

# INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

BASÉ SUR "ARTIFICIAL INTELLIGENCE : A MODERN APPROACH" DE RUSSEL ET NOWIG

ENSISA 2A

---

Jonathan Weber

Automne 2024

## Contenu du cours

- ▷ Introduction
  - ▷ Historique de Turing à AlphaGo
  - ▷ Exemple d'applications

## Contenu du cours

- ▷ Introduction
  - ▷ Historique de Turing à AlphaGo
  - ▷ Exemple d'applications
- ▷ Concepts
  - ▷ Parcours de graphe
  - ▷ Heuristiques
  - ▷ Jeux
  - ▷ Contraintes
  - ▷ Inférence (Systèmes experts)

## Contenu du cours

- ▷ Introduction
  - ▷ Historique de Turing à AlphaGo
  - ▷ Exemple d'applications
- ▷ Concepts
  - ▷ Parcours de graphe
  - ▷ Heuristiques
  - ▷ Jeux
  - ▷ Contraintes
  - ▷ Inférence (Systèmes experts)
- ▷ Algorithmes
  - ▷ DFS/BFS
  - ▷ Djikstra
  - ▷ A\*
  - ▷ Minimax /  $\alpha$ - $\beta$
  - ▷ ...

## Contenu du cours

- ▷ Introduction
  - ▷ Historique de Turing à AlphaGo
  - ▷ Exemple d'applications
- ▷ Concepts
  - ▷ Parcours de graphe
  - ▷ Heuristiques
  - ▷ Jeux
  - ▷ Contraintes
  - ▷ Inférence (Systèmes experts)
- ▷ Algorithmes
  - ▷ DFS/BFS
  - ▷ Djikstra
  - ▷ A\*
  - ▷ Minimax /  $\alpha$ - $\beta$
  - ▷ ...
- ▷ Implémentation
  - ▷ Python!

## Volume

- ▷ 12h de Cours
- ▷ 6h de TDs
- ▷ 16h de TP

## Volume

- ▷ 12h de Cours
- ▷ 6h de TDs
- ▷ 16h de TP

## Évaluation

- ▷ Partiel sur table
- ▷ Projet (sans doute une IA de jeu)

## RÉFÉRENCES

Pour aller plus loin :

- ▷ Artificial Intelligence : A Modern Approach (4th edition), S. Russell and P. Norvig, Pearson, 2020

## RÉFÉRENCES

Pour aller plus loin :

- ▷ Artificial Intelligence : A Modern Approach (4th edition), S. Russell and P. Norvig, Pearson, 2020
- ▷ Cours :

Pour aller plus loin :

- ▷ Artificial Intelligence : A Modern Approach (4th edition), S. Russell and P. Norvig, Pearson, 2020
- ▷ Cours :
  - ▷ F. Furst, Histoire de l'IA, <https://www.u-picardie.fr/~furst/IA.php>

Pour aller plus loin :

- ▷ Artificial Intelligence : A Modern Approach (4th edition), S. Russell and P. Norvig, Pearson, 2020
- ▷ Cours :
  - ▷ F. Furst, Histoire de l'IA, <https://www.u-picardie.fr/~furst/IA.php>
  - ▷ A. Ng, Machine Learning, Stanford  
<http://cs229.stanford.edu/materials.html>

Pour aller plus loin :

- ▷ Artificial Intelligence : A Modern Approach (4th edition), S. Russell and P. Norvig, Pearson, 2020
- ▷ Cours :
  - ▷ F. Furst, Histoire de l'IA, <https://www.u-picardie.fr/~furst/IA.php>
  - ▷ A. Ng, Machine Learning, Stanford  
<http://cs229.stanford.edu/materials.html>
  - ▷ T. Shi, Artificial Intelligence : Principles and Techniques, Stanford  
<https://web.stanford.edu/class/cs221/>

Pour aller plus loin :

- ▷ Artificial Intelligence : A Modern Approach (4th edition), S. Russell and P. Norvig, Pearson, 2020
- ▷ Cours :
  - ▷ F. Furst, Histoire de l'IA, <https://www.u-picardie.fr/~furst/IA.php>
  - ▷ A. Ng, Machine Learning, Stanford  
<http://cs229.stanford.edu/materials.html>
  - ▷ T. Shi, Artificial Intelligence : Principles and Techniques, Stanford  
<https://web.stanford.edu/class/cs221/>
  - ▷ A. Salleb-Aouissi, Artificial Intelligence (AI), Columbia,  
<https://www.edx.org/course/artificial-intelligence-ai-columbiax-csmm-101x>

## INTRODUCTION

---

## 1. Introduction

Qu'est ce que l'intelligence artificielle ?

Fondations de l'IA

Historique

Exemples d'applications

## INTRODUCTION

---

QU'EST CE QUE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ?

# Intelligence artificielle ?

# Intelligence artificielle ?

- ▷ **artificial** :

# Intelligence artificielle ?

- ▷ **artifiel** : Produit par le travail de l'homme et non par la nature  
(Larousse)

# Intelligence artificielle ?

- ▷ **articiel** : Produit par le travail de l'homme et non par la nature (Larousse)
- ▷ **intelligence** :

# Intelligence artificielle ?

- ▷ **artifiel** : Produit par le travail de l'homme et non par la nature (Larousse)
- ▷ **intelligence** :
  - ▷ plus complexe à définir sans explorer 25 siècles de philosophie

# Intelligence artificielle ?

- ▷ **artifiel** : Produit par le travail de l'homme et non par la nature (Larousse)
- ▷ **intelligence** :
  - ▷ plus complexe à définir sans explorer 25 siècles de philosophie
  - ▷ ce serait intéressant mais ce n'est pas l'objectif de ce cours :-)

# Intelligence artificielle ?

- ▷ **artificiel** : Produit par le travail de l'homme et non par la nature (Larousse)
- ▷ **intelligence** :
  - ▷ plus complexe à définir sans explorer 25 siècles de philosophie
  - ▷ ce serait intéressant mais ce n'est pas l'objectif de ce cours :-)

## Larousse

Ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine

# Intelligence artificielle ?

- ▷ **articiel** : Produit par le travail de l'homme et non par la nature (Larousse)
- ▷ **intelligence** :
  - ▷ plus complexe à définir sans explorer 25 siècles de philosophie
  - ▷ ce serait intéressant mais ce n'est pas l'objectif de ce cours :-)

## Larousse

Ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine

### Conférence du Dartmouth College (1956)

Artificial intelligence comprises methods, tools, and systems for solving problems that normally require the intelligence of humans. The term intelligence is always defined as the ability to learn effectively, to react adaptively, to make proper decisions, to communicate in language or images in a sophisticated way, and to understand

### Conférence du Dartmouth College (1956)

Artificial intelligence comprises methods, tools, and systems for **solving problems that normally require the intelligence of humans**. The term intelligence is always defined as the ability to learn effectively, to react adaptively, to make proper decisions, to communicate in language or images in a sophisticated way, and to understand

### Russel et Norvig, AI : A modern approach (2009)

The study and design of intelligent agents, where an intelligent agent is a system that perceives its environment and takes actions that maximize its chances of success

### Russel et Norvig, AI : A modern approach (2009)

The study and design of intelligent agents, where an [intelligent agent](#) is a system that perceives its environment and takes actions that maximize its chances of success

### Russel et Norvig, AI : A modern approach (2009)

The study and design of intelligent agents, where an **intelligent agent** is a system that **perceives its environment** and takes actions that maximize its chances of success

### Russel et Norvig, AI : A modern approach (2009)

The study and design of intelligent agents, where an **intelligent agent** is a system that **perceives its environment** and **takes actions** that maximize its chances of success

### Russel et Norvig, AI : A modern approach (2009)

The study and design of intelligent agents, where an **intelligent agent** is a system that **perceives its environment** and **takes actions** that **maximize its chances of success**

Comment construire une intelligence artificielle ?

On peut imaginer deux approches :

### Comment construire une intelligence artificielle ?

On peut imaginer deux approches :

- ▷ une machine sera considérée comme intelligente si elle reproduit le comportement d'un être humain dans un domaine spécifique ou non

### Comment construire une intelligence artificielle ?

On peut imaginer deux approches :

- ▷ une machine sera considérée comme intelligente si elle reproduit le comportement d'un être humain dans un domaine spécifique ou non
- ▷ une machine sera considérée comme intelligente si elle modélise le fonctionnement d'un être humain

Deux approches principales :

- ▷ Définition faisant appel à la rationalité (logique)

Deux approches principales :

- ▷ Définition faisant appel à la rationalité (logique)
- ▷ Définition centrée sur l'homme (cognitive)

Deux approches principales :

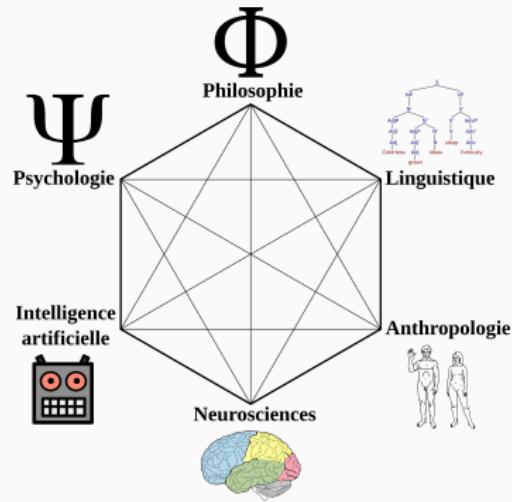
- ▷ Définition faisant appel à la rationalité (logique)
- ▷ Définition centrée sur l'homme (cognitive)

	Cognitive	Logique
Pensée	Penser comme les humains	Penser rationnellement
Action	Agir comme les humains	Agir rationnellement

Comment pensent les humains?

▷ Sciences cognitives

Courants de pensée



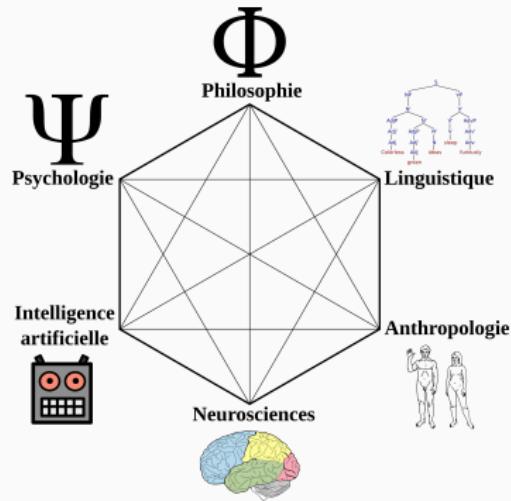
©Dtraked - Wikipedia

Comment pensent les humains?

- ▷ Sciences cognitives

Courants de pensée

- ▷ Connexionisme



©Dtraced - Wikipedia

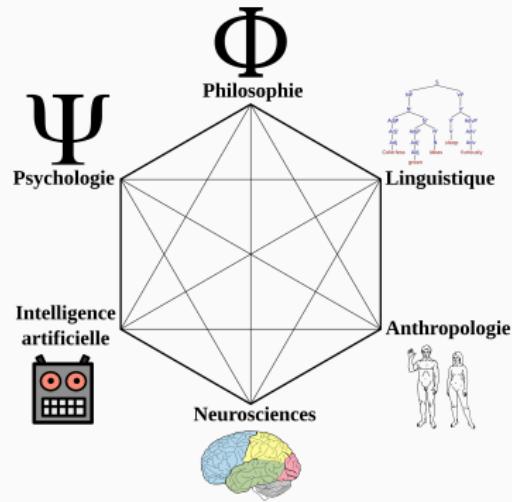
Comment pensent les humains?

- ▷ Sciences cognitives

Courants de pensée

- ▷ Connexionisme

- ▷ Connaissance = connexion



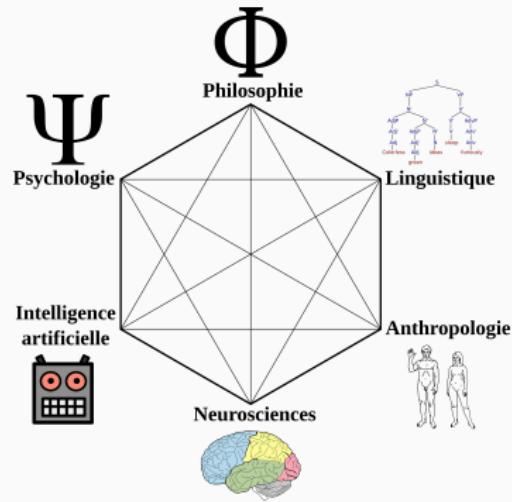
©Dtraced - Wikipedia

Comment pensent les humains?

- ▷ Sciences cognitives

Courants de pensée

- ▷ Connexionisme
  - ▷ Connaissance = connexion
- ▷ Cognitivisme



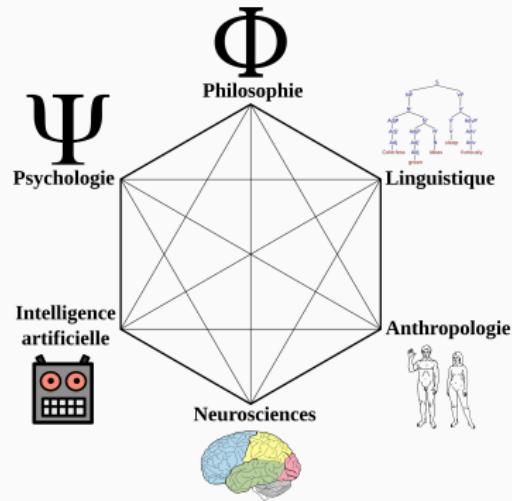
©Dtraced - Wikipedia

Comment pensent les humains?

- ▷ Sciences cognitives

Courants de pensée

- ▷ Connexionisme
  - ▷ Connaissance = connexion
- ▷ Cognitivisme
  - ▷ Connaissance = symbolisme



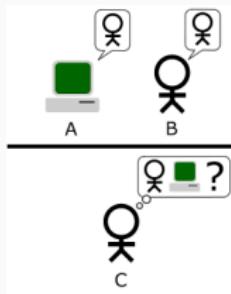
©Dtraced - Wikipedia

### Test de Turing (1950)

Un personne communique par l'intermédiaire d'un terminal avec un humain et une machine et doit les distinguer

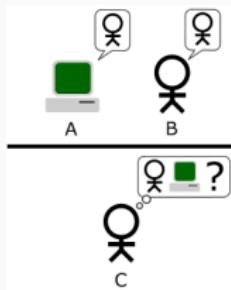
## Test de Turing (1950)

Un personne communique par l'intermédiaire d'un terminal avec un humain et une machine et doit les distinguer



## Test de Turing (1950)

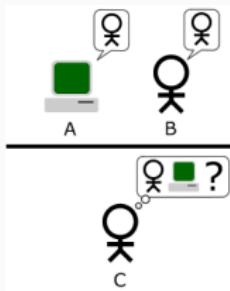
Un personne communique par l'intermédiaire d'un terminal avec un humain et une machine et doit les distinguer



⇒ Si elle n'y arrive pas, la machine a réussi le test de Turing

## Test de Turing (1950)

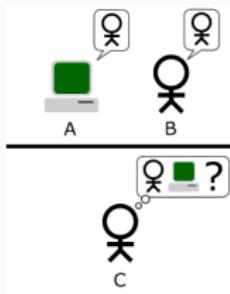
Un personne communique par l'intermédiaire d'un terminal avec un humain et une machine et doit les distinguer



- ⇒ Si elle n'y arrive pas, la machine a réussi le test de Turing
- ⇒ Sous-entend que la machine et l'humain essaieront d'avoir une apparence sémantique humaine (Jeu d'imitation)

## Test de Turing (1950)

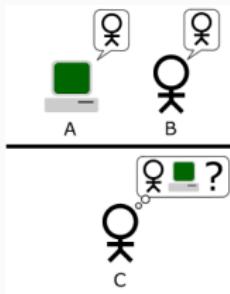
Un personne communique par l'intermédiaire d'un terminal avec un humain et une machine et doit les distinguer



- ⇒ Si elle n'y arrive pas, la machine a réussi le test de Turing
- ⇒ Sous-entend que la machine et l'humain essaieront d'avoir une apparence sémantique humaine (Jeu d'imitation)
- ⇒ Nécessite : Traitement du langage naturel; Représentation des connaissances; Raisonnement automatisé et de l'Apprentissage

## Test de Turing (1950)

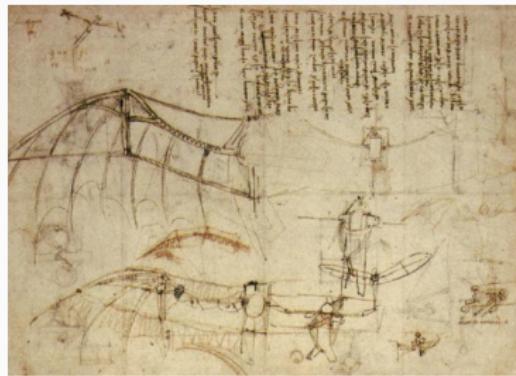
Un personne communique par l'intermédiaire d'un terminal avec un humain et une machine et doit les distinguer



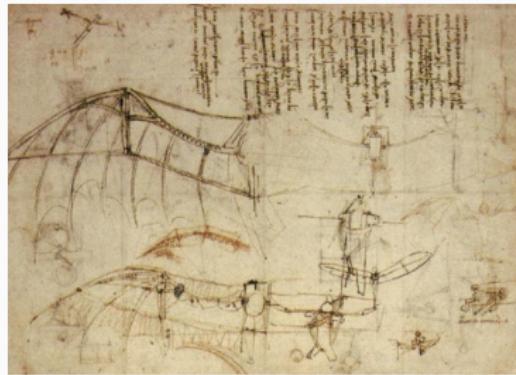
- ⇒ Si elle n'y arrive pas, la machine a réussi le test de Turing
- ⇒ Sous-entend que la machine et l'humain essaieront d'avoir une apparence sémantique humaine (Jeu d'imitation)
- ⇒ Nécessite : Traitement du langage naturel; Représentation des connaissances; Raisonnement automatisé et de l'Apprentissage
- ⇒ Utilité du test contestée par une partie de la communauté

Essayer d'imiter l'humain, est-ce vraiment la bonne voie ?

Essayer d'imiter l'humain, est-ce vraiment la bonne voie ?



Essayer d'imiter l'humain, est-ce vraiment la bonne voie ?



## Les lois de la pensée (Georges Boole, 1854)

- ▷ Tradition logiciste de l'IA

## Limites de l'approche logique classique

## Les lois de la pensée (Georges Boole, 1854)

- ▷ Tradition logiciste de l'IA
- ▷ Formaliser la pensée avec des notations logiques et des inférences

## Limites de l'approche logique classique

## Les lois de la pensée (Georges Boole, 1854)

- ▷ Tradition logiciste de l'IA
- ▷ Formaliser la pensée avec des notations logiques et des inférences
- ▷ « Tous les hommes sont mortels, or Socrate est un homme donc Socrate est mortel. » (Aristote)

## Limites de l'approche logique classique

## Les lois de la pensée (Georges Boole, 1854)

- ▷ Tradition logiciste de l'IA
- ▷ Formaliser la pensée avec des notations logiques et des inférences
- ▷ « Tous les hommes sont mortels, or Socrate est un homme donc Socrate est mortel. » (Aristote)

## Limites de l'approche logique classique

- ▷ Tous les types de connaissances ne peuvent pas être exprimés par la logique

## Les lois de la pensée (Georges Boole, 1854)

- ▷ Tradition logiciste de l'IA
- ▷ Formaliser la pensée avec des notations logiques et des inférences
- ▷ « Tous les hommes sont mortels, or Socrate est un homme donc Socrate est mortel. » (Aristote)

## Limites de l'approche logique classique

- ▷ Tous les types de connaissances ne peuvent pas être exprimés par la logique
- ▷ Comment gérer l'incertitude ?

## Les lois de la pensée (Georges Boole, 1854)

- ▷ Tradition logiciste de l'IA
- ▷ Formaliser la pensée avec des notations logiques et des inférences
- ▷ « Tous les hommes sont mortels, or Socrate est un homme donc Socrate est mortel. » (Aristote)

## Limites de l'approche logique classique

- ▷ Tous les types de connaissances ne peuvent pas être exprimés par la logique
- ▷ Comment gérer l'incertitude ?
- ▷ Complexité, explosion combinatoire

- ▷ Effectuer l'action qui maximise les chances de succès étant donné un but à atteindre

- ▷ Effectuer l'action qui maximise les chances de succès étant donné un but à atteindre
- ▷ Englobe l'approche par les lois de la pensée

- ▷ Effectuer l'action qui maximise les chances de succès étant donné un but à atteindre
- ▷ Englobe l'approche par les lois de la pensée
- ▷ Action décidée après un calcul rationnel

- ▷ Effectuer l'action qui maximise les chances de succès étant donné un but à atteindre
- ▷ Englobe l'approche par les lois de la pensée
- ▷ Action décidée après un calcul rationnel
- ▷ Capacité à atteindre une meilleure solution en environnement incertain

- ▷ Effectuer l'action qui maximise les chances de succès étant donné un but à atteindre
- ▷ Englobe l'approche par les lois de la pensée
- ▷ Action décidée après un calcul rationnel
- ▷ Capacité à atteindre une meilleure solution en environnement incertain
- ▷ Compatible avec le test de Turing

- ▷ Plus qu'un simple programme

- ▷ Plus qu'un simple programme
  - ▷ Opérer sous le contrôle d'une instance autonome

- ▷ Plus qu'un simple programme
  - ▷ Opérer sous le contrôle d'une instance autonome
  - ▷ Percevoir l'environnement

- ▷ Plus qu'un simple programme
  - ▷ Opérer sous le contrôle d'une instance autonome
  - ▷ Percevoir l'environnement
  - ▷ Persister pendant une période prolongée

- ▷ Plus qu'un simple programme
  - ▷ Opérer sous le contrôle d'une instance autonome
  - ▷ Percevoir l'environnement
  - ▷ Persister pendant une période prolongée
  - ▷ S'adapter au changement

- ▷ Plus qu'un simple programme
  - ▷ Opérer sous le contrôle d'une instance autonome
  - ▷ Percevoir l'environnement
  - ▷ Persister pendant une période prolongée
  - ▷ S'adapter au changement
  - ▷ Être capable de partager les objectifs d'un autre agent

- ▷ Plus qu'un simple programme
  - ▷ Opérer sous le contrôle d'une instance autonome
  - ▷ Percevoir l'environnement
  - ▷ Persister pendant une période prolongée
  - ▷ S'adapter au changement
  - ▷ Être capable de partager les objectifs d'un autre agent
- ▷ Rationalité parfaite impossible en pratique

- ▷ Plus qu'un simple programme
  - ▷ Opérer sous le contrôle d'une instance autonome
  - ▷ Percevoir l'environnement
  - ▷ Persister pendant une période prolongée
  - ▷ S'adapter au changement
  - ▷ Être capable de partager les objectifs d'un autre agent
- ▷ Rationalité parfaite impossible en pratique
  - ▷ Complexité des calculs

- ▷ Plus qu'un simple programme
  - ▷ Opérer sous le contrôle d'une instance autonome
  - ▷ Percevoir l'environnement
  - ▷ Persister pendant une période prolongée
  - ▷ S'adapter au changement
  - ▷ Être capable de partager les objectifs d'un autre agent
- ▷ Rationalité parfaite impossible en pratique
  - ▷ Complexité des calculs
  - ▷ Ressources disponibles (temps, espace)

## INTRODUCTION

---

### FONDATIONS DE L'IA

- ▷ Philosophie

- ▷ Philosophie
- ▷ Mathématiques

- ▷ Philosophie
- ▷ Mathématiques
- ▷ Économie

- ▷ Philosophie
- ▷ Mathématiques
- ▷ Économie
- ▷ Neurosciences

- ▷ Philosophie
- ▷ Mathématiques
- ▷ Économie
- ▷ Neurosciences
- ▷ Psychologie

- ▷ Philosophie
- ▷ Mathématiques
- ▷ Économie
- ▷ Neurosciences
- ▷ Psychologie
- ▷ Ingénierie informatique

- ▷ Philosophie
- ▷ Mathématiques
- ▷ Économie
- ▷ Neurosciences
- ▷ Psychologie
- ▷ Ingénierie informatique
- ▷ Théorie du contrôle et cybernétique

- ▷ Philosophie
- ▷ Mathématiques
- ▷ Économie
- ▷ Neurosciences
- ▷ Psychologie
- ▷ Ingénierie informatique
- ▷ Théorie du contrôle et cybernétique
- ▷ Linguistique

## Philosophie

- ▷ Logique, méthodes de raisonnement

## Philosophie

- ▷ Logique, méthodes de raisonnement
- ▷ L'esprit comme système physique obéissant à un ensemble de règles

## Philosophie

- ▷ Logique, méthodes de raisonnement
- ▷ L'esprit comme système physique obéissant à un ensemble de règles
- ▷ Fondations de l'apprentissage, du langage et de la rationalité

## Mathématiques

- ▷ Logique : représentation formelle et preuves

## Mathématiques

- ▷ Logique : représentation formelle et preuves
- ▷ Calculabilité

## Mathématiques

- ▷ Logique : représentation formelle et preuves
- ▷ Calculabilité
- ▷ Algorithmes

## Mathématiques

- ▷ Logique : représentation formelle et preuves
- ▷ Calculabilité
- ▷ Algorithmes
- ▷ Probabilités

## Économie

- ▷ Théorie du choix rationnel

## Économie

- ▷ Théorie du choix rationnel
- ▷ Théories de la décision et des probabilités pour la prise de décisions en situation incertaine

## Économie

- ▷ Théorie du choix rationnel
- ▷ Théories de la décision et des probabilités pour la prise de décisions en situation incertaine
- ▷ Théorie des jeux

## Économie

- ▷ Théorie du choix rationnel
- ▷ Théories de la décision et des probabilités pour la prise de décisions en situation incertaine
- ▷ Théorie des jeux
- ▷ Processus de décision markovien

## Neurosciences

- ▷ Étude du fonctionnement du cerveau

## Neurosciences

- ▷ Étude du fonctionnement du cerveau
- ▷ Différences et similitudes entre cerveau et ordinateur

## Psychologie

- ▷ Comment nous pensons et agissons ?

## Psychologie

- ▷ Comment nous pensons et agissons ?
- ▷ Psychologie cognitive voit le cerveau comme une machine traitant de l'information

## Psychologie

- ▷ Comment nous pensons et agissons ?
- ▷ Psychologie cognitive voit le cerveau comme une machine traitant de l'information
- ▷ Comment des modèles informatiques peuvent être utilisés pour étudier le langage, la mémoire et la pensée d'un point vue psychologique ?

## Ingénierie informatique

- ▷ Comment construire des machines puissantes (en termes de calculs)

## Ingénierie informatique

- ▷ Comment construire des machines puissantes (en termes de calculs)
- ⇒ Rendre l'intelligence artificielle possible

## Théorie du contrôle et cybernétique

- ▷ Concevoir des agents efficients/optimaux recevant des informations de l'environnement

## Théorie du contrôle et cybernétique

- ▷ Concevoir des agents efficents/optimaux recevant des informations de l'environnement
- ▷ Concevoir des systèmes qui maximisent une fonction objectif au cours du temps

## Linguistique

- ▷ Relation entre langage et pensée

## Linguistique

- ▷ Relation entre langage et pensée
- ▷ Linguistique informatique (ex : Traitement automatique des Langues)

## INTRODUCTION

---

### HISTORIQUE

- ▷ Philosophes grecs antiques : inventeurs de la rationalité

- ▷ Philosophes grecs antiques : inventeurs de la rationalité
- ▷ Hobbes (1651), le Leviathan : « la raison [...] n'est rien d'autre que le fait de calculer »

- ▷ [Philosophes grecs antiques](#) : inventeurs de la rationalité
- ▷ [Hobbes](#) (1651), le Leviathan : « la raison [...] n'est rien d'autre que le fait de calculer »
- ▷ [Boole](#) (1854), Les lois de la pensée

- ▷ Philosophes grecs antiques : inventeurs de la rationalité
- ▷ Hobbes (1651), le Leviathan : « la raison [...] n'est rien d'autre que le fait de calculer »
- ▷ Boole (1854), Les lois de la pensée
- ▷ Turing (1936), Théorie des nombres calculables, suivie d'une application au problème de la décision. La machine de Turing!

- ▷ Philosophes grecs antiques : inventeurs de la rationalité
- ▷ Hobbes (1651), le Leviathan : « la raison [...] n'est rien d'autre que le fait de calculer »
- ▷ Boole (1854), Les lois de la pensée
- ▷ Turing (1936), Théorie des nombres calculables, suivie d'une application au problème de la décision. La machine de Turing!
- ▷ Von Neumann (1945-1949) : architecture d'un calculateur

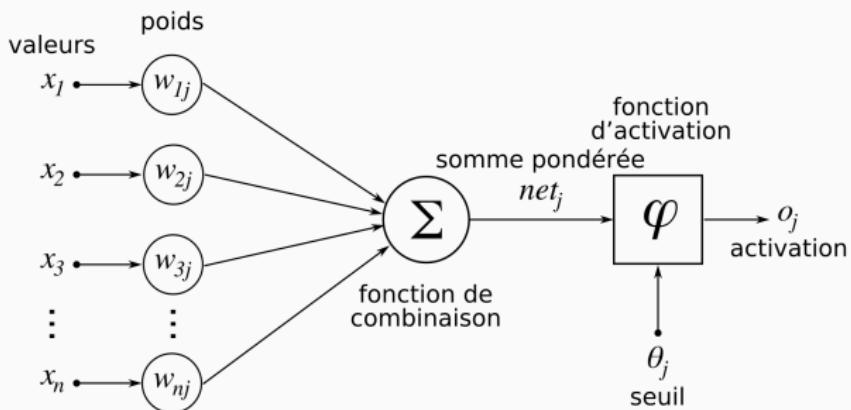
- ▷ Philosophes grecs antiques : inventeurs de la rationalité
- ▷ Hobbes (1651), le Leviathan : « la raison [...] n'est rien d'autre que le fait de calculer »
- ▷ Boole (1854), Les lois de la pensée
- ▷ Turing (1936), Théorie des nombres calculables, suivie d'une application au problème de la décision. La machine de Turing!
- ▷ Von Neumann (1945-1949) : architecture d'un calculateur
- ▷ Shannon (1948) : théorie de l'information

- ▷ Philosophes grecs antiques : inventeurs de la rationalité
- ▷ Hobbes (1651), le Leviathan : « la raison [...] n'est rien d'autre que le fait de calculer »
- ▷ Boole (1854), Les lois de la pensée
- ▷ Turing (1936), Théorie des nombres calculables, suivie d'une application au problème de la décision. La machine de Turing!
- ▷ Von Neumann (1945-1949) : architecture d'un calculateur
- ▷ Shannon (1948) : théorie de l'information

⚠ Il en manque, surtout des philosophes et des mathématiciens. Mais, ce n'est pas un cours sur l'histoire de l'IA, pour les intéressés, voir le cours de F. Furst : <https://www.u-picardie.fr/~furst/IA.php>

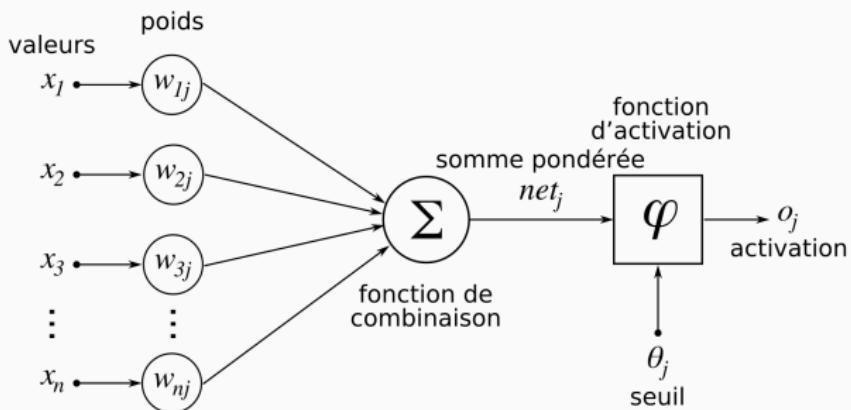
## McCulloch et Pitts (1943) - Réseaux de neurones

- ▷ Neurone formel : modèle simplifié de neurone biologique



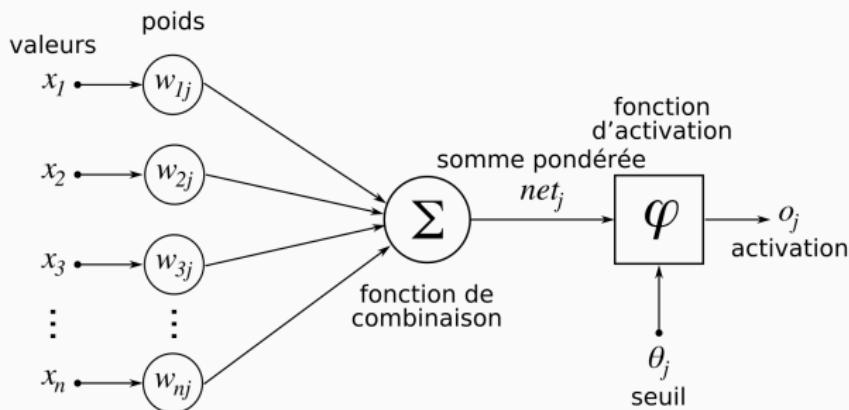
## McCulloch et Pitts (1943) - Réseaux de neurones

- ▷ Neurone formel : modèle simplifié de neurone biologique
- ▷ Réalisation de fonctions logiques, arithmétiques et symboliques complexes



## McCulloch et Pitts (1943) - Réseaux de neurones

- ▷ Neurone formel : modèle simplifié de neurone biologique
- ▷ Réalisation de fonctions logiques, arithmétiques et symboliques complexes
- ▷ Naissance du connexionisme



## Wiener (1948) - Cybernétique

- ▷ Modéliser l'esprit comme une « boite noire » dotée d'un comportement dépendant de mécanismes de rétroaction

## Hebb (1949) - Apprentissage

## Wiener (1948) - Cybernétique

- ▷ Modéliser l'esprit comme une « boite noire » dotée d'un comportement dépendant de mécanismes de rétroaction

## Hebb (1949) - Apprentissage

- ▷ Mémoire = rétroaction dans les réseaux de neurones

## Wiener (1948) - Cybernétique

- ▷ Modéliser l'esprit comme une « boite noire » dotée d'un comportement dépendant de mécanismes de rétroaction

## Hebb (1949) - Apprentissage

- ▷ Mémoire = rétroaction dans les réseaux de neurones
- ▷ Approche « par le bas » (simuler le cerveau pour reproduire la pensée) qui semble moins prometteuse que l'approche « par le haut » (simuler la pensée en tant que manipulation symbolique).

## Conférence de Dartmouth College (1956)

- ▷ Atelier de travail sur les machines pensantes

## Conférence de Dartmouth College (1956)

- ▷ Atelier de travail sur les machines pensantes
- ▷ Conférence de 2 mois

## Conférence de Dartmouth College (1956)

- ▷ Atelier de travail sur les machines pensantes
- ▷ Conférence de 2 mois
- ▷ Organisé par McCarty, Minsky, Rochester et Shannon

## Conférence de Dartmouth College (1956)

- ▷ Atelier de travail sur les machines pensantes
- ▷ Conférence de 2 mois
- ▷ Organisé par McCarty, Minsky, Rochester et Shannon
- ▷ Création de la discipline et choix du nom

## Conférence de Dartmouth College (1956)

- ▷ Atelier de travail sur les machines pensantes
- ▷ Conférence de 2 mois
- ▷ Organisé par McCarty, Minsky, Rochester et Shannon
- ▷ Création de la discipline et choix du nom
- ▷ Nowell et Simon y présentent **Logic Theorist**

## Conférence de Dartmouth College (1956)

- ▷ Atelier de travail sur les machines pensantes
- ▷ Conférence de 2 mois
- ▷ Organisé par McCarty, Minsky, Rochester et Shannon
- ▷ Création de la discipline et choix du nom
- ▷ Nowell et Simon y présentent **Logic Theorist**
  - ▷ Premier logiciel de démonstration automatique de théorème

## Conférence de Dartmouth College (1956)

- ▷ Atelier de travail sur les machines pensantes
- ▷ Conférence de 2 mois
- ▷ Organisé par McCarty, Minsky, Rochester et Shannon
- ▷ Création de la discipline et choix du nom
- ▷ Nowell et Simon y présentent **Logic Theorist**
  - ▷ Premier logiciel de démonstration automatique de théorème
  - ▷ Nouvelle notion : l'heuristique

### Newell et Simon (1957) - General Problem Solver

- ▷ Solveur de problèmes plus général que des théorèmes

### Newell et Simon (1957) - General Problem Solver

- ▷ Solveur de problèmes plus général que des théorèmes
- ▷ Basé sur l'analyse fin/moyen

### Newell et Simon (1957) - General Problem Solver

- ▷ Solveur de problèmes plus général que des théorèmes
- ▷ Basé sur l'analyse fin/moyen
- ▷ Fonctionne par chaînage arrière

### Newell et Simon (1957) - General Problem Solver

- ▷ Solveur de problèmes plus général que des théorèmes
- ▷ Basé sur l'analyse fin/moyen
- ▷ Fonctionne par chaînage arrière
- ▷ Nouvelles fonctionnalités :

## Newell et Simon (1957) - General Problem Solver

- ▷ Solveur de problèmes plus général que des théorèmes
- ▷ Basé sur l'analyse fin/moyen
- ▷ Fonctionne par chaînage arrière
- ▷ Nouvelles fonctionnalités :
  - ▷ Backtracking

## Newell et Simon (1957) - General Problem Solver

- ▷ Solveur de problèmes plus général que des théorèmes
- ▷ Basé sur l'analyse fin/moyen
- ▷ Fonctionne par chaînage arrière
- ▷ Nouvelles fonctionnalités :
  - ▷ Backtracking
  - ▷ Détection des boucles

## Newell et Simon (1957) - General Problem Solver

- ▷ Solveur de problèmes plus général que des théorèmes
- ▷ Basé sur l'analyse fin/moyen
- ▷ Fonctionne par chaînage arrière
- ▷ Nouvelles fonctionnalités :
  - ▷ Backtracking
  - ▷ Détection des boucles
  - ▷ Optimisation

## Newell et Simon (1957) - General Problem Solver

- ▷ Solveur de problèmes plus général que des théorèmes
- ▷ Basé sur l'analyse fin/moyen
- ▷ Fonctionne par chaînage arrière
- ▷ Nouvelles fonctionnalités :
  - ▷ Backtracking
  - ▷ Détection des boucles
  - ▷ Optimisation
- ▷ Efficace pour les problèmes simples et formalisés

## Newell et Simon (1957) - General Problem Solver

- ▷ Solveur de problèmes plus général que des théorèmes
- ▷ Basé sur l'analyse fin/moyen
- ▷ Fonctionne par chaînage arrière
- ▷ Nouvelles fonctionnalités :
  - ▷ Backtracking
  - ▷ Détection des boucles
  - ▷ Optimisation
- ▷ Efficace pour les problèmes simples et formalisés
- ▷ Explosion combinatoire pour les autres

## Gelernter (1958) - Geometry Theorem Prover

- ▷ Introduit la notion d'élagage

## Gelernter (1958) - Geometry Theorem Prover

- ▷ Introduit la notion d'élagage
- ▷ GTP dispose de 1 000 règles :

## Gelernter (1958) - Geometry Theorem Prover

- ▷ Introduit la notion d'élagage
- ▷ GTP dispose de 1 000 règles :
  - ▷ Sans élagage, une démonstration en 3 étapes nécessitent l'application de 1 milliard de règles

## Gelernter (1958) - Geometry Theorem Prover

- ▷ Introduit la notion d'élagage
- ▷ GTP dispose de 1 000 règles :
  - ▷ Sans élagage, une démonstration en 3 étapes nécessitent l'application de 1 milliard de règles
  - ▷ Avec élagage, 125 règles

## Gelernter (1958) - Geometry Theorem Prover

- ▷ Introduit la notion d'élagage
- ▷ GTP dispose de 1 000 règles :
  - ▷ Sans élagage, une démonstration en 3 étapes nécessitent l'application de 1 milliard de règles
  - ▷ Avec élagage, 125 règles
- ▷ GTP a pu effectuer des démonstrations automatiques en 10 étapes

Samuel (1956) - Checker's

- ▷ Programme qui apprend à jouer aux dames

Weizenbaum (1965) - ELIZA

Evans (1968) - ANALOGY

## Samuel (1956) - Checker's

- ▷ Programme qui apprend à jouer aux dames

## Weizenbaum (1965) - ELIZA

- ▷ Premier agent conversationnel

## Evans (1968) - ANALOGY

## Samuel (1956) - Checker's

- ▷ Programme qui apprend à jouer aux dames

## Weizenbaum (1965) - ELIZA

- ▷ Premier agent conversationnel
- ▷ Simule un psychothérapeute

## Evans (1968) - ANALOGY

## Samuel (1956) - Checker's

- ▷ Programme qui apprend à jouer aux dames

## Weizenbaum (1965) - ELIZA

- ▷ Premier agent conversationnel
- ▷ Simule un psychothérapeute

## Evans (1968) - ANALOGY

- ▷ Micro-monde

## Samuel (1956) - Checker's

- ▷ Programme qui apprend à jouer aux dames

## Weizenbaum (1965) - ELIZA

- ▷ Premier agent conversationnel
- ▷ Simule un psychothérapeute

## Evans (1968) - ANALOGY

- ▷ Micro-monde
- ▷ Raisonnement par analogie

## Problèmes et échecs

- ▷ Passage à l'échelle

## Problèmes et échecs

- ▷ Passage à l'échelle
- ▷ Échec de la traduction automatique

## Problèmes et échecs

- ▷ Passage à l'échelle
- ▷ Échec de la traduction automatique
- ▷ Échec des premiers algorithmes génétiques

## Problèmes et échecs

- ▷ Passage à l'échelle
- ▷ Échec de la traduction automatique
- ▷ Échec des premiers algorithmes génétiques
- ▷ Limitations des réseaux de neurones

## Problèmes et échecs

- ▷ Passage à l'échelle
- ▷ Échec de la traduction automatique
- ▷ Échec des premiers algorithmes génétiques
- ▷ Limitations des réseaux de neurones
- ▷ Paradoxe de Moravec

## Problèmes et échecs

- ▷ Passage à l'échelle
- ▷ Échec de la traduction automatique
- ▷ Échec des premiers algorithmes génétiques
- ▷ Limitations des réseaux de neurones
- ▷ Paradoxe de Moravec
- ▷ Crise philosophique

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :
  - ▷ restriction des programmes à des domaines limités et recelant peu d'ambiguités

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :
  - ▷ restriction des programmes à des domaines limités et recelant peu d'ambiguités
- ▷ Un système expert se compose de 3 parties :

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :
  - ▷ restriction des programmes à des domaines limités et recelant peu d'ambiguités
- ▷ Un système expert se compose de 3 parties :
  - ▷ une base de faits

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :
  - ▷ restriction des programmes à des domaines limités et recelant peu d'ambiguités
- ▷ Un système expert se compose de 3 parties :
  - ▷ une base de faits
  - ▷ une base de règles

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :
  - ▷ restriction des programmes à des domaines limités et recelant peu d'ambiguités
- ▷ Un système expert se compose de 3 parties :
  - ▷ une base de faits
  - ▷ une base de règles
  - ▷ un moteur d'inférence

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :
  - ▷ restriction des programmes à des domaines limités et recelant peu d'ambiguités
- ▷ Un système expert se compose de 3 parties :
  - ▷ une base de faits
  - ▷ une base de règles
  - ▷ un moteur d'inférence
- ▷ Difficulté de la représentation de connaissances :

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :
  - ▷ restriction des programmes à des domaines limités et recelant peu d'ambiguïtés
- ▷ Un système expert se compose de 3 parties :
  - ▷ une base de faits
  - ▷ une base de règles
  - ▷ un moteur d'inférence
- ▷ Difficulté de la représentation de connaissances :
  - ▷ récupérer la connaissance auprès des experts humains

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :
  - ▷ restriction des programmes à des domaines limités et recelant peu d'ambiguités
- ▷ Un système expert se compose de 3 parties :
  - ▷ une base de faits
  - ▷ une base de règles
  - ▷ un moteur d'inférence
- ▷ Difficulté de la représentation de connaissances :
  - ▷ récupérer la connaissance auprès des experts humains
  - ▷ représenter la connaissance sous forme de règles

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :
  - ▷ restriction des programmes à des domaines limités et recelant peu d'ambiguités
- ▷ Un système expert se compose de 3 parties :
  - ▷ une base de faits
  - ▷ une base de règles
  - ▷ un moteur d'inférence
- ▷ Difficulté de la représentation de connaissances :
  - ▷ récupérer la connaissance auprès des experts humains
  - ▷ représenter la connaissance sous forme de règles
  - ▷ éviter les problèmes :

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :
  - ▷ restriction des programmes à des domaines limités et recelant peu d'ambiguités
- ▷ Un système expert se compose de 3 parties :
  - ▷ une base de faits
  - ▷ une base de règles
  - ▷ un moteur d'inférence
- ▷ Difficulté de la représentation de connaissances :
  - ▷ récupérer la connaissance auprès des experts humains
  - ▷ représenter la connaissance sous forme de règles
  - ▷ éviter les problèmes :
    - ▷ circularité (Si A alors B, Si B alors A)

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :
  - ▷ restriction des programmes à des domaines limités et recelant peu d'ambiguités
- ▷ Un système expert se compose de 3 parties :
  - ▷ une base de faits
  - ▷ une base de règles
  - ▷ un moteur d'inférence
- ▷ Difficulté de la représentation de connaissances :
  - ▷ récupérer la connaissance auprès des experts humains
  - ▷ représenter la connaissance sous forme de règles
  - ▷ éviter les problèmes :
    - ▷ circularité (Si A alors B, Si B alors A)
    - ▷ redondance (Si A alors B, Si A et C alors B)

## Systèmes experts

- ▷ Limiter l'explosion combinatoire :
  - ▷ restriction des programmes à des domaines limités et recelant peu d'ambiguités
- ▷ Un système expert se compose de 3 parties :
  - ▷ une base de faits
  - ▷ une base de règles
  - ▷ un moteur d'inférence
- ▷ Difficulté de la représentation de connaissances :
  - ▷ récupérer la connaissance auprès des experts humains
  - ▷ représenter la connaissance sous forme de règles
  - ▷ éviter les problèmes :
    - ▷ circularité (Si A alors B, Si B alors A)
    - ▷ redondance (Si A alors B, Si A et C alors B)
    - ▷ incompatibilité (Si A alors B, Si A et C alors  $\neg B$ )

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :
  - ▷ diagnostic de maladies infectieuses du sang et prescription

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :
  - ▷ diagnostic de maladies infectieuses du sang et prescription
  - ▷ environ 500 règles

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :
  - ▷ diagnostic de maladies infectieuses du sang et prescription
  - ▷ environ 500 règles
  - ▷ 1978 : MYCIN vs 9 médecins ⇒ MYCIN obtient de meilleurs scores

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :
  - ▷ diagnostic de maladies infectieuses du sang et prescription
  - ▷ environ 500 règles
  - ▷ 1978 : MYCIN vs 9 médecins ⇒ MYCIN obtient de meilleurs scores
- ▷ Les systèmes experts se diversifient et sortent des laboratoires

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :
  - ▷ diagnostic de maladies infectieuses du sang et prescription
  - ▷ environ 500 règles
  - ▷ 1978 : MYCIN vs 9 médecins ⇒ MYCIN obtient de meilleurs scores
- ▷ Les systèmes experts se diversifient et sortent des laboratoires
  - ▷ l'industrie s'en empare

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :
  - ▷ diagnostic de maladies infectieuses du sang et prescription
  - ▷ environ 500 règles
  - ▷ 1978 : MYCIN vs 9 médecins ⇒ MYCIN obtient de meilleurs scores
- ▷ Les systèmes experts se diversifient et sortent des laboratoires
  - ▷ l'industrie s'en empare
  - ▷ TAXMAN (limiter le paiement de taxes)

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :
  - ▷ diagnostic de maladies infectieuses du sang et prescription
  - ▷ environ 500 règles
  - ▷ 1978 : MYCIN vs 9 médecins ⇒ MYCIN obtient de meilleurs scores
- ▷ Les systèmes experts se diversifient et sortent des laboratoires
  - ▷ l'industrie s'en empare
  - ▷ TAXMAN (limiter le paiement de taxes)
  - ▷ DELTA (diagnostic panne des locomotive)

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :
  - ▷ diagnostic de maladies infectieuses du sang et prescription
  - ▷ environ 500 règles
  - ▷ 1978 : MYCIN vs 9 médecins ⇒ MYCIN obtient de meilleurs scores
- ▷ Les systèmes experts se diversifient et sortent des laboratoires
  - ▷ l'industrie s'en empare
  - ▷ TAXMAN (limiter le paiement de taxes)
  - ▷ DELTA (diagnostic panne des locomotives)
  - ▷ ...

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :
  - ▷ diagnostic de maladies infectieuses du sang et prescription
  - ▷ environ 500 règles
  - ▷ 1978 : MYCIN vs 9 médecins ⇒ MYCIN obtient de meilleurs scores
- ▷ Les systèmes experts se diversifient et sortent des laboratoires
  - ▷ l'industrie s'en empare
  - ▷ TAXMAN (limiter le paiement de taxes)
  - ▷ DELTA (diagnostic panne des locomotives)
  - ▷ ...
- ▷ OpenCyc

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :
  - ▷ diagnostic de maladies infectieuses du sang et prescription
  - ▷ environ 500 règles
  - ▷ 1978 : MYCIN vs 9 médecins ⇒ MYCIN obtient de meilleurs scores
- ▷ Les systèmes experts se diversifient et sortent des laboratoires
  - ▷ l'industrie s'en empare
  - ▷ TAXMAN (limiter le paiement de taxes)
  - ▷ DELTA (diagnostic panne des locomotives)
  - ▷ ...
- ▷ OpenCyc
  - ▷ base de connaissances portant sur toutes les connaissances de sens commun.

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :
  - ▷ diagnostic de maladies infectieuses du sang et prescription
  - ▷ environ 500 règles
  - ▷ 1978 : MYCIN vs 9 médecins ⇒ MYCIN obtient de meilleurs scores
- ▷ Les systèmes experts se diversifient et sortent des laboratoires
  - ▷ l'industrie s'en empare
  - ▷ TAXMAN (limiter le paiement de taxes)
  - ▷ DELTA (diagnostic panne des locomotives)
  - ▷ ...
- ▷ OpenCyc
  - ▷ base de connaissances portant sur toutes les connaissances de sens commun.
  - ▷ version actuelle (4.0) utilise le web sémantique

## Systèmes experts

- ▷ MYCIN :
  - ▷ diagnostic de maladies infectieuses du sang et prescription
  - ▷ environ 500 règles
  - ▷ 1978 : MYCIN vs 9 médecins ⇒ MYCIN obtient de meilleurs scores
- ▷ Les systèmes experts se diversifient et sortent des laboratoires
  - ▷ l'industrie s'en empare
  - ▷ TAXMAN (limiter le paiement de taxes)
  - ▷ DELTA (diagnostic panne des locomotives)
  - ▷ ...
- ▷ OpenCyc
  - ▷ base de connaissances portant sur toutes les connaissances de sens commun.
  - ▷ version actuelle (4.0) utilise le web sémantique
  - ▷ <http://opencyc.org/>

## Le retour des réseaux de neurones

- ▷ réseau de neurones d'Hopfield (1982)

## Le retour des réseaux de neurones

- ▷ réseau de neurones d'Hopfield (1982)
- ▷ réseau où tous les neurones sont interconnectés

## Le retour des réseaux de neurones

- ▷ réseau de neurones d'Hopfield (1982)
  - ▷ réseau où tous les neurones sont interconnectés
- ▷ rétropropagation du gradient (1986)

## Le retour des réseaux de neurones

- ▷ réseau de neurones d'Hopfield (1982)
  - ▷ réseau où tous les neurones sont interconnectés
- ▷ rétropropagation du gradient (1986)
  - ▷ amélioration de l'apprentissage

## Le retour des réseaux de neurones

- ▷ réseau de neurones d'Hopfield (1982)
  - ▷ réseau où tous les neurones sont interconnectés
- ▷ rétropropagation du gradient (1986)
  - ▷ amélioration de l'apprentissage
- ▷ apprentissage profond (deep learning)

## Le retour des réseaux de neurones

- ▷ réseau de neurones d'Hopfield (1982)
  - ▷ réseau où tous les neurones sont interconnectés
- ▷ rétropropagation du gradient (1986)
  - ▷ amélioration de l'apprentissage
- ▷ apprentissage profond (deep learning)
  - ▷ réseau avec un grand nombre de couches

## Le retour des réseaux de neurones

- ▷ réseau de neurones d'Hopfield (1982)
  - ▷ réseau où tous les neurones sont interconnectés
- ▷ rétropropagation du gradient (1986)
  - ▷ amélioration de l'apprentissage
- ▷ apprentissage profond (deep learning)
  - ▷ réseau avec un grand nombre de couches
  - ▷ développé dans les années 70-80

## Le retour des réseaux de neurones

- ▷ réseau de neurones d'Hopfield (1982)
  - ▷ réseau où tous les neurones sont interconnectés
- ▷ rétropropagation du gradient (1986)
  - ▷ amélioration de l'apprentissage
- ▷ apprentissage profond (deep learning)
  - ▷ réseau avec un grand nombre de couches
  - ▷ développé dans les années 70-80
  - ▷ un peu "oublié" car puissance de calcul limitée

## Le retour des réseaux de neurones

- ▷ réseau de neurones d'Hopfield (1982)
  - ▷ réseau où tous les neurones sont interconnectés
- ▷ rétropropagation du gradient (1986)
  - ▷ amélioration de l'apprentissage
- ▷ apprentissage profond (deep learning)
  - ▷ réseau avec un grand nombre de couches
  - ▷ développé dans les années 70-80
  - ▷ un peu "oublié" car puissance de calcul limité
  - ▷ renaissance spectaculaire grâce à la puissance des GPGPU

## Le retour des réseaux de neurones

- ▷ réseau de neurones d'Hopfield (1982)
  - ▷ réseau où tous les neurones sont interconnectés
- ▷ rétropropagation du gradient (1986)
  - ▷ amélioration de l'apprentissage
- ▷ apprentissage profond (deep learning)
  - ▷ réseau avec un grand nombre de couches
  - ▷ développé dans les années 70-80
  - ▷ un peu "oublié" car puissance de calcul limitée
  - ▷ renaissance spectaculaire grâce à la puissance des GPGPU
  - ▷ résultats spectaculaire dans un grand nombre de domaines

## INTRODUCTION

---

## EXEMPLES D'APPLICATIONS

# PLANIFICATION D'ITINÉRAIRES



©igen.fr

- ▷ Plus court (ou rapide) chemin entre deux points

# PLANIFICATION D'ITINÉRAIRES



©igen.fr

- ▷ Plus court (ou rapide) chemin entre deux points
- ▷ Prise en compte temps-réel du trafic

# PLANIFICATION D'ITINÉRAIRES



©igen.fr

- ▷ Plus court (ou rapide) chemin entre deux points
- ▷ Prise en compte temps-réel du trafic
- ▷ ...

# VÉHICULE AUTONOME



©IRIMAS-UHA

- ▷ Contrôle du véhicule guidée par GPS et vision (différents capteurs)

# VÉHICULE AUTONOME



©IRIMAS-UHA

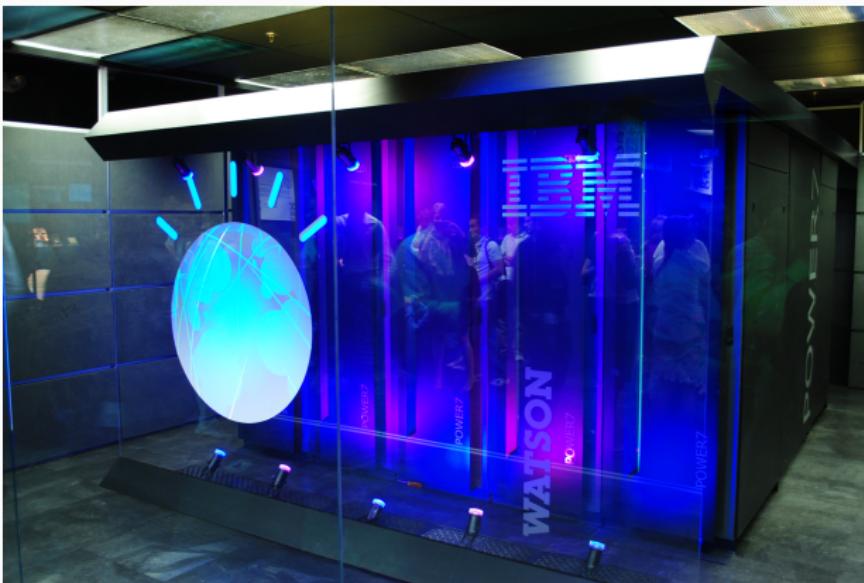
- ▷ Contrôle du véhicule guidée par GPS et vision (différents capteurs)
- ▷ Reconnaissance d'obstacles

# VÉHICULE AUTONOME



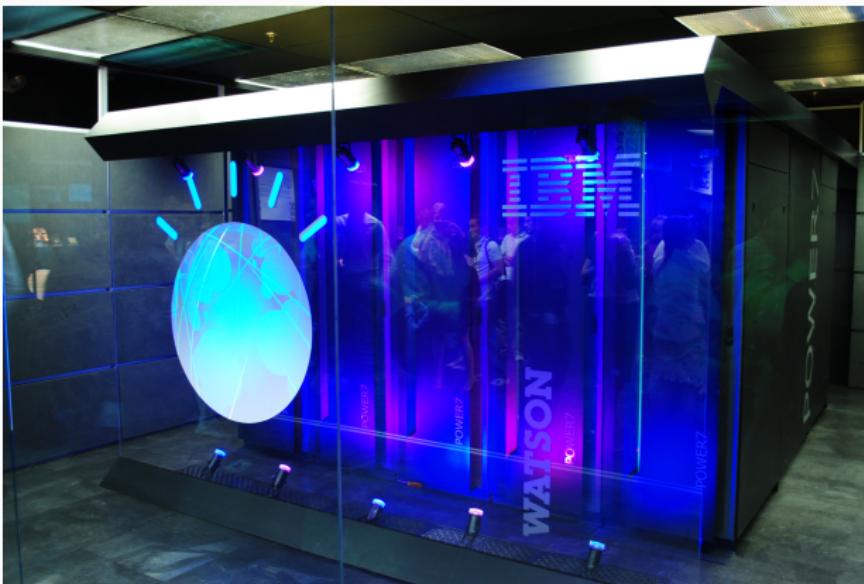
©IRIMAS-UHA

- ▷ Contrôle du véhicule guidée par GPS et vision (différents capteurs)
- ▷ Reconnaissance d'obstacles
- ▷ ...



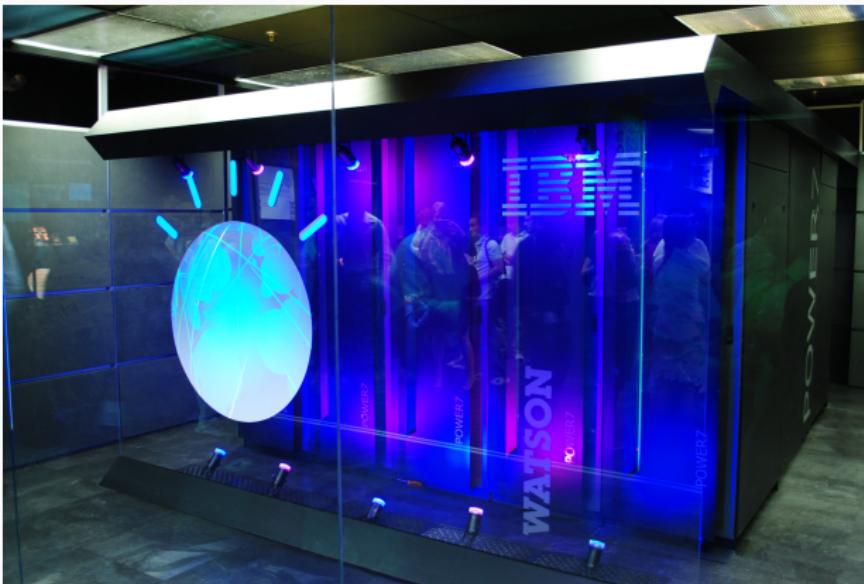
©IBM

- ▷ "Comprends" le langage naturel



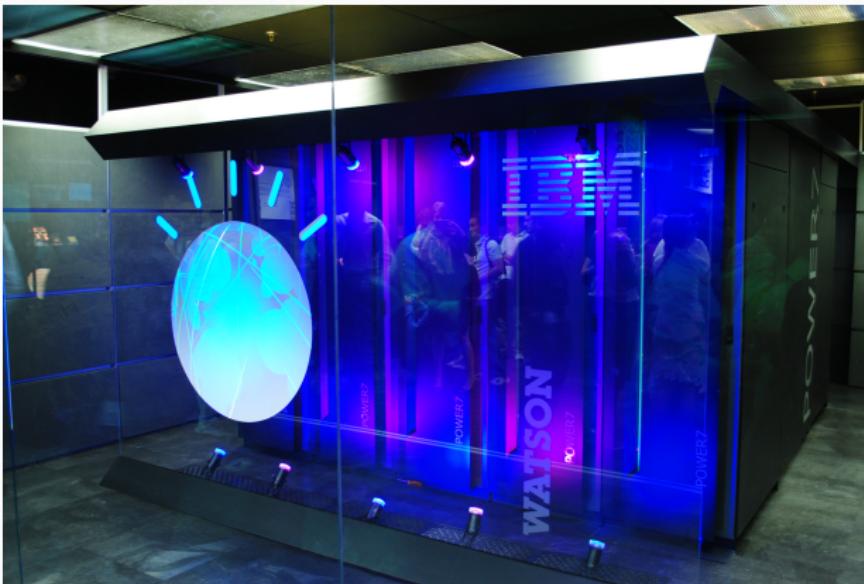
©IBM

- ▷ "Comprends" le langage naturel
- ▷ Vainqueur Jeopardy en 2011



©IBM

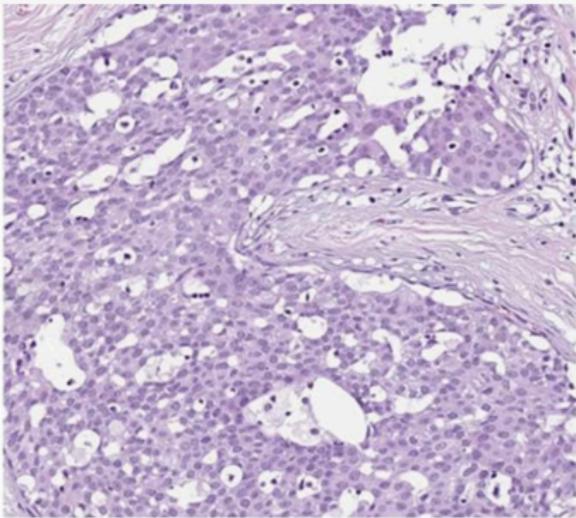
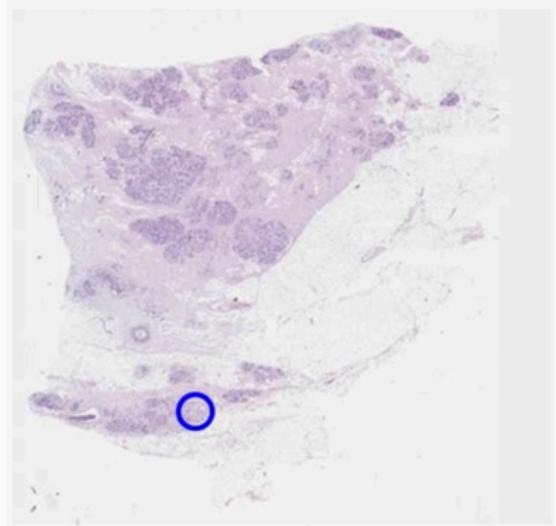
- ▷ "Comprends" le langage naturel
- ▷ Vainqueur Jeopardy en 2011
- ▷ Diagnostic médical



©IBM

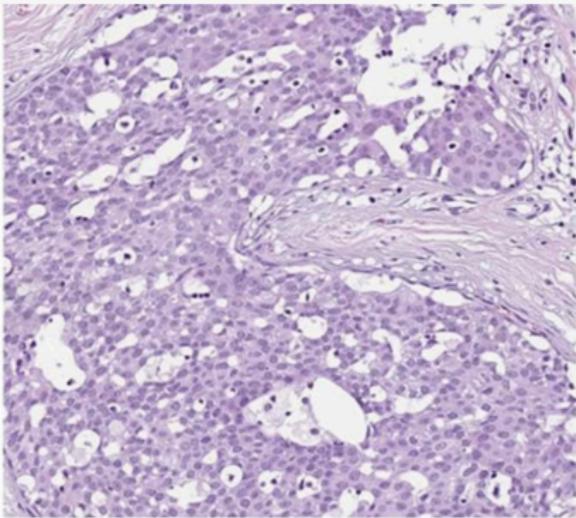
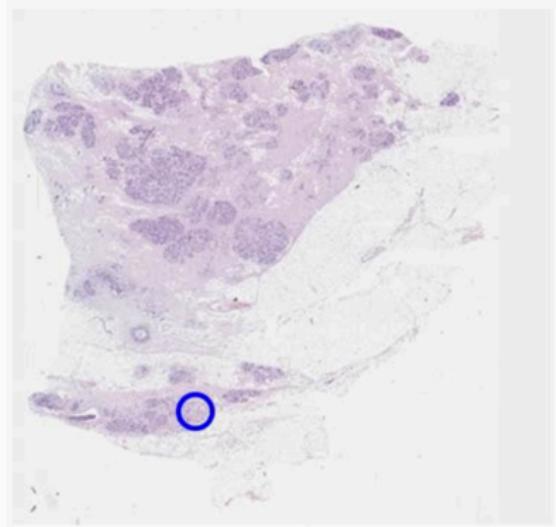
- ▷ "Comprends" le langage naturel
- ▷ Vainqueur Jeopardy en 2011
- ▷ Diagnostic médical
- ▷ ...

## ANALYSE D'IMAGES HISTOPATHOLOGIQUES



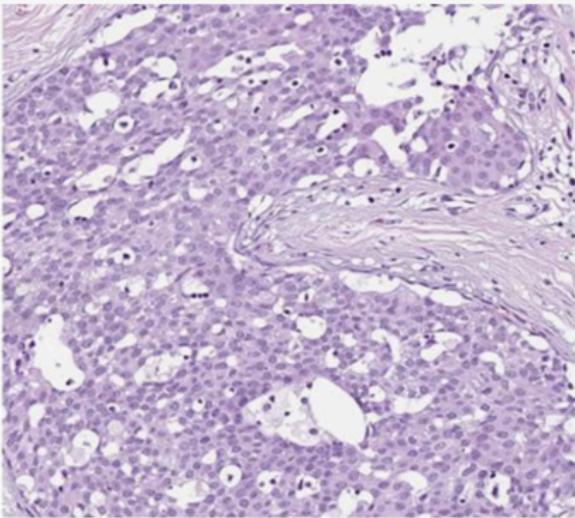
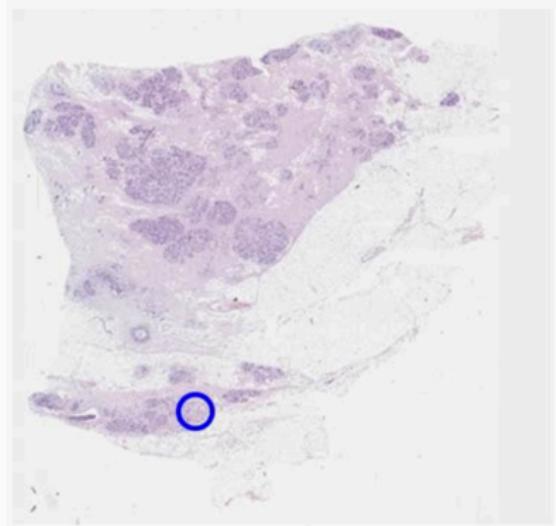
- ▷ Reconnaissance de cellules particulières (tumeurs, lymphocytes, ...)

## ANALYSE D'IMAGES HISTOPATHOLOGIQUES



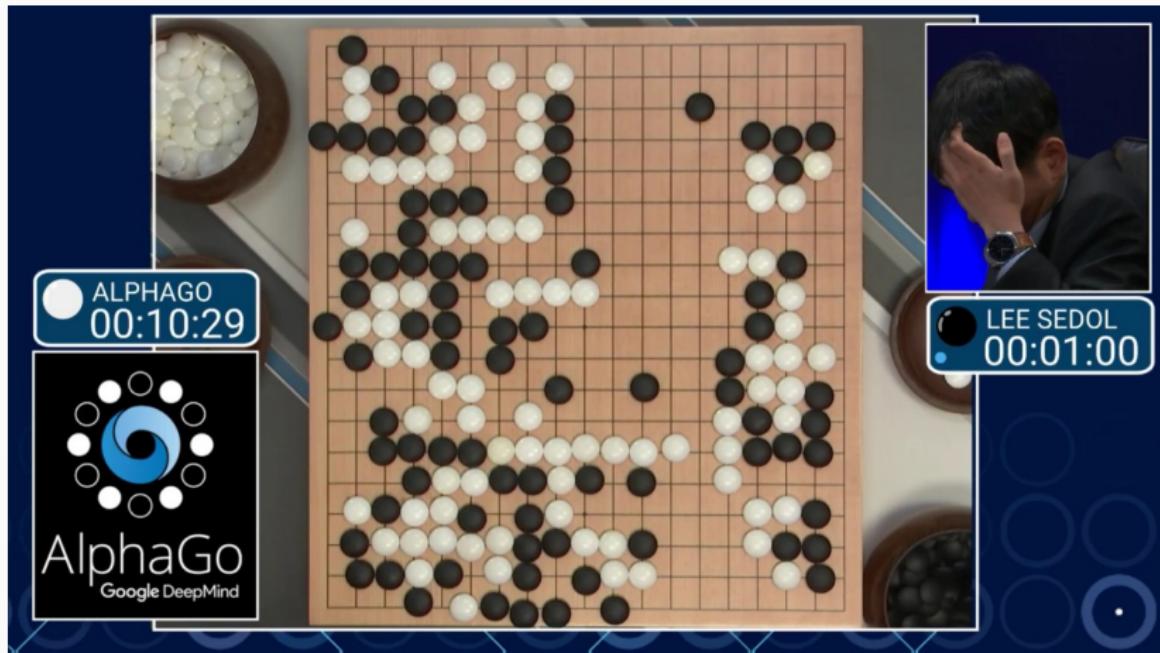
- ▷ Reconnaissance de cellules particulières (tumeurs, lymphocytes, ...)
- ▷ Basée sur l'apprentissage profond

## ANALYSE D'IMAGES HISTOPATHOLOGIQUES

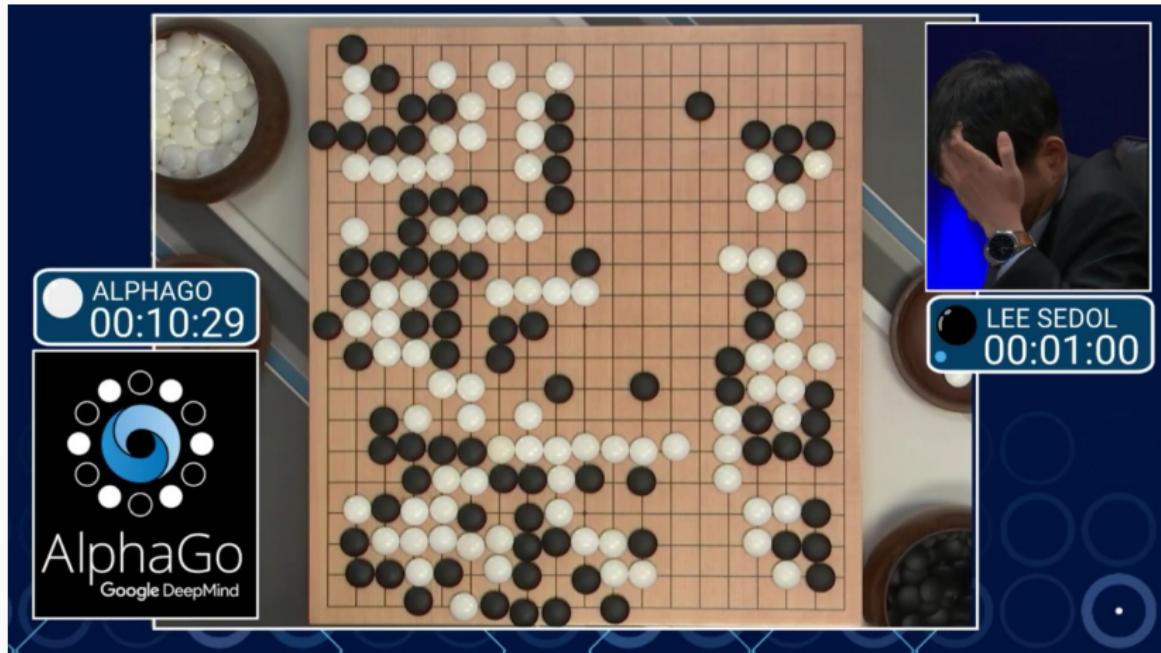


- ▷ Reconnaissance de cellules particulières (tumeurs, lymphocytes, ...)
- ▷ Basée sur l'apprentissage profond
- ▷ Travaux menés à l'IRIMAS (Forestier/Weber)

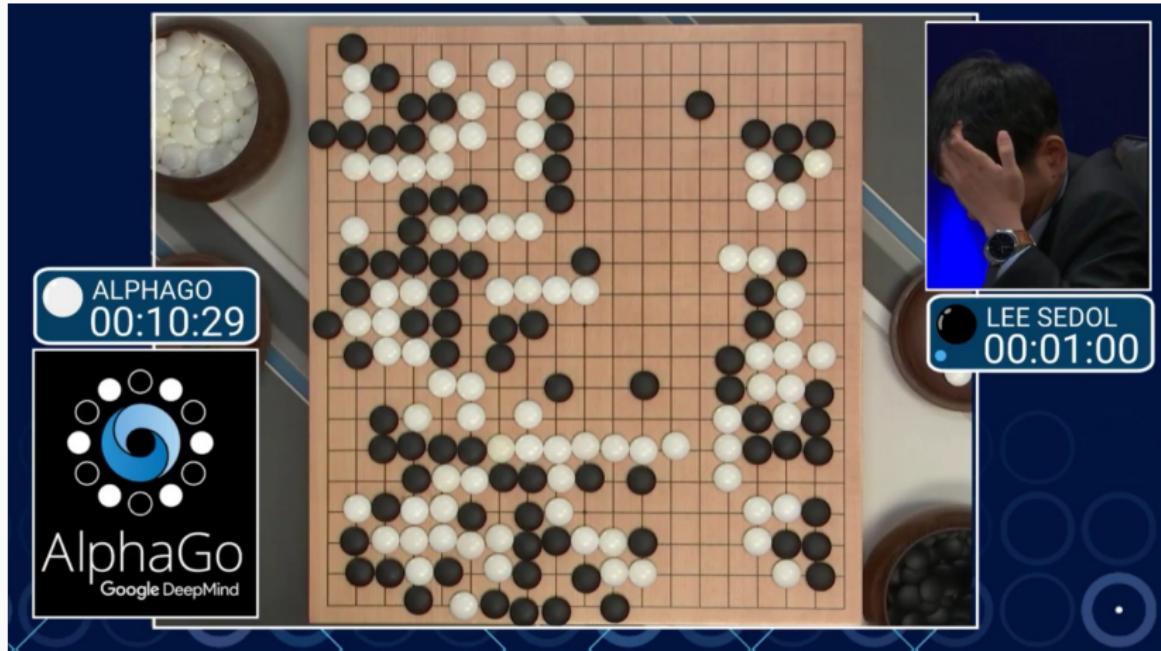
# ALPHAGO



▷ A battu tous les champions de Go



- ▷ A battu tous les champions de Go
- ▷ Apprentissage profond / méthode de Monte-Carlo



- ▷ A battu tous les champions de Go
- ▷ Apprentissage profond / méthode de Monte-Carlo
- ▷ Google Deep Mind

<https://www.youtube.com/watch?v=LikxFZZ02sk>  
<https://www.youtube.com/watch?v=fRj34o4hN4I>

<https://www.youtube.com/watch?v=St5lxIxYGkI>

- ▷ ChatGPT
- ▷ Midjourney
- ▷ Code Llama
- ▷ Mistral

## AUTRES APPLICATIONS

- ▷ DeepFake, remplacer des visages dans des vidéos

- ▷ DeepFake, remplacer des visages dans des vidéos
- ▷ DeepCoder, programme automatiquement en prenant des bouts de code ailleurs

- ▷ DeepFake, remplacer des visages dans des vidéos
- ▷ DeepCoder, programme automatiquement en prenant des bouts de code ailleurs
- ▷ Reconnaissance de caractères, de voix, de visage

- ▷ DeepFake, remplacer des visages dans des vidéos
- ▷ DeepCoder, programme automatiquement en prenant des bouts de code ailleurs
- ▷ Reconnaissance de caractères, de voix, de visage
- ▷ Traduction automatique

- ▷ DeepFake, remplacer des visages dans des vidéos
- ▷ DeepCoder, programme automatiquement en prenant des bouts de code ailleurs
- ▷ Reconnaissance de caractères, de voix, de visage
- ▷ Traduction automatique
- ▷ Composition musicale, imitation de style musicaux, ...

- ▷ DeepFake, remplacer des visages dans des vidéos
- ▷ DeepCoder, programme automatiquement en prenant des bouts de code ailleurs
- ▷ Reconnaissance de caractères, de voix, de visage
- ▷ Traduction automatique
- ▷ Composition musicale, imitation de style musicaux, ...
- ▷ ...