

1. Introduction générale aux Outils de l'Intelligence Artificielle



Bernard ESPINASSE
Professeur à l'Université d'Aix-Marseille



2004

- Historique et problématique de l'IA
- Présentation du cours

Bref historique de l'I.A.

Jusqu'à 1960 :

- représentation de mécanismes généraux de raisonnement
Jeux --> techniques générales
- techniques de démonstration de théorème, recherches arborescentes
I.A. = Science de l'exploration heuristique

- modèle de traitement de l'information se voulant analogue au processus cognitif de résolution de problème de l'être humain,

-> G.P.S. (1959) A.NEWELL, J.C.SHAW, H.A.SIMON:

soit

compromis généralité/ efficacité

Bref historique ...

De 1960 à nos jours :

- représentation de mécanismes de raisonnements inductifs et empiriques
DENDRAL (1960), E.FEIGENBAUM: Interprétation d'analyses chimiques en spectrographie de masse.
- besoins énorme quantité de connaissances
- développement difficile

ce qui à conduit à :

- la séparation des connaissances des mécanismes d'interprétation
- poser le problème de la structuration et de la représentation de la connaissance

IA = Représentation et Interprétation de la Connaissance

Programmes et Connaissance

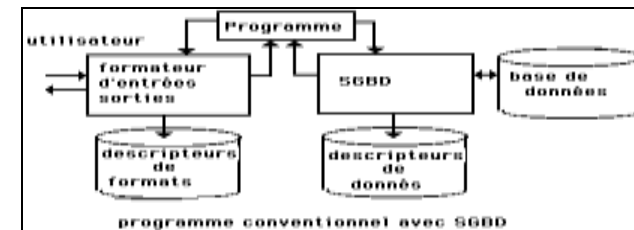
- tous les programmes incorporent de la connaissance
- mais ils peuvent l'incorporer de façon différente:

Programmes conventionnels:

- connaissance exprimée de façon implicite dans les instructions (code)
-> *problème de modification*

Avec systèmes de gestion de bases de données:

- les données (connaissances) sont externes
- les descripteurs de formats internes et externes sont sortis des programmes et mis sous forme déclarative



Programmes et Connaissances

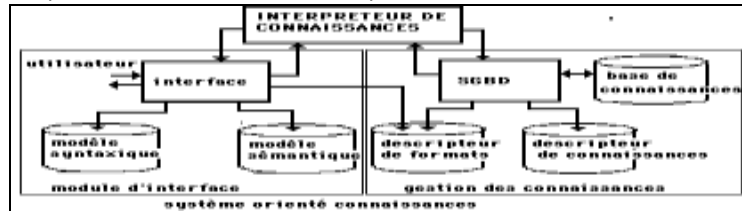
Les systèmes orientés connaissances:

- séparation des phases de calcul des phases de contrôle
- les phases de contrôles sont mémorisées sous forme de tables non-procédurales de "règles" (connaissances)

Mais alors que reste-t-il du programme? Un programme petit et rigide appelé moteur d'inférence, moteur essentiel, interpréteur de connaissances

ce moteur:

- assurera les phases de calcul en faisant appel aux règles
- ne changera pas lorsque une nouvelle connaissance sera ajoutée au système
- est indépendant des connaissances interprétées



Enjeu de la Représentation des Connaissances

• traduction automatique (dés 1946):

- travaux importants sur la syntaxe, le lexique, l'algorithmique
- 1960: échec cinglant, diagnostic négatif (Y.Bar-Hillel):

"l'activité humaine de traduction nécessite le recours fréquent à des connaissances sur le domaine traité. Il n'était pas absurde a priori d'espérer qu'avec des moyens différents, ce recours puisse s'avérer superflu. L'expérience dément cet espoir. Comme il est chimérique de vouloir représenter en machine toute la connaissance, dison d'une encyclopédie, la traduction entièrement automatique de haute qualité est impossible"

- 1980: Traduction Assistée par Ordinateur dans lequel la RdC à un grand rôle

• l'apprentissage:

- mettre l'ordinateur en situation de pouvoir faire des observations que nous avons faites pour qu'il en tire les conséquences que nous avons tirées
- échec car pour apprendre il faut disposer et mettre en oeuvre une importante qté de connaissances préalables -> RdC

• les systèmes experts:

- succès relatif car: identification d'un ens. restreint de Connaissances et représentation et interprétation adéquate des Con.

Représentation des Connaissances

- jusqu'à présent représentation d'informations (données, fichiers de car., images,...)
- qu'a-t-il de plus dans la représentation des connaissances ?

information ? connaissances

Connaissance :

- connaître = opération active=

capacité de mémorisation

+

facultés d'inférences

le problème:

- trouver des structures informatiques permettant:

le stockage d'informations

+

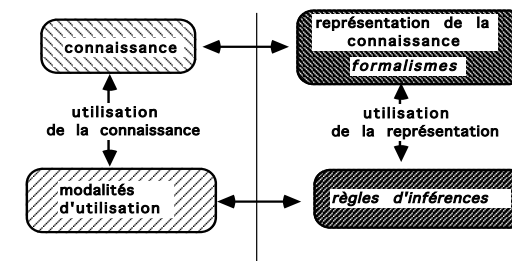
l'utilisation par la machine elle-même de ces informations

Représentation des Connaissances

le problème:

- établir un système de représentation du domaine abordé:

= formalisme + règles d'inférences



- avant tout un problème de *conceptualisation* :
- c'est à dire définir quels sont les concepts nécessaires à l'établissement d'une base de connaissance,

Concepts pour la RdC

• concepts structuraux : objet, propriété, relation

- *Univers* = ensemble d'entités représentées par des objets décrits par des propriétés, objets reliés par des relations

- *élément de connaissances* = un fait

on cherche

- soit a représenter des entités de la réalité ou un modèle de ces dernières
- soit des faits portant sur ces dernières

• concepts liés à l'évolution : états, événement, action

- E1: état des connaissances sur une portion de l'univers

E1 --- actions ----> E2

^

événement

exemple:

E1: Pierre possède une montre

événement: Pierre donne sa montre à Marie

E2: Pierre ne possède plus de montre et Marie dispose de la montre de Pierre

Concepts pour la RdC

• concepts de scénario : Minsky / Charniak 1975)

- connaissances pas disposées en vrac mais structurées en unités d'information
- Chaque occurrence d'un événement type conduit au déclenchement d'un ensemble d'actions

exemple : le scénario "aller au restaurant"

concerne:

- les objets: restaurant, nourriture, menu, tables, chaise, argent,
- les rôles: client, serveur(se),

lieu: salle à manger du restaurant,

événements:

- entrée dans le restaurant
- s'asseoir à une table sur une chaise
- lire le menu
- passer commande
- manger nourriture
- si nourriture très bonne féliciter serveur(se)
- payer la note
- quitter le restaurant,

Débat épistémologique sur la RdC?

• Le rapport entre le sujet et l'objet :

Pour le philosophe, deux pôles fondamentaux dans l'acte de connaissance:

- le pôle **sujet**, pour laquelle il y a représentation; c'est la conscience,
- le pôle **objet** est le contenu saisi par la connaissance; c'est la réalité,

Approche constructiviste (J.Piaget):

il y aura connaissance lorsqu'il y aura mise en présence, intériorisation par le sujet de la réalité connue, production de cette réalité dans l'espace de la conscience: d'une représentation.

Débat épistémologique sur la RdC?

• L'importance relative de ces deux pôles est à l'origine d'un débat épistémologique:

Dès le Moyen Age, plusieurs écoles de pensée s'affrontaient sur la relation entre les concepts et la réalité:

- les "**réalistes**": les notions abstraites comme "chien" ou "personne" ont autant d'existence que des individus tels que "Jules", "médor"
- les "**nominalistes**": seuls les mots donnent une réalité à ces entités générales:

le mot "chien" n'est qu'un artifice du langage nous permettant de nous dispenser d'énumérer l'ensemble des chiens de l'univers et aussi de nous éviter de décrire chaque fois tous les traits liés à cet animal.

- les "**conceptualistes**": existence d'une notion intermédiaire, les concepts, qui ont pour source l'esprit humain et qui constituent des intermédiaires entre les objets réels et les mots qui les désignent :

en linguistique contemporaine on reconnaît l'existence de concepts:

- les signifiés, intermédiaires entre les mots,
- les signifiants, et les objets, les référents

RdC déclarative ou procédurale ?

procédurale:

- elle rend explicite des inter-relations entre des éléments de connaissance
 - la connaissance était avant tout une simulation du réel:
 - la simplicité de leur représentation et facilité de compréhension de leur raisonnement,
 - utilisation de méthodes de résolution plus spécifiques au domaine étudié

déclarative:

- les éléments de connaissance sont indépendants les uns des autres ,
- seul des mécanismes de raisonnements permettront leur inter-relation
 - par des énoncés logiques ou règles de production, ...
 - flexibilité,
 - caractère complet et certaines de leurs déductions,
 - évolutivité de leurs systèmes

1970-1980: polémique entre partisans, depuis les avantages du déclaratif ont été reconnus

Formalisation relationnelle / orientée objet

1980-1988 : nouvelle polémique oppose maintenant les partisans:

- **du formalisme "relationnel"** (règles de production, la programmation logique, les réseaux sémantiques...),

il n'est jamais question d'objet mais de ce qui peut être dit sur ces objets:

- un objet n'existe pas en tant que tel, mais seulement participant à un ensemble d'énoncés logiques dispersés dans la base de connaissances,
- toute information nouvelle entrée dans la base ne concerne pas directement des objets,
- la connaissance n'apparaît que par un raisonnement manipulant ces énoncés logiques afin d'en déduire d'autres et d'en donner la signification,

- **de systèmes "orientés objets"** (schéma, script...)

- la représentation de la connaissance doit être une simulation, une image analogue mais directe des objets et phénomènes,
- l'important n'est pas d'affirmer quelque chose mais de modéliser ce qui est ou se passe,
- les objets ont une existence réelle, un espace propre dans la base de connaissance.

Natures des connaissances (Kaiser 1984)

• classification du point de vue de l'observateur :

- **C.de définition:** *"un quadrilatère est un polygone ayant 4 côtés"*
- **C.évolutives:** *"Pierre est élève de 2°C2 au lycée J.Moulin"*
(fait dont la valeur de vérité pourra être modifiée)
- **C.incertaines:** *"Clovis 1^a est né en 465 après J.C."*
(on ne sait avec certitude si ce fait est exact)
- **C.vagues:** *"les jeunes élèves sont turbulents"*
(on ne sépare pas les personnes en catégories: turbulents/non-turbulents et jeunes/non-jeunes)
- **C.typiques:** *"habituellement, chaque période d'enseignement est consacrée à une seule matière"*
(exprime un fait plausible mais n'exclue pas des exceptions)
- **C.ambigues:** *"avant même le conseil de classe, le professeur savait que 3 élèves de 2°C3 redoubleraient"*
(exactement 3 ou 3 au moins...)

Les grandes méthodes de la RdC

• la logique formelle :

- **logiques standards**
 - **logique des propositions**
 - **logique des prédicats** -> *prolog, SNARK...*
- **logiques non-standard**
 - **logiques modales**
 - **logiques temporelles**
 - **logiques déontique (de la préférence)**
 - **logiques multivalentes**
 - **logiques intuitionniste**
 - **logiques floues**

• modèles psychologiques :

- *la sémantique psychologique, les prototypes*
- *les dépendances conceptuelles et leurs dérivées*

• modèles informatiques :

- *BdD (modèle relationnel)*
- **les réseaux sémantiques (snark,...)**
- **les représentations orientées objets (frames, smalltalk,...)**
- **les règles de production (mycin,snark, ops5,...)**

le marché de l'IA

• 1981-1984

- marché restreint
- acteurs peu nombreux
- offre de produits spécialisés émanant des "start-up" (*compagnies issues des équipes universitaires (LMI, Symbolics, Teknowledge, Carnegie-Group,...)*)
- demande:
 - grandes universités américaines
 - industries dans les domaines de pointe (*aérospatiale, électronique et informatique,...*)
- applications:
 - systèmes experts développés en interne
 - logiciels lourds à manier, diffusion limitée
- non-engagement des grands fournisseurs (IBM,...)
- 150 grandes sociétés US ont des programmes en IA (*Boeing, Ford, GM, Procter & Gamble, ATT, Bell, DEC, Schlumberger,...*)

le marché de l'IA

• depuis 1984 :

- marché plus ouvert
- acteurs plus nombreux
- offre de produits spécialisés de grosses sociétés
- intégration + en + grande de l'IA et informatique classique
- applications:
 - systèmes experts développés par des sociétés spécialisées
 - secteurs d'application les plus dynamiques:
 - *industrie financière: banques, assurances, services financiers*
- engagement des grands fournisseurs (IBM,...)
- principaux champs d'applications :
 - industrie financière:
 - formation de personnel, choix de produits financiers (placement,...), aide à la décision, simulation, prévision, ...
 - industrie manufacturière:
 - amélioration de la production, maintenance, surveillance et contrôle, ...

le marché mondial de l'IA (estimation 1987)

• hors matériel et en millions de \$:

	Monde		Europe		France	
	1985	1990	1985	1990	1985	1990
systèmes experts	151	1411	19	366	10	78
langage naturel	62	377	8	42	1,5	9
recon. de la parole	25	249	3	19	0	4
vision artificielle	12	389	2	29	0,8	6
TOTAL	250	2426	32	456	12,3	97

• répartition géographique :

	1985	1990
US	80%	71%
EUROPE	12,8%	19%
JAPON	7,2%	10%
TOTAL	100%	100%

• répartition technologique :

	1985	1990
systèmes experts	60%	58%
langage naturel	28%	15,5%
recon. de la parole	10%	10%
vision artificielle	5%	16,5%
TOTAL	100%	100%

partie 1 : Logique Formelle pour l'IA

Séance 1 : Systèmes formels

- logique moderne et logique classique
- Systèmes formels :
 - définition,
 - interprétation
 - décidabilité

Séance 2 : Logique des propositions et des prédicats

- logique des propositions : tautologie, organisation déductive et décidabilité
- logique des prédicats : organisation déductive, quantification universelle, décidabilité et spécialisation

partie 2 : La Programmation Logique : PROLOG

Séance 3 : Les fondements théoriques du langage Prolog

- forme prenex, skolemisation, forme normale conjonctive, forme de clauses
- algorithme d'unification
- principe de résolution

Séance 4 : Le programme Prolog

- les assertions, les règles,
- l'effacement
- la remontée
- les règles prédéfinies : le dif(x,y) et la coupure "!"

Séance 5 : Structures de données : listes, suites finies, termes préfixés et N-uplets

- codage, construction et manipulation de listes
- récursivité et négation
- N-uplets et suites finies, termes préfixés, arbres syntaxiques
- liste des feuilles d'un arbre, arbres infinis

partie 3 : La Programmation Déclarative : SNARK

Séance 6 : Systèmes à règles de production et programmation déclarative

- représentation des connaissances : Règles de production en logique d'ordre 0 élargie, Règles de production en logique d'ordre 1 et 2
- interprétation des connaissances : Interpréteur et espace de travail, Cycle de base de l'interpréteur, particularités liées à la logique d'ordre 1, Modes d'inférence de l'interpréteur

Séance 7 : Programmation déclarative : présentation de SNARK

- le langage SNARK : les faits, forme normalisée des connaissances, syntaxe des faits, les Quarks ou objets intermédiaires
- les règles en SNARK : syntaxe des règles, sémantiques, les antécédents, les conséquents
- la métaconnaissance : examen prioritaire, suppression/réactivation de règles,
- le moteur d'inférences : étapes et heuristiques utilisés.

partie 4 : La Programmation Fonctionnelle : LISP (Scheme)

Séance 8 : Du Lamda calcul à la programmation fonctionnelle

- Ambiguïté de la notation fonctionnelle classique
- Définition des lambda-expressions
- Variables libres, variables liées
- Arguments d'une fonction
- Règles d'évaluation des lambda-expressions
- Ordre d'évaluation des lambda-expressions
- Opérations logiques et arithmétiques dans le lambda calcul

Séance 9 : Introduction au langage LISP (Scheme)

- Considérations lexicales : Atomes, Booléens, Nombres, Caractères, Chaînes de caractères, Identificateur, Vecteurs,
- Structures : Paires pointées, Listes, Listes pointées
- L'évaluation
- Structures de contrôle