

# Intelligence artificielle

---

Grégory Bonnet

GREYC - MAD

---

# Plan du cours

- 1 Une brève histoire**
  - De Pygmalion à Karel Čapek
  - De Lady Lovelace à Alan Turing
  - De la « good old-fashioned AI » à l'intelligence artificielle moderne
- 2 Clochers et paradigmes**
  - Pour ou contre l'intelligence artificielle ?
  - IA forte vs. IA faible
  - Cognitivisme et connexionnisme
  - Émergentisme
- 3 De nombreuses réalisations ?**
  - Robotique
  - Jeux vidéos
  - Internet
- 4 Ce cours est une goutte d'eau**

# Une brève histoire

# Un rêve antique



Pygmalion et Galatée  
Ernest Normand, 1896



Héphaïstos forgeant le foudre de Zeus  
Peter Paul Rubens, 1636

## Après Ctésibios d'Alexandrie, Philon de Byzance et Héron l'Ancien



Ana Mechanica Arcana  
Frédéric Vidoni, 1998



Rossum's Universal Robots  
Karel Čapek, 1921

## Du point de vue des premiers informaticiens



Ada Byron Lovelace (1815 – 1852)

[The Analytical Engine] can do *whatever we know how to order it to perform.*



Alan Turing (1912 – 1954)

[Can machines think ?] can be described in terms of a game which we call the *imitation test.*

## Trois conférences fondatrices



Marvin Minsky  
(1927 – ?)



John McCarthy  
(1927 – 2011)



Claude Shannon  
(1916 – 2001)



Nathan Rochester  
(1919 – 2001)

- 1955 : *session on learning machines* (Los Angeles)
- 1956 : *summer research project on artificial intelligence* (Dartmouth College)
- 1958 : *mechanization of thought processes* (National Physical Laboratory)

# Des débuts prometteurs

## Logic Theorist (1956)

- prouveur de théorèmes en logique symbolique
- introduction de la notion d'**heuristique**

## Perceptron (1957)

- système de reconnaissance de caractères
- instanciation d'un **réseau de neurones formels**

## Eliza (1966)

- logiciel de psychologie qui converse avec un patient humain
- reconnaît des phrases et retourne des questions par substitution de mots-clés

## Deux réalisations majeures (parmi tant d'autres)



Shakey (1966 – 1972)

- langage **STRIPS**
- algorithme **A\***



Deep Blue (1985 – 1997)

- algorithme **negascout singulier**
- circuits intégrés sur mesure

# Le règne des systèmes experts (1980 – 1990)

## Qu'est-ce qu'un système expert ?

- représentation des connaissances venant d'un expert humain
- déduction et abduction à partir de faits
- 1990 : SACHEM (Système d'Aide à la Conduite des Hauts fourneaux En Marche)

## Prolog (1972)

- langage de programmation logique
- calcul des prédicats
- [www.swi-prolog.org](http://www.swi-prolog.org)

## Ordinateurs de cinquième génération

- processeurs symboliques
- machines LISP (mitigé)
- machines Prolog (abandonné)



Maia (1982 – 1988)

# Grandeur et décadence

## Déceptions du grand public et des autorités

- il n'y aura pas de robots pour l'an 2000
- les systèmes experts manquent de sens commun
- des millions de dollars ont été dépensés pour jouer (mal) aux échecs

## et même des chercheurs (Knuth, Pierce, Dijkstra)

- l'intelligence artificielle n'est pas assez rigoureuse
- la discipline n'est pas mûre pour produire des résultats fondamentaux

## Les limites de la « good old-fashioned AI »

- raisonnement automatique vs. explosion combinatoire
- neurones formels vs. données linéairement séparables
- grammaires formelles vs. ambiguïté des langages naturels

**l'intelligence artificielle s'enrichit des statistiques et de la théorie du contrôle**



# Clochers et paradigmes



# Une pensée qui procède de la philosophie

## Vers un monisme

- René Descartes : l'animal-machine (1637)
- Thomas Hobbes : l'animal artificiel (1651)
- Julien Offray de La Mettrie : l'homme-machine (1747)
- Jean-Pierre Changeux : l'homme neuronal (1983)

## Un calcul pensant

- Gottfried Wilhelm Leibniz : *lingua characteristica universalis* (1716)
- George Boole : algèbre booléenne (1854)
- Gottlob Frege : logique des prédicats (1879)
- Luitzen Egbertus Jan Brouwer : logique intuitionniste (1930)

# Les arguments (hormis celui de dire que l'intelligence est propre à l'humain)

## Du théorème de Gödel (Roger Penrose)

- tout système formel possède des propositions indécidables
- $\implies$  l'intelligence est un phénomène quantique

## De la phénoménologie (Hubert Dreyfus)

- la pression du monde extérieur est productrice d'intelligence
- $\implies$  l'intelligence ne peut pas être désincarnée

## De la chambre chinoise (John Searle)

- appliquer de règles ne signifie pas qu'on les comprend
- $\implies$  les machines ne peuvent pas comprendre

## Juger n'est pas calculer (Joseph Weizenbaum)

- les décisions dépendent d'un facteur culturel et/ou compassionnel
- $\implies$  les machines ne doivent pas prendre de décisions

# Enfin qu'est-ce que l'intelligence artificielle ?

## Intelligence artificielle

Etude de la construction et l'analyse d'agents artificiels qui agissent intelligemment.

- qui fait des choix appropriés au regard de ses limitations en perception et calcul
- qui s'adapte aux changements de son environnement et de ses objectifs
- qui apprend de ses expériences

## Objectifs scientifiques

Comprendre la nature du savoir et de l'intelligence via des outils expérimentaux.

- psychologie synthétique
- philosophie expérimentale
- épistémologie computationnelle

## Objectifs d'ingénierie

Concevoir des artefacts intelligents utiles.



# Deux voies fondamentales

## Intelligence artificielle forte

- un programme informatique peut **penser** au moins aussi bien qu'un humain
- définir l'intelligence
- concevoir des critères pour la mettre à l'épreuve
- concevoir des programmes qui satisfont ces critères

## Intelligence artificielle faible

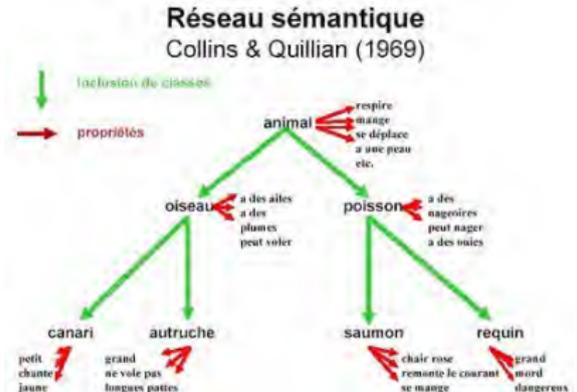
- un programme informatique peut **aider** aux activités mentales humaines
- formaliser un problème humain donné
- définir des critères d'efficacité dans la résolution
- concevoir des algorithmes qui résolvent ce problème le plus efficacement possible

# Cognitivism, héritage de la logique formelle

## Position épistémologique

Manipulation de symboles auxquels sont conférés une sémantique.

- axiomatique *a priori*
- sémantique humaine
- preuves formelles
- code « explicable »

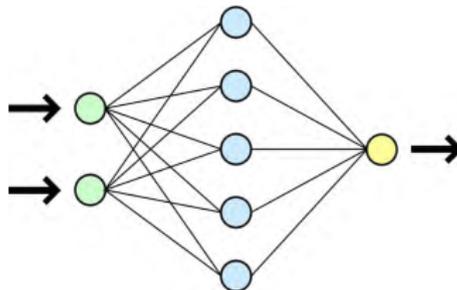


# Connexionnisme, héritage de la cybernétique

## Position épistémologique

Résultat d'une interaction globale des parties élémentaires d'un système

- apprentissage par renforcement
- rétroaction
- séparateurs non linéaires
- pas de sémantique interne



# Une tentative de fusion : l'émergentisme

*The human mind [...] should be regarded as a collection of kludges (Marvin Minsky)*

## Pandemonium (1959)

- système de reconnaissance de forme
- un ensemble de **démons** où chacun sait détecter une forme
- un **maître-démon** collecte les avis et prend une décision finale

- intelligence collective
- porosité des domaines
- peu de preuves formelles



## De nombreuses réalisations ?

# Progrès de la robotique



NAO (2006)

- réseaux de neurones
- algorithmes génétiques



Adept Quattro (2007)

- comportements scriptés
- algorithmes de plus court chemin

# Un petit côté ludique



Creatures (1996)

- réseaux de neurones
- algorithmes génétiques



Warcraft III (2002)

- comportements scriptés
- algorithmes de plus court chemin

# Dans les technologies du Web



Spam Assassin (2001)

- détection de motifs récurrents
- filtrage bayésien



Virtuoz (2005)

- traitement naturel de la langue
- systèmes experts

# Ce cours est une goutte d'eau

# Conclusion

- *les ordinateurs peuvent-ils vraiment penser ?*
- *les avions peuvent-ils vraiment voler ?*

## Une prolifération de sous-domaines

- algorithmique bio-inspirée
- apprentissage artificiel
- ingénierie des connaissances
- **logique et formalisation du raisonnement**
- traitement automatique de la langue
- **planification**
- **recherche heuristique**
- reconnaissance des formes
- robotique
- systèmes multi-agents
- théorie du choix social
- vie artificielle



# Pour aller plus loin en M1

## Tronc commun

- fouille de données et apprentissage
- logique

## Decim

- intelligence artificielle distribuée
- outils logique pour l'intelligence artificielle
- programmation par contrainte

## ImaLang

- ingénierie des langues
- ingénierie des textes
- vision par ordinateur

# Et si Weizembaum avait raison ?



Turc mécanique (2005)



X-47B (2011)

# Bibliographie



## Marvin Minsky.

La société de l'esprit.  
*Interéditions*, 1997.



## Jean-Michel Ganascia.

L'intelligence artificielle.  
*Cavalier Bleu*, 2007.



## Jean-Marc Aliot, Thomas Schiex, Pascal Brisset et Frédéric Garcia

Intelligence artificielle et informatique théorique  
*Cépaduès*, 2007.



## Stuart Russel et Peter Norvig

Intelligence artificielle  
*Pearson*, 2010.



## Jacques Ferber.

Les systèmes multi-agents : vers une intelligence collective  
*Interéditions*, 1995.



## Nils Nilsson.

The quest for artificial intelligence : a history of ideas and achievements  
*Cambridge*, 2010.