensionnelle de protéines à partir de la diffraction par rayons X
- TN Divisé en deux plans hiérarchiques
 - plan densité : 4 niveaux permettant de décrire la protéine contient les données du problème après diffraction
 - plan hypothèse : 3 niveaux d'abstraction mémorise les éléments de la chaîne de la protéine et leur position dans l'espace à différents niveaux de détail
 - Plan hypothèse lui-même un niveau d'abstraction du plan densité



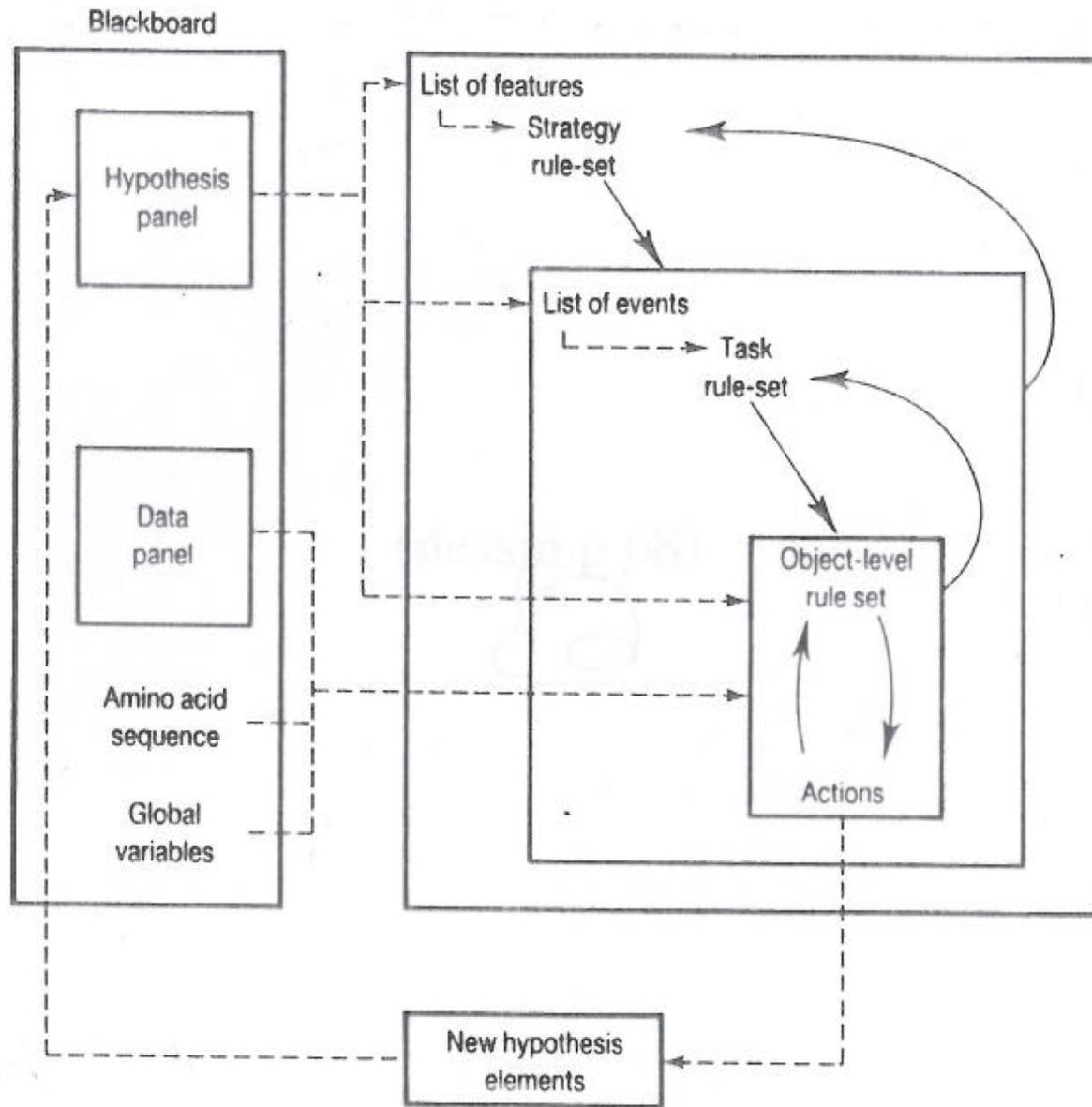
Crysalis - SC

- 2 types de SC
 - SC du domaine
 - SC de contrôle
- SC du domaine
 - les seules à accéder au TN
 - réduites à la partie action
(base de règles - condition non spécifiée)



Crysalis - Contrôle

- 2 structures de contrôle
 - une liste des formes : visualise la chaîne des acides aminés
 - une liste d'événements : ensemble des changements du TN n'ayant pas encore participé à la résolution
- SC de contrôle organisées en 2 niveaux
 - le niveau le plus haut : une seule SC appelée stratégie
 - consulte la liste des formes pour déterminer la démarche
 - oriente le système vers une région non encore explorée (focus)
 - active séquentiellement une ou plusieurs SC du niveau inférieur en leur donnant le focus
 - le second niveau : SC appelées tâches
 - active séquentiellement une ou plusieurs SC du domaine en fonction de la liste des événements et du focus
 - même méthodologie de contrôle des SC du domaine pour chacune des tâches



Contrôle hiérarchique - Bilan

- Avantages
 - une représentation explicite et modulaire des connaissances de contrôle
 - une formalisation structurée du problème : diviser pour régner
 - un nombre limité de SC compétitives à chaque cycle et complexité limitée des stratégies de contrôle
 - un contrôle plus efficace que celui fondé sur des agendas avec calcul de priorités
- Limites
 - ordre d'exécution des SC doit être pré-défini à l'avance

Contrôle opportuniste

- Contrôle à base de TN
- Connaissances de contrôle représentées sous la forme de SC communiquant via le TN de contrôle
- 2 TN
 - 1 TN pour le domaine (construit la solution du problème)
 - 1 TN pour le contrôle (construit un plan de contrôle du système)
- SC du domaine et SC de contrôle sont concurrentes et traitées par un même ordonnanceur

BB1

- Hayes-Roth – 1987 – Stanford (implémenté en Common Lisp)
- Architecture générique : aide au développement de systèmes multi-experts
- 2 TN

TN du domaine

- dépendant de l'application développée avec BB-1, défini par le concepteur
- hypothèses émises par les SC du domaine

TN de contrôle

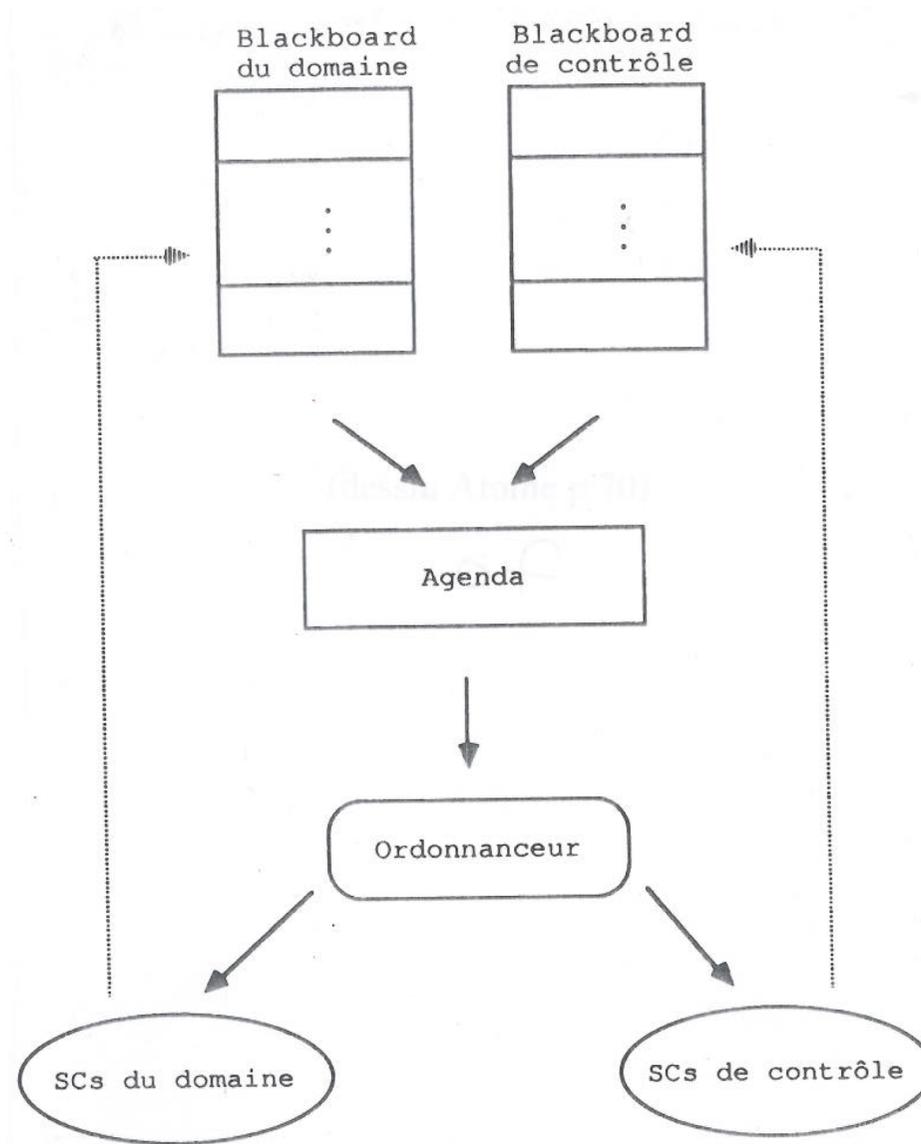
- structure prédéfinie et indépendante de l'application
- 3 niveaux (on peut en ajouter)
 - niveau stratégie : description abstraite et générale du comportement du système durant la résolution plusieurs stratégies peuvent être compétitives, complémentaires ou indépendantes
 - niveau objectif : objectifs qui réalisent une ou plusieurs stratégies, buts locaux pour un laps de temps assez court, plusieurs objectifs peuvent être compétitifs, complémentaires ou indépendants
 - niveau heuristique : décrit la façon dont les coefficients (coût, fiabilité..) associés à une action sont combinés, éléments du blackboard liés au domaine d'application, stratégies, objectifs et heuristiques

BB1 - SC

- SC du domaine
 - accès au TN du domaine
 - dépendantes de l'application, à développer par le concepteur
- SC de contrôle
 - accès au TN de contrôle
 - construisent et maintiennent le plan de contrôle à suivre
 - 2 types
 - SC de contrôle générique : indépendantes du domaine, gèrent l'implantation d'une stratégie donnée en une suite d'objectifs
 - SC de contrôle spécifique : dépendantes du domaine à définir par le concepteur, permettent de prendre des décisions de contrôle, adaptées au **problème**
- SC du domaine et de contrôle caractérisées par
 - une partie condition
 - trigger : tests liés au dernier changement du TN (événement)
 - précondition : tests sur l'état du TN (+ trigger vérifié)
 - une partie action : base de règles de production
 - partie gauche : tests sur les hypothèses du TN
 - partie droite : créations ou modifications d'hypothèses
 - conditions de rejet : conditions pour lesquelles la SC est rejetée de l'agenda des actions exécutables pour être mémorisée dans l'agenda des actions rejetées
 - contexte de travail : ensemble des hypothèses du TN sur lesquelles l'activation de la SC porte
 - coût : estimation du coût de l'activation de la SC
 - fiabilité : estimation de la fiabilité des résultats de la SC

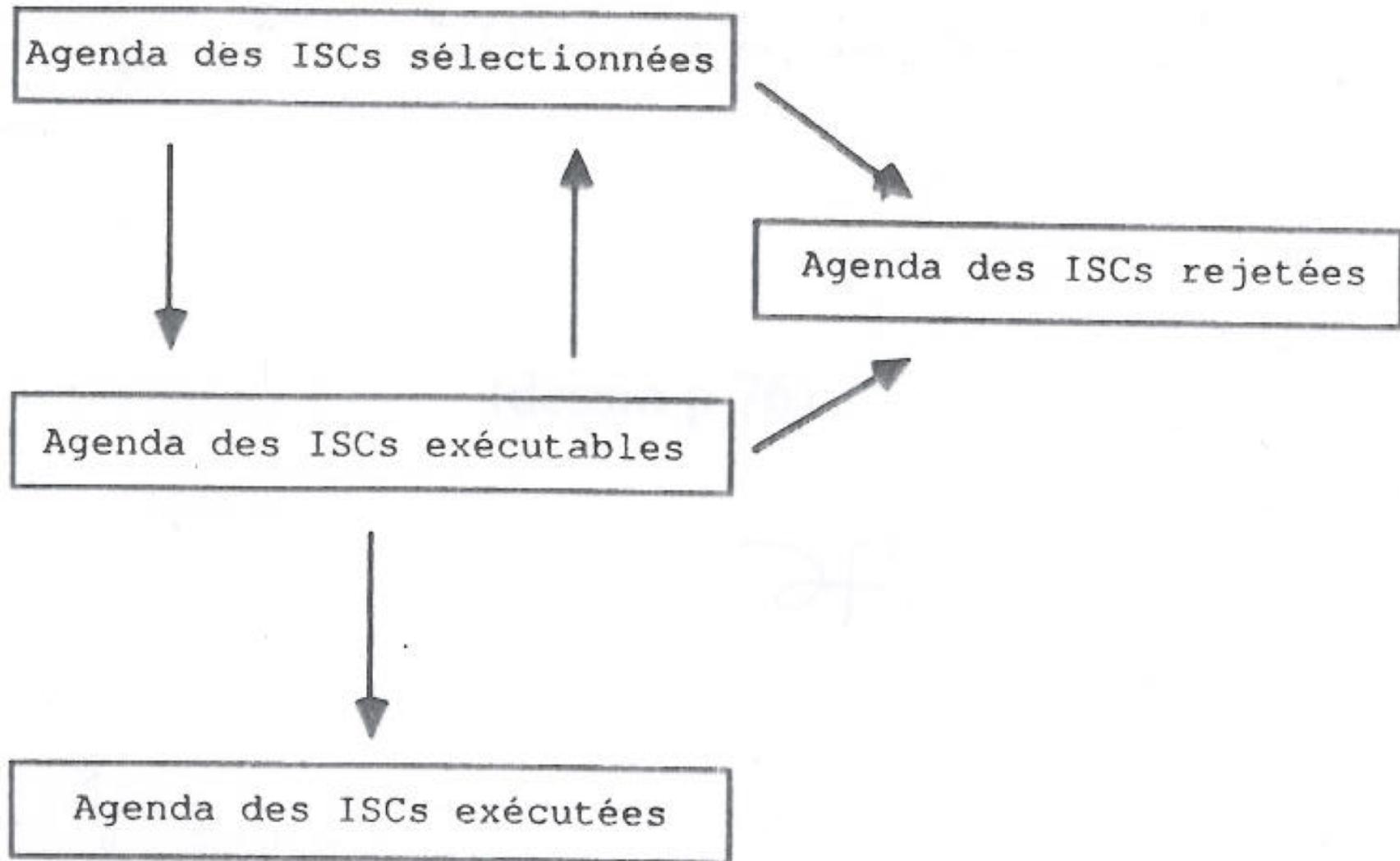
BB1 - Contrôle

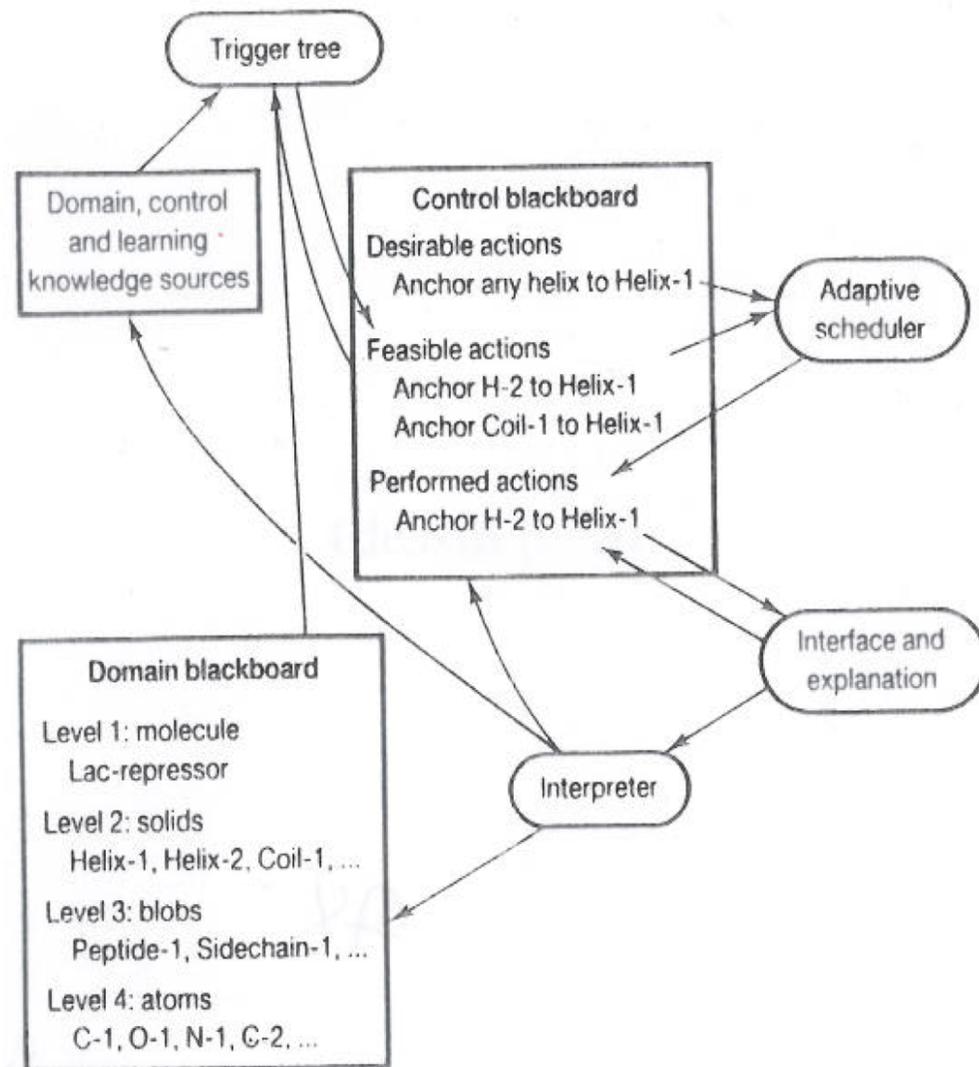
- 4 agendas
 - agenda des SC sélectionnées (dont le trigger est vérifié)
 - agenda des SC exécutables (dont le trigger et les préconditions sont vérifiés)
 - agenda des SC rejetées (conditions de rejet vérifiées)
 - agenda des SC exécutées
- Les 2 premiers servant pour le plan de contrôle
- Les 2 derniers servant pour le mécanisme explicatif



BB1 – boucle de base

- 3 phases
 - phase d'interprétation : au départ, l'utilisateur indique la SC à exécuter pour l'initialisation, ensuite l'ordonnanceur choisit la SC
 - vérifie la validité des préconditions de la SC
 - vérifie que les conditions de rejet ne sont pas valides
 - crée le contexte de travail de la SC
 - exécute les règles de la partie action de la SC
 - crée les événements engendrés sur le TN
 - phase de mise à jour : mise à jour des différents agendas
 - phase de sélection : l'ordonnanceur choisit la prochaine SC à exécuter parmi l'agenda des exécutable
 - évaluer le résultat des heuristiques sur les SC
 - évaluer le résultat des objectifs sur les SC
 - déterminer la priorité des SC en combinant les 2 évaluations précédentes
 - choisir la SC la plus prioritaire
- Le cycle continue jusqu'à ce que les conditions d'arrêt soient rencontrées ou que l'agenda des SC exécutable soit vide





Contrôle opportuniste - Bilan

- **Avantages**
 - ordonnanceur beaucoup plus simple que dans un TN à contrôle procédural
 - séparation très claire des connaissances du domaine et de contrôle indépendance des deux types de SC (maintenance souple)
 - intégration de la résolution du problème et du contrôle dans une même boucle de base (cf. contrôle procédural)
- **Limites**
 - mécanisme de contrôle très lourd (complexe) à implémenter pour des problèmes relativement simples
 - architecture coûteuse en temps d'exécution et en stockage d'informations

TN - Bilan

- Avantages des TN
 - généricité : très utilisée pour implémenter des « systèmes intelligents »
 - modularité et évolutivité : souplesse pour décrire les modules et leurs articulations
 - séparation entre les concepts liés au domaine et au contrôle
 - opportunisme : les SC se déclenchent quand les configurations du tableau les intéressent
- Inconvénients des TN
 - contrainte d'homogénéité des SC : SC décrites sous forme de règles conditions/actions
 - inefficacité en temps d'exécution : la cause est la complexité du contrôle
 - mémoire partagée : manque de localité des informations
 - contrôle centralisé : manque d'autonomie

→ Naissance des Systèmes Multi-Agents (SMA)

TN, architecture la plus utilisée pour implémenter des agents cognitifs dans les SMA