

Notes de cours
Intelligence artificielle
Dr AMROUN Kamal
Destiné aux étudiants L3-SI (MI)

Programme de la matière

Chapitre 1 : Naissance de l'IA

- 1- Historique : Naissance de l'IA, type de pole que traite l'IA, et différence par rapport à l'informatique de calcul
- 2- Test de Turing
- 3- Domaine d'application de l'IA

Chapitre 2 : Système expert

- 1- Définition rôle
- 2- Architecture d'un SE

Chapitre 3 : Fonctionnement des systèmes expert

- 1- Notion de connaissances et de formalisme de représentation
- 2- Les règles de production
- 3- Fonctionnement du moteur d'inférence

Chapitre 4 : Approche de développement d'un système expert

- 1- Processus de développement du système expert
- 3- Exemple de système expert : Dendral, Mycin, Prospector,....

Bibliographie

- 1- Stuart Russell Peter Norvig artificial intelligence : a modern approach fourth edition
Printice Hall 2020 <http://aima.cs.berkeley.edu/>
- 2- Nils J. Nilsson The Quest for Artificial Intelligence 2009 disponible l'adresse
<http://ai.stanford.edu/~nilsson/QAI/qai-webpage.html>
- 3- J-G Ganascia, L'Intelligence Artificielle, Flammarion, 1993

Introduction

1- Comment définir l'intelligence artificielle ?

Les définitions de l'intelligence artificielle présentées dans 8 livres, sont organisées en quatre catégories. Le tableau suivant illustre ces catégories. Ces définitions varient selon deux principales directions : celles d'en haut sont concernées par les processus de pensées et raisonnement alors que celles d'en bas sont en relation avec le comportement. Les définitions à gauche mesurent la réussite en termes de fidélité par apport aux performances humaines. Celles à droite la mesurent par rapport à un concept idéalisé de l'intelligence : la rationalité. Un système est rationnel s'il accomplit correctement les choses étant données ce qu'il connaît. Aussi l'approche centrée sur l'homme doit être expérimentale alors que l'approche rationaliste nécessite la combinaison des mathématiques et de l'engineering.

	Fidélité aux performances humaines	Concept idéalisé de l'intelligence
	Penser comme des humains	Penser rationnellement
Pensée et raisonnement	<p>« The exciting new effort to make computers think ... machines with minds, in the full and litteral sense » (Haugeland, 1985)</p> <p>« [The automation of] activities that we associate with human thinking, activities sush as decision-making, problem solving, learning ... » (Bellman, 1978)</p>	<p>« The study of mental faculties through the use of computational models » (Charniak and McDermott, 1985)</p> <p>« The study of computations that make it possible to perceive, reason, and act » (Winston, 1992)</p>
	Agir comme des humains	Agir rationnellement
Comportement	<p>« The art of creating machines that perform functions that require intelligence when performed by people » (Kurzweil, 1990)</p> <p>« The study of how to make computers do things at witch, at the moment, people are better » (Rich and Knight, 1991)</p>	<p>« Computational Intelligence is the study of the design of intelligent agents » (Poole et al., 1998)</p> <p>« AI ... is concerned with intelligent behavior in artifacts » (Nilsson, 1998)</p>

Empiriques
(Hypothèses et expérimentations)

Théoriques
(Mathématique et ingénierie)

Dans ce qui suit, nous allons détailler les quatre approches.

1/ Penser comme des humains

Si on va dire qu'un programme pense comme un humain, on doit avoir un moyen de savoir comment l'homme pense. Cela nécessite de savoir comment fonctionne notre cerveau ?

Cela requiert des théories scientifiques de l'activité interne du cerveau par introspection ou expériences psychologiques. Cela requiert aussi d'implémenter les théories et comparer avec les humains.

Par la suite un autre problème se pose :

Comment valider ces systèmes ? :

- Il faut prédire et tester le comportement de sujets humains (sciences cognitives)
- ou il faut les valider directement à partir de données neurologiques (neurosciences cognitives)

2/ Agir comme des humains :

Le test de Turing proposé par Alan Turing en 1950 est proposé pour donner une définition opérationnelle satisfaisante de l'Intelligence artificielle. IL a proposé un test qui permet de ne pas distinguer les entités intelligentes. Le computer réussit le test si l'interrogateur (homme) , après avoir posé quelques questions écrites, n'arrive pas à distinguer si des réponses écrites viennent d'une machine ou non. Un tel système (PC) nécessite quelques capacités :

- Traitement du langage naturel
- Représentation des connaissances
- Raisonnement automatique
- Apprentissage

3/ Penser rationnellement

- Aristote et le processus de raisonnement correct, la logique
 - Ex: Socrate est un homme; tous les hommes sont mortels; donc Socrate est mortel.
- Au 19e siècle, la logique formelle permet d'écrire des énoncés sur les objets dans le monde et leurs interrelations.
- Lien direct entre les mathématiques et la philosophie vers l'IA moderne.

Problèmes:

- Il est difficile de traduire les connaissances et les états du monde réel en des équations logiques (incertitude)
- Il y a une différence entre résoudre un problème en principe et le résoudre réellement (complexité)

4/ Agir rationnellement

- Comportement rationnel : Faire la bonne chose, c'est-à-dire celle qui devrait, selon les informations disponibles, maximiser l'accomplissement d'un but.
- N'implique pas nécessairement un raisonnement mais le raisonnement devrait être au service d'une action rationnelle.

Définition (Agent rationnel)

Un agent rationnel est une entité qui perçoit et agit dans un environnement pour accomplir ses buts en fonction de ses capacités ou de ses croyances (ou ses connaissances).

Notons que ce cours porte sur la conception d'agents rationnels. Pour chaque environnement ou tâche, on recherche l'agent qui obtient les meilleures performances.

Remarque : La rationalité parfaite n'est pas atteignable en raison des limitations de calculs, donc le but est de concevoir le meilleur programme avec les ressources disponibles.

Chapitre 1 : Histoire de l'Intelligence artificielle

1- Historique de l'IA

L'intelligence artificielle est passée par plusieurs étapes que nous allons décrire dans ce qui suit :

• 1943-1955: La gestation de l'IA

Pendant cette période furent menés les premiers travaux qui peuvent être considérés comme les débuts de l'intelligence artificielle (même si le terme n'existait pas encore). On peut citer les travaux de McCulloch et Pitts qui ont introduit en 1943 un modèle de neurones artificiels. Quelques années après, Hebb proposa une règle pour modifier des connexions entre neurones, et Minsky et Edmonds construisirent le premier réseau de neurones. Ce fut aussi durant cette période que Turing publia son fameux article dans lequel il a introduit le test de Turing.

• 1956: La naissance de l'IA

C'est durant cette année qu'un petit groupe d'informaticiens (McCarthy, Minsky, Shannon et Rochester) intéressés par l'étude de l'intelligence se réunirent pour une conférence à Dartmouth sur ce thème. Cette conférence dura deux mois (!), et permit de poser les fondements de l'intelligence artificielle (nom qui fut choisi à l'issue de cette conférence)

• 1952-1969: Les espoirs sont grands

Ce fut une période très active pour le jeune domaine de l'IA. Un grand nombre de programmes furent développés pour résoudre des problèmes d'une grande diversité. Les programmes Logic Theorist (par Newell et Simon) et Geometry Theorem Prover (Gelernter) furent en mesure de prouver certains théorèmes mathématiques (tous déjà connus, mais en trouvant parfois une preuve plus élégante). Le General Problem Solver de Newell et Simon réussissait quant à lui à résoudre des puzzles simples avec un raisonnement semblable au raisonnement humain. Samuel créa un programme jouant (à un niveau moyen) aux dames. Des étudiants de Minsky travaillèrent sur les petits problèmes ("microworlds") tels que les problèmes d'analogie (problèmes du même type que ceux des tests de QI), donnant naissance au programme ANALOGY, ou encore les manipulations de cubes (le 3 fameux "blocks world") avec l'idée d'augmenter la complexité petit à petit pour développer des agents intelligents. McCarthy publia un article devenu célèbre dans lequel il traite des programmes qui ont du sens commun. La recherche sur les réseaux de neurones fut également poursuivie. Ce fut aussi l'époque du Shakey, le premier robot à être capable de raisonner sur ses propres actions.

• 1966-1973: Une dose de réalité

Il devint durant ces années de plus en plus évident que les prédictions faites par les chercheurs en IA avaient été beaucoup trop optimistes. Ce fut le cas par exemple pour la traduction automatique. Les chercheurs n'avaient compté que 5 ans pour réaliser un traducteur automatique, mais se sont vite rendu compte que leur approche purement syntaxique n'étaient pas suffisante (pour bien traduire un texte, il faut d'abord le comprendre). Cet échec a provoqué l'annulation en 1966 de tout le financement du gouvernement américain pour les projets de traduction automatique. De grandes déceptions se produisirent également lorsque les chercheurs en IA essayèrent d'appliquer leurs algorithmes aux problèmes de grande taille, et découvrirent alors qu'ils ne fonctionnaient pas, par manque de mémoire et de puissance de calcul. Ce fut une des critiques adressée à l'IA dans le rapport de Lighthill de 1973, qui provoqua l'arrêt du financement de la quasi-totalité des projets en IA de Grande Bretagne. Et comme si cela ne suffisait pas, Minsky et Papert prouvèrent dans leur livre "Perceptrons" de 1969 que les réseaux de neurones de l'époque ne pouvaient pas calculer certaines fonctions pourtant très simples, ce qui mit en cause toute la recherche en apprentissage automatique, entraînant une crise dans cette branche de l'IA.

1969-1976 : La discipline a vu aussi la naissance des Systèmes à base de connaissances

- **1980 à aujourd'hui: l'IA devient une industrie**

Plusieurs projets ont vu le jour durant cette période. Nous pouvons citer :

- **Le projet « Fifth Generation »** pour les ordinateurs qui consiste à faire un ordinateur capable d'effectuer des inférences sur de grosses bases de connaissances et interagir en langue naturelle. Plusieurs processeurs en parallèle et adoption du langage Prolog.

- **Les systèmes experts :**

Le premier système expert, appelé DENDRAL, fut créé en 1969 pour la tâche spécialisée consistant à déterminer la structure moléculaire d'une molécule étant donné sa formule et les résultats de sa spectrométrie de masse. DENDRAL, comme tous les systèmes experts, est basé sur un grand nombre de règles heuristiques élaborées par des experts humains. Après le succès du DENDRAL, d'autres systèmes d'experts furent créés, notamment MYCIN, qui réalisait un diagnostic des infections sanguines. Avec 450 règles, MYCIN réussissait à diagnostiquer à un niveau proche des experts humains.

Cette période a vu le développement de beaucoup de systèmes experts. Nous pouvons citer le système R1. En 1988, DEC's AI group a proposé à peu près 40 systèmes experts.

- **1986 à aujourd'hui : Retour des réseaux de neurones**

Au milieu des années 80, quatre groupes de chercheurs ont découvert indépendamment la règle d'apprentissage "back-propagation" qui permet le développement de réseaux de neurones capables d'apprendre des fonctions très complexes (curieusement, cette règle avait déjà été proposée en 1969, mais n'avait eu aucun écho dans la communauté scientifique). Depuis, l'apprentissage automatique est devenu l'un des domaines les plus actifs de l'IA, et a été appliqué avec succès à de nombreux problèmes pratiques (comme par exemple la fouille de données).

- **1987 à aujourd'hui : L'IA devient une science**

Les dernières années ont vu une révolution dans le développement de travaux en Intelligence artificielle que ce soit en contenu ou en méthodologie.

- **1995 à 2005 : L'émergence des agents intelligents**

- Les chercheurs reviennent au problème de construire un « agent complet »
- Internet: un des environnements les plus importants des agents intelligents

- **2 000 à aujourd'hui**

Cette période a vu des travaux impressionnants en Apprentissage machine et big data.

- **L'IA Moderne (1987-présent)**

L'intelligence artificielle est devenue au fil du temps une matière scientifique de plus en plus rigoureuse et formelle. La plupart des approches étudiées aujourd'hui sont basées sur des théories mathématiques ou des études expérimentales plutôt que sur l'intuition, et sont appliquées plus souvent aux problèmes issus du monde réel.

2- Domaines de l'IA

Les domaines privilégiés de l'IA sont ceux où il n'y a pas d'algorithme à la portée des machines. On peut citer :

- les problèmes qui ont une combinatoire trop importante : crypto-arithmétique, jeux, mots croisés, planification, jeux, économie, ...

Exemple: SEND + MORE = MONEY . voir sa résolution comme un CSP dans la suite du cours.

- Les problèmes qui nécessitent une démarche heuristique.

Exemple: le jeu d'échecs

Les heuristiques relèvent de connaissances d'ordre pragmatique et traduisent un savoir-faire, une expérience plutôt qu'un calcul systématique.

L'intelligence artificielle a aussi vocation à simuler le raisonnement humain, à savoir :

- Modéliser les modes de raisonnement d'un expert humain
- Rendre ces raisonnements accessibles à un non informaticien.

Les principaux domaines de l'IA sont

Représentation des connaissances et Raisonnement Automatique

Cette branche de l'IA traite le problème de la représentation des connaissances (qui peuvent être incomplètes, incertaines, ou incohérentes) et de la mise en œuvre du raisonnement.

Résolution de problèmes généraux

L'objectif est de créer des algorithmes généraux pour résoudre des problèmes concrets. Dans la suite du cours on verra la résolution des problèmes modélisés comme des CSP ainsi que quelques algorithmes de résolution.

Traitement du langage naturel

Ce sous-domaine vise la compréhension, la traduction, ou la production du langage (écrit ou parlé).

Vision artificielle

Le but de cette discipline est de permettre aux ordinateurs de comprendre les images et la vidéo (par exemple, de reconnaître des visages ou des chaires).

Robotique

Cette discipline vise à réaliser des agents physiques qui peuvent agir dans le monde (pour voir les robots humanoïdes les plus avancés aujourd'hui, voir le <http://www.world.honda.com/ASIMO/>) pour plus de détails.

Apprentissage automatique

Dans cette branche de l'IA, on essaie de concevoir des programmes qui peuvent s'auto-modifier en fonction de leur expérience.

Il existe bien entendu des liens très forts entre ces sous-domaines. Par exemple, les langages développés dans la représentation des connaissances peuvent servir de base à des systèmes experts. Ou encore, beaucoup d'algorithmes pour la reconnaissance des formes sont développés en utilisant des méthodes d'apprentissage.

Il y a aussi de forts liens entre l'IA et d'autres domaines tels que la philosophie, la psychologie, les neurosciences, les sciences cognitives, la linguistique, et l'économie.