

Diversité et unité de l'IA : une perspective historique (1930-1990)

Henri Prade

IRIT – Université Paul Sabatier

Toulouse

Résumé

Bien avant la première apparition en 1955, aux Etats-Unis, de l'équivalent anglais de l'expression "intelligence artificielle", différents courants de recherche, en philosophie, en logique formelle, en théorie de la calculabilité, en théorie de la décision, en cybernétique, en neurophysiologie, en psychologie, commencent à voir le jour dans les années 1930, qui tous contribueront d'une manière ou d'une autre à l'émergence de l'idée de "machine pensante" au milieu du siècle dernier. Ces sources d'inspiration multiples et la variété des problèmes abordés, théoriques ou pratiques, contribueront à la mise en place progressive de nombreuses thématiques de recherche (résolution de problèmes, jeux, déduction automatique, représentation des connaissances, planification, diagnostic, apprentissage, intelligence artificielle distribuée, connectionisme, ...), donnant ainsi une image éclatée de l'IA en thèmes spécialisés, en continuant d'entretenir des relations privilégiées avec la robotique, la reconnaissance des formes, la vision par ordinateur, et le traitement du langage naturel. Les années 1980 sont marquées par l'important succès des systèmes experts qui remettent l'IA un temps sur le devant de la scène médiatique. A la fin de cette période commencent à apparaître de nouvelles communautés de recherche autour des systèmes multi-agents, de l'ingénierie de la connaissance, ou de problématiques plus focalisées sur différents types de raisonnement (dans l'incertain, temporel, spatial, non-monotone, à partir de cas, terminologique, argumentatif, ou tournés vers la révision et la fusion d'informations, ou la décision collective, ...). Malgré cette variété de préoccupations, cette diversité encore accentuée par des lignes de séparation entre approches symboliques et approches numériques, entre modèles ouverts aux explications et modèles boîte noire, des passerelles existent qui pourraient être développées davantage, contribuant ainsi à un regain d'unité de l'intelligence artificielle et sans doute à des enrichissements mutuels.

Lente émergence des problématiques de l'IA machine pensante

- formalisation de la pensée
- machines imitant l'homme, autonomes
- Des l'antiquité avec **Aristote** et son *Organon* pour l'Antiquité
Ramon **Llull** et son *ArsMagna* (1305) pour le Moyen-Age
Thomas **Bayes** et Georges **Boole** pour le début des temps modernes
- *Quelques éléments pour une préhistoire de l'intelligence artificielle
dans les quatre derniers siècles* (P. Marquis O. Papini H. Prade) JIAF'14
avant l'arrivée des premiers ordinateurs (1600 – 1940)

Plan de l'exposé

- De 1930 à 1950
 - 1950-1956 : naissance officielle
- De 1950 à 1990
- Diversité et unité de l'IA

mais avant

2 flashbacks

L'homme raisonnant, une question de calcul: 1651

- Thomas Hobbes of [Malmesbury](#) (1588-1679)
- *Per ratiocinationem autem intelligo computationem.*
- « *By ratiocination I mean computation.* Now to compute is either to collect the sum of many things that are added together, or to know what remains when one thing is taken out of another.
Ratiocination, therefore, is the same with addition and subtraction.»

Hobbes (suite)

- « We must not therefore think that **computation, that is, ratiocination**, has place only in numbers, as if man were distinguished from other living creatures (which is said to have been the opinion of Pythagoras) by nothing but the faculty of numbering; for **magnitude, body, motion, time, degrees of quality, action, conception, proportion, speech and names** (in which all the kinds of philosophy consist) **are capable of addition and subtraction.** »

Avant George Boole (1815-1864) et Augustus De Morgan (1806-1871)

- Frédéric de **Castillon** (1747-1814) propose un calcul formel en 1804-05 pour résoudre les syllogismes
- Joseph D. **Gergonne** (1771-1859) reprend en 1816 l'idée des diagrammes ensemblistes introduite par Leonhard **Euler** (1707-1783) pour visualiser les raisonnements syllogistiques, identifie les *cinq relations possibles entre deux ensembles*, et caractérise les syllogismes *valides*
- Gergonne a aussi proposé la *régression polynomiale* (1815-16)

À partir des années 1930

Différents courants de recherche

- en philosophie
- en logique formelle
- en théorie de la calculabilité
- en théorie de la décision
- en neurophysiologie
- en cybernétique
- en psychologie

En philosophie

Logique pour l'étude de problèmes scientifiques, épistémologie, puis [l'empirisme logique](#) du Cercle de Vienne

- Gottlob **Frege** (1848-1925)
- Bertrand **Russell** (1872-1970)
- Ludwig **Wittgenstein** (1889-1951)
- Willard Van Orman **Quine** (1908-2000)
- Robert **Blanché** (1898-1975)

Logique et probabilités

- Rudolf **Carnap** (1891-1970)
- Hans **Reichenbach** (1891-1953)

Explication scientifique

- Carl Gustav **Hempel** (1905-1997) (paradoxe de la confirmation)
- Karl **Popper** (1902-1994)

En logique formelle

La question des **fondements des mathématiques**

- *Principia mathematica* d'Alfred North Whitehead (1861-1947) et Bertrand Russell
- Kurt **Gödel** (1906-1978) théorème d'incomplétude (1931)
- logique *intuitionniste* (rejette le principe du tiers exclu) d'Arend **Heyting** (1898-1980), à la suite de l'approche constructive des mathématiques de Luitzen Egbertus Jan **Brouwer** (1881-1966)
- Alfred **Tarski** (1902-1983) :
concepts de vérité, sémantique et théorie des modèles
- Théorie de la **déduction en logique classique** :
Leopold **Löwenheim** (1878-1957), Thoralf **Skolem** (1887-1963),
Jacques **Herbrand** (1908-1931), et Gerhard **Gentzen** (1909-1945)
(déduction naturelle et calcul des séquents)
- points de départ des travaux de Martin Davis (né en 1928) et Hilary *Putnam* (né en 1926) en 1960, et de John Alan *Robinson* (né en 1928) en 1965

En théorie de la calculabilité

- Alan Turing (1912-1954) *fonctions calculables*
 - Alonzo Church (1903-1995) *lambda calcul*
- les fondements de l'informatique

En théorie de la décision

- John Maynard **Keynes** (1883-1946) défenseur d'une vision non fréquentiste des probabilités, plus proche de la logique
- Richard **von Mises** (1883-1953) (point de vue fréquentiste)
- Frank P. **Ramsey** (1903-1930) ami, traducteur de Wittgenstein, problème de décision en logique du premier ordre, et idée de probabilité subjective basée sur l'idée de pari
- Bruno **De Finetti** (1906-1985) qui développa (indépendamment) la théorie des *probabilités subjectives*, base de la théorie de la décision de Leonard Savage (1917-1971) (justification axiomatique de l'utilité espérée)
- I. J. **Good** (1916-2009) statisticien qui travailla avec Turing en cryptologie, et qui contribua à la modélisation de la causalité, les *probabilités imprécises*

En théorie de la décision (2)

- **John von Neumann** (1903-1957)

modélise la décision dans le risque et fonde la théorie des jeux en 1944 (avec Oskar **Morgenstern** (1902-1977))

... mais aussi l'architecture des **calculateurs**,

la possibilité de construire des machines intelligentes
"The computer and the brain" Yale University Press, 1958

- John Forbes **Nash** (né en 1928)

équilibre dans les jeux non coopératifs

- George L. S. **Shackle** (1903-1992)

influencé par Keynes, approche non additive de la décision dans l'incertain basée sur la notion de degré de surprise (théorie des possibilités)

Naissance de la recherche opérationnelle

- avec la 2nde Guerre mondiale
- En 1940, Patrick Blackett (1897-1974) un physicien est appelé par l'état-major anglais à diriger la première équipe de recherche opérationnelle
- pour résoudre des problèmes d'implantation optimale de radars de gestion des convois, ...

En neurophysiologie

Warren McCulloch (1898-1969)

& Walter Pitts (1923-1969)

1943 "A logical calculus of ideas immanent in nervous activity" Bulletin of Mathematical Biology

Un neuropsychologue **Donald O. Hebb** (1904-1985) met en évidence des mécanismes d'apprentissage neuronaux

De son côté, le neurophysiologiste **William Grey Walter** (1910-1977) construisit deux robots (nommés Elsie et Elmer), capables d'un comportement adaptatif en réaction à des sollicitations lumineuses.

En cybernétique

- **Norbert Wiener** (1894-1964)
- Information
- Interactions entre parties d'un système
- Rétroaction
- Perspective *interdisciplinaire*
- William Ross Ashby (1903-1972), un psychiatre anglais, construit en 1948, un système appelé *homéostat*, fait de modules de commande interconnectés, capable de s'adapter à son environnement et ayant des capacités d'apprentissage par renforcement.

En psychologie (cognitive)

- Jean **Piaget** (1896-1980)
“Traité de Logique. Essai de Logistique Opératoire”.
Armand Colin, Paris, 1949
- Jean-Blaise **Grize** (1922-2013)
Intérêt à la fois
pour la dimension formelle du raisonnement
mais aussi pour ses aspects cognitifs
pour le raisonnement de sens commun
Le raisonnement plausible, le raisonnement argumentatif

1950 Peut-on construire des "machines à penser" ?



Alan Turing (1912-1954)

1948: "Machine Intelligence"

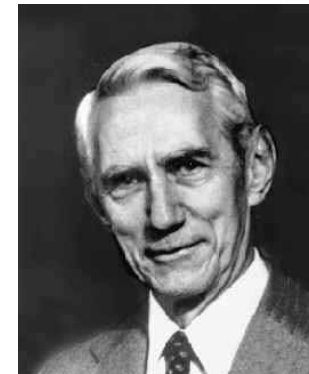
1950: "*Computing machinery and intelligence*"

1952: "Can automatic calculating machines be said to think?"

Claude Shannon (1916-2001) utilise l'algèbre de Boole pour décrire des machines à relais,
théorie de l'information

1950: "A chess-playing machine"

Scientific American



Lotfi Zadeh (1921) *logique floue*

1950: "Thinking machines - a new field in electrical engineering" Columbia Eng. Quater.



En France

Louis Couffignal. *Les Machines à Penser.*

Les éditions de Minuit, 1952;

2nde édition refondue et corrigée, 1964.

Chapitres :

Qu'est-ce qu'une machine -

Les machines qui additionnent et qui écrivent -

Les machines qui savent lire et choisir -

Les machines à calculer universelles -

Les machines à calculer analogiques -

Les mécanismes - La cybernétique - L'analogie -

L'information - Machine nerveuse, mentalité -

Le domaine des machines à penser -

Le dépassement de l'homme par la machine,
la logique mécanique - Utilisation des machines et
des mécanismes informationnels



« A proposal for the Dartmouth summer
Research Project on artificial intelligence » 1955!

4 signataires:

- [John McCarthy](#) et [Marvin Minsky](#)
- Nathaniel Rochester et Claude Shannon

Nathaniel Rochester (1919-2001)

concepteur de l'ordinateur IBM701

auteur du premier programme en assembleur

10 participants en tout

naissance officielle aux *Etats-Unis*

1956: 'Artificial Intelligence'

Dartmouth College (Hanover, New Hampshire)

John McCarthy (1927-2011)

- vision **logique**

de la représentation des connaissances

- LISP



Marvin Minsky (1927-2016)

- construit le premier réseau de (40) neurones artificiels qui simulait un rat cherchant sa nourriture dans un labyrinthe : le SNARC ("Stochastic Neural Analog Reinforcement Computer")

- Etudie les perceptrons (avec Seymour Papert (né en 1928), à la suite de Frank Rosenblatt (1928-1971) qui les invente en 1957

- usage de représentations *structurées* (*frames*)

- « Society of Mind »



6 autres participants:

Allen Newell

Herbert A. Simon

Oliver Selfridge

Arthur Samuel

Ray Solomonoff

Trenchard More

Alan Newell (1927-1992)



et *Herbert Simon (1916-2001)*,



1956: 1er programme d'ordinateur capable de *démontrer des théorèmes* en logique

1959: General Problem Solver (**GPS**) résoud des problèmes à partir d'une analyse "moyens - buts"

(avec John Cliff Shaw (1922-1991))

Oliver **Selfridge** (1926-2008)

pionnier de la **reconnaissance des formes**
et de l'apprentissage

à l'origine des idées
de filtrage (« pattern matching »),
et de « démon », qui permet d'associer des
mécanismes opératoires au processus de filtrage,
fort utile pour les systèmes à base de connaissances.



Selfridge, O. (1955). Pattern recognition and modern computers.
In Proc. Western Joint Computer Conf., Mar. 1-3, pages 91–93.
Institute of Radio Engineers, New York.

Selfridge, O. G. (1959). Pandemonium : A paradigm for learning.
In Blake, D. V. et Uttley, A. M., éditeurs : Symp. on
Mechanisation of Thought Processes, London, Nov. 24-27, 1958,
pages 511–529.

Arthur L. **Samuel** (1901-1990)

- programmes capables de *jouer aux dames*
programme basé sur des idées d'apprentissage,
capable de gagner contre de bons joueurs

père de la méthode d'élagage α - β

Samuel, A. (1959). Some studies in machine learning using the game of checkers. IBM Journal, 3 (3) :210–229.

Samuel, A. (1967). Some studies in machine learning using the game of checkers. II. Recent progress, IBM Journal, 11 (6), 601-617.

Travaillera à la fin de sa vie avec Donald Knuth sur le TeX project

Ray **Solomonoff** (1926-2009)

Solomonoff, R. J. (1956).

An inductive inference machine.

Technical Research Group, New York City. 61 p



Trenchard **More**

Système de déduction à la Gentzen

Trenchard More, John McCarthy, Marvin Minsky, Oliver Selfridge, Ray Solomonoff - 2006

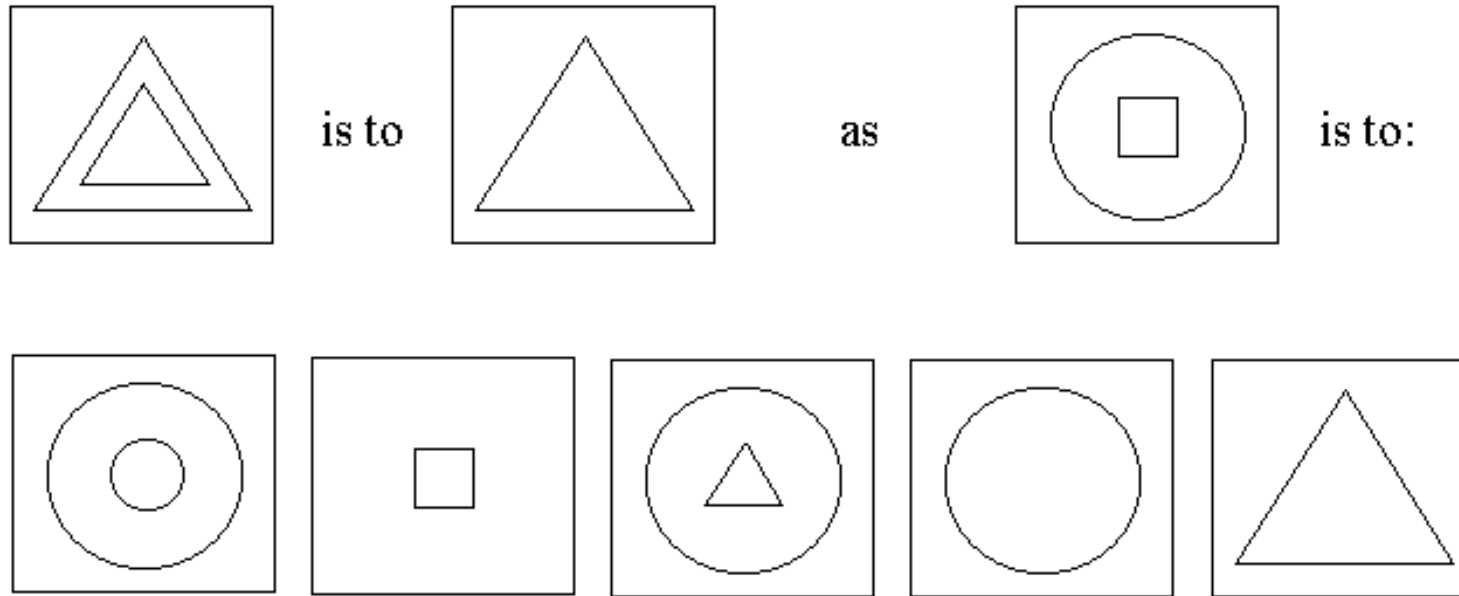


Premiers succès

- 1958. premiers programmes d'Alex **Bernstein** pour les échecs
- 1959. Herbert **Gelernter** (né en 1929) réalise le premier démonstrateur (GTP) de théorèmes en géométrie élémentaire
- 1963. Robert **Lindsay** développe SADSAM (pour « Syntactic Appraiser and Diagrammer Semantic Analyzing Machine ») un programme capable d'établir et de raisonner sur des relations entre des items cités dans un discours
- 1963. James **Slagle** (né en 1934) réalise un programme d'intégration symbolique de fonctions (SAINT pour « Symbolic Automatic INTEGRator »)
- 1964 le programme « Student » de Daniel **Bobrow** (né en 1935) résout des problèmes élémentaires de calcul arithmétique énoncés en langage naturel.

1963: programme « ANALOGY » de
Thomas G. Evans (né en 1934)

test d' “intelligence” et raisonnement par analogie



Richard **Greenblatt** (né à 1944) un des premiers *hackers*.

Il sera l'inventeur de la *machine Lisp*.

Il joua un rôle important dans le développement de programmes capables de jouer aux échecs (programme *MacHack*, fin années 1960)

1965: **ELIZA** (Joseph **Weizenbaum** (1923-2008))
traitement de textes de dialogues en langage naturel

```
File Edit Options Buffers Tools Help
[Icons]
I am the psychotherapist. Please, describe your problems.
Each time
you are finished talking, type RET twice.

I have a terrible headache.

Maybe you should consult a doctor of medicine, I am a psychi
atrist.

Okay, I'll do that then.

Can you elaborate on that?

What are you talking about? No I cannot elaborate. See you l
ater.

Why do you say that?

Now you're just talking nonsense!

What makes you believe now I am just talking nonsense?

You are not making any sense.

Perhaps your plans have something to do with this.
-u: ** *doctor* (Doctor Fill)--L1--Top-----
[X]
```

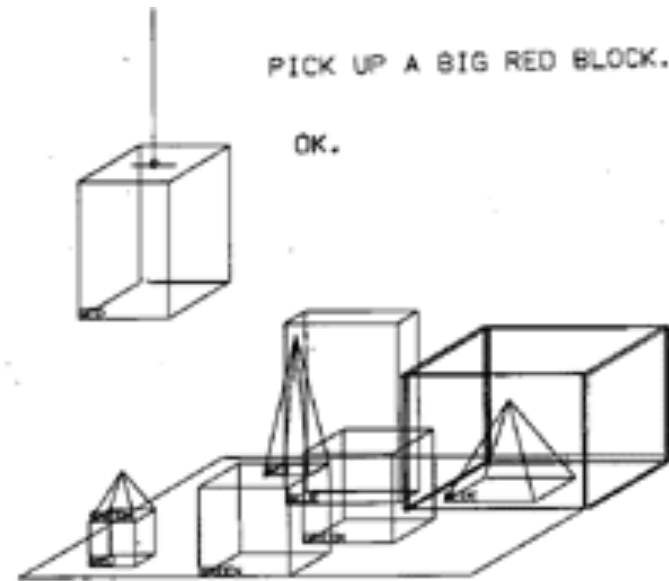
à une affirmation A répondre "Pourquoi dites-vous que A ?"

"mère"

"Parlez-moi de votre famille"

"je comprends"

- 1971: **SHRDLU** (Terry **Winograd**, né en 1946) construit des *représentations de phrases* de dialogue



- 1975: David **Waltz** (1943-2012) reconnaître dans une *image* les *arêtes* des objets et leurs positions en exploitant et **propageant** des **contraintes**
- années 70: Nils **Nilsson**, *recherche heuristique* ordonnée exploration contrôlée d'arborescences de **solutions potentielles** partielles
[Hart, P. E., Nilsson, N. J., Raphael, B. \(1968\). A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. IEEE Trans. Syst. Sci. & Cyber., 4 \(2\) :100–107.](#)
- années 70 Hans **Berliner** (né en 1929), pour le jeu d'échecs, dote la machine de capacités de mise en œuvre de stratégies sophistiquées évoluant dynamiquement avec le jeu

Carl Hewitt [1969] premiers développements vers la **programmation logique**

représentation des connaissances sur la logique, comme le **calcul des situations** [McCarthy et Hayes, 1979] pour raisonner sur des mondes dynamique

C. Green, 1979 application de la démonstration automatique de théorèmes aux **systèmes de questions-réponses**

Fikes et Nilsson, 1971 le langage de représentation **STRIPS** (« STanford Research Institute Problem Solver ») et son algorithme basé sur l'analyse fins /moyens

Woodrow Bledsoe (1921-1995) **preuve automatique** de théorèmes

Roger Schank (né en 1946) idée du raisonnement à partir de cas
Schank, R. et Abelson, R. P. (1977). **Scripts, Plans, Goals and Understanding : An Inquiry into Human Knowledge Structures**. Erlbaum.

1968

LA SCIENCE VIVANTE

Collection dirigée par HENRI LAUGIER

Pierre AUGER. — RECHERCHE ET CHERCHEURS SCIENTIFIQUES	7 F.
Henri PRAT. — LE CHAMP UNITAIRE EN BIOLOGIE	12 F.
Michel-Yves BERNARD. — MASERS ET LASERS (2 ^e édition) ..	15 F.
Vladimir KOURGANOFF. — INITIATION A LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ	12 F.
D. M. MAIN. — INTRODUCTION A LA PHYSIQUE NUCLÉAIRE	12 F.
Maurice AUBERT. — CULTIVER L'OcéAN	16 F.
Robert GIBRAT. — L'ÉNERGIE DES MARÉES	18 F.
Jean DALSACÉ et Raoul PALMER. — LA CONTRACEPTION (3 ^e édition revue)	12 F.
Cyril GOMELLA. — LA SOIF DU MONDE ET LE DESSALEMENT DES EAUX	16 F.
Marthe BONVALLET. — SYSTÈME NERVEUX ET VIGILANCE ..	10 F.
Michel SABOURDY. — L'ANIMAL DE LABORATOIRE DANS LA RECHERCHE BIOLOGIQUE ET MÉDICALE	18 F.
Yves LE GRAND. — LUMIÈRE ET VIE ANIMALE	12 F.
Henry G. ROBERT. — LES ORGANES ARTIFICIELS	12 F.
Francis DELOBEAU. — L'ENVIRONNEMENT DE LA TERRE ..	15 F.
Michel GRENON. — LE TRAVAIL EN MILIEU HOSTILE	18 F.
André DJOURNO et Danièle KAYSER. — ANESTHÉSIE ET SOMMEIL ÉLECTRIQUES	12 F.
Evry SCHATZMAN. — PLASMAS ET MILIEUX IONISÉS	16 F.
Paul BRAFFORT. — L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE	15 F.
Jean A. TERNISIEN. — LES POLLUTIONS ET LEURS EFFETS	(sous presse)
Jean A. TERNISIEN. — LA LUTTE CONTRE LES POLLUTIONS	(sous presse)
Henri DESSENS. — LA MAÎTRISE DES CLIMATS	(sous presse)
Jean-Claude PECKER. — ASTRONOMIE ET RECHERCHE SPATIALE	(sous presse)

PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

PAUL BRAFFORT

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

La Science Vivante

PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

Paris: Jacques **Pitrat**

résolution de problèmes, apprentissage

méta-connaissance

Jean-Louis Laurière ALICE programme générale de
résolution de contraintes

Marseille: Alain **Colmerauer** (né en 1941)

père de **PROLOG**

langage naturel (grammaires de métamorphoses)

Toulouse, Paris-Sud, Grenoble, Nancy, Rennes, ...

années 70: systèmes experts:

règles "si... alors..." + incertitude

DENDRAL

Lindsay, R. K., Buchanan, B. G., Feigenbaum, E. A.
et Lederberg, J.

chimie organique

MYCIN (Bruce Buchanan et Edward Shortliffe) *médecine*

HEARSAY-II

(Erman, L. D., Hayes-Roth, F., Lesser, V. R. et Reddy, D. R.)

compréhension de la parole

PROSPECTOR (Duda, R. O., Gaschnig, J. Hart, P.E.,
Nilsson, N.) *géologie*

... mais aussi contrôle automatique par *règles floues* (1975)

E. H. Mamdani (1942-2010)

Le boum des systèmes experts

- Les années 1980 sont marquées par l'important succès des systèmes experts qui remettent l'IA un temps sur le devant de la scène médiatique.
- Feigenbaum, E., McCorduck, P. et Nii, H. P. (1988). *The Rise of the Expert Company. How Visionary Companies are Using Artificial Intelligence to Achieve Higher Productivity and Profits*. Macmillan, London. Foreword by T. Peters; Appendix : Expert Systems in Use by P. Harmon.

années 70:

- *planification*: Fikes et Nilsson, système STRIPS:

opérateurs de changement d'états

➤ décrire les *conditions* et
les *effets des actions*

Earl Sacerdoti (né en 1948):

structure non linéaire des plans

- *robot* mobile Shakey au SRI

(Charles Rosen)

une dizaine d'années plus tard,

Rodney Brooks, au MIT

sociétés de *robots réactifs* à leur
environnement

sans représentation construite



- *vision par ordinateur* et analyse d'images (David Marr (1945-1980))
(& Tomaso Poggio (né en 1947) traitement de l'information multi-niveaux

fin des années 70:

Reiter: logiques *non-monotones*,
règles avec exceptions implicites
conclusions plausibles, révisables,
en présence d'information incomplète

McCarthy: mise à jour de l'information
en environnement dynamique:
'problème du décor'

Développements de nombreuses thématiques de recherche

- résolution de problèmes
- jeux
- déduction automatique
- représentation des connaissances
- planification
- diagnostic
- apprentissage
- intelligence artificielle distribuée
- connectionisme
- ...

A la périphérie de l'IA

continue d'entretenir des relations privilégiées avec

- la robotique
- la reconnaissance des formes
- la vision par ordinateur
- traitement du langage naturel

Années 1990

Nouvelles communautés de recherche autour des

- systèmes multi-agents
- de l'ingénierie de la connaissance
- des problèmes de satisfaction de contraintes
- de problématiques plus focalisées sur **différents types de raisonnement** (dans l'incertain, temporel, spatial, non-monotone, à partir de cas, terminologique, argumentatif, ou tournés vers la révision et la fusion d'informations, ou la décision collective, ...)
- “**Deep Blue**” 1997 explorer de gigantesques espaces combinatoires
- « shift » des représentations logiques vers des représentations probabilistes (réseaux bayésiens, J. Pearl)

Variété de préoccupations

Diversité

(et fonctionnement en sous-communautés)

encore accentuée par des *lignes de séparation*

- entre approches **symboliques** et approches **numériques**
- entre modèles ouverts aux **explications** et modèles **boite noire**

Pour conclure

- A la différence de la recherche opérationnelle, par exemple,
 - pas de paradigme simple unificateur
 - mais une problématique générale autour du **raisonnement** et du **traitement avancé de l'information**
- Des passerelles existent qui pourraient être développées davantage, contribuant ainsi à un regain d'unité de l'intelligence artificielle et sans doute à des enrichissements mutuels.
 - rapprocher numérique et symbolique,
 - expliciter le contenu des « boîtes noires »
 - raisonner avec des données