

Bases de l'Intelligence Artificielle



CM1 : Introduction

Marie Lefevre

2026-2027

Université Claude Bernard Lyon 1

De quoi va-t-on parler ?

- Qu'est-ce que l'IA ?
- L'histoire de l'IA
- Les facettes de l'IA
- L'IA aujourd'hui
- L'organisation de l'UE
- Pour aller plus loin

Qu'est-ce que l'IA ?

La **construction de programmes informatiques** qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des **processus mentaux de haut niveau** tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique.

Marvin Minsky

John McCarthy

Le but de intelligence artificielle est **l'étude** de la structure de **l'information** et de la structure des **processus de résolution de problèmes**, indépendamment des applications et indépendamment d'une réalisation.

Une condition essentielle pour agir intelligemment d'une manière générale est la capacité de **produire** et de **manipuler** des **structures symboliques**.

Allen Newell

L'étude des facultés mentales à l'aide des **modèles** de type **calculatoires**

Charniak et McDermott

Qu'est-ce que l'IA ?

Une **discipline** étudiant la possibilité de faire exécuter par l'ordinateur des **tâches** pour lesquelles l'homme est aujourd'hui meilleur que la machine.

Rich et Knight

L'étude des **entités** ayant un **comportement** intelligent.

Nilsson

La conception d'**agents** intelligents

Poole et al.

L'**automatisation** des activités associées au **raisonnement humain**, telles que la décision, la résolution de problèmes, l'apprentissage, ...

Bellman

L'étude des **mécanismes** permettant à un agent de **percevoir**, raisonner, et agir.

Winston

L'intelligence artificielle a pour but de « *permettre aux machines de **faire** des tâches que l'on attribue généralement **aux animaux et aux humains** ».*

Yann LeCun

Qu'est-ce que l'IA ?

Un **ensemble de théories et de techniques** visant à **réaliser des machines** capables de simuler l'intelligence humaine.

Souvent classée dans le groupe des mathématiques et des sciences cognitives, elle fait appel à la neurobiologie computationnelle et à la logique mathématique.

Wikipédia

L'IA désigne la **possibilité pour une machine de reproduire des comportements** liés aux humains, tels que le raisonnement, la planification et la créativité.

L'IA permet à des systèmes techniques de percevoir leur environnement, gérer ces perceptions, résoudre des problèmes et entreprendre des actions pour atteindre un but précis. **L'ordinateur reçoit des données** (déjà préparées ou collectées *via* ses capteurs) les analyse et réagit.

Les systèmes dotés d'IA sont capables d' **adapter leurs comportements** (plus ou moins) en **analysant les effets** produits par leurs actions précédentes, travaillant de manière autonome.

Qu'est-ce que l'IA ?

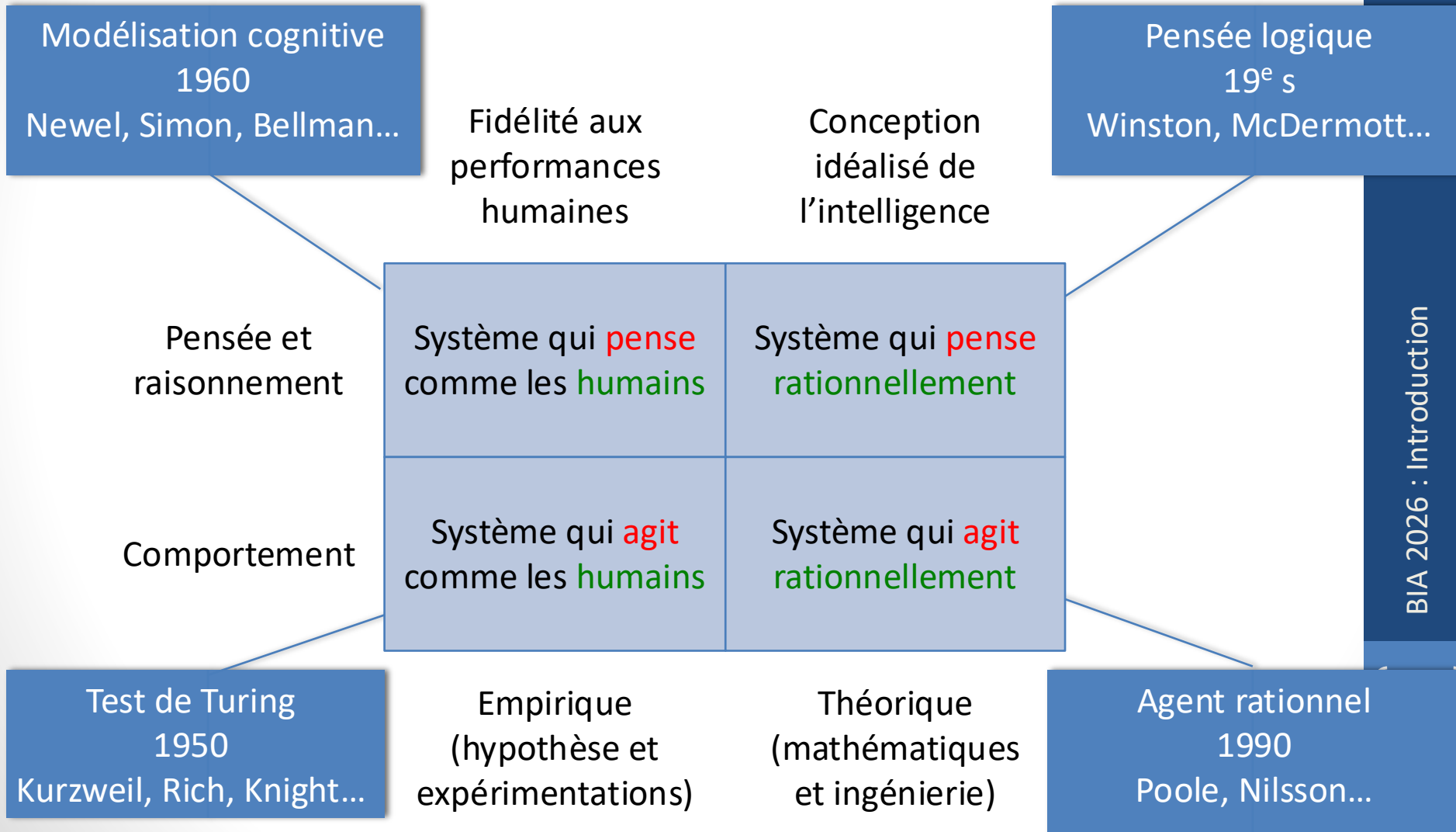
L'IA, ou Intelligence Artificielle, désigne la **capacité des machines** ou des ordinateurs à effectuer des tâches normalement requérant une intelligence humaine.

Plutôt que de suivre des instructions précises, les systèmes d'IA sont conçus pour **apprendre à partir de données** et à s'adapter à de nouvelles situations, ce qui leur permet d'exécuter des tâches complexes de manière autonome.

Il existe plusieurs approches et techniques d'IA, dont voici quelques-unes

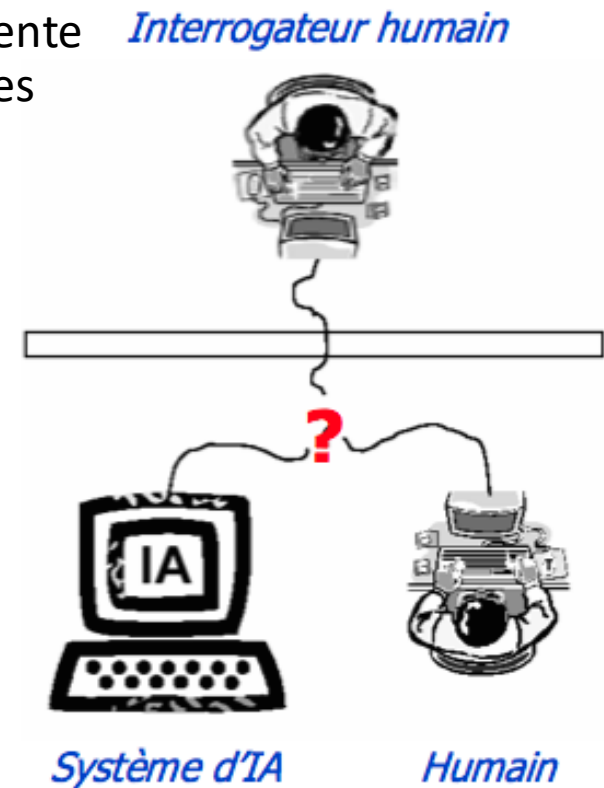
ChatGPT

Quatre façons de voir l'IA



Agir comme des humains

- Définition opérationnelle de l'IA
- **Test de Turing - 1950**
 - Une machine est considérée comme intelligente si elle peut converser de telle manière que les interrogateurs (humains) ne peuvent la distinguer d'un être humain
 - Loebner Prize – 1990 - 2016
 - Agents conversationnels
- Capacités requises :
 - Traitement du langage naturel
 - Représentation des connaissances
 - Raisonnement automatique
 - Apprentissage
- Problème : non reproductible



IA faible / IA forte

- Le test de Turing a produit deux thèses sur l'IA :
 - Thèse **faible**
 - Il est possible de construire des machines qui se comportent **comme si** elles étaient intelligentes
 - Vision raisonnable :
 - Un programme peut être capable de raisonner, d'apprendre et même de résoudre des problèmes
 - Un programme ne « pense » pas, il exécute
 - Thèse **forte**
 - Les machines qui ont un comportement intelligent possèdent des **états cognitifs**
 - Capable d'éprouver une réelle conscience de soi, de ressentir de vrais sentiments et comprendre ce qui la pousse à faire telle ou telle action
 - Nécessite de savoir apprendre et modifier son comportement

Penser comme un humain

- Définition de l'IA comme une science expérimentale
 - Repose sur une modélisation cognitive
 - Comment fonctionne notre cerveau ?
- Nécessite :
 - Théories sur l'activité interne du cerveau
 - Sciences cognitives (top-down)
 - Prédire et tester le comportement de sujets humains
 - Neurosciences cognitives (bottom-up)
 - Identifier le comportement à partir des données neurologiques
- Problème :
 - Validation : implémenter et comparer avec les humains

Penser rationnellement

- Repose sur la pensée logique
 - Aristote : processus de **raisonnement correct**
 - Exemple :
Socrate est un homme
Tous les hommes sont mortels
Donc Socrate est mortel
 - 19^e siècle : logique formelle
 - Permet d'**écrire des énoncés** sur les objets du monde et leurs relations
 - Lien entre mathématique et philosophie
- Problèmes
 - Certaines capacités (ex : la perception) ne sont pas facilement exprimables en logique
 - Tout comportement intelligent n'est pas véhiculé par le raisonnement
 - **Incertitude** : difficile de traduire les connaissances et états du monde réel en équations logiques
 - **Complexité de calculs** : différence entre résoudre un problème en principe et le résoudre réellement

Agir rationnellement

- Agir selon ses **croyances** pour atteindre des **objectifs**
- Pas nécessairement de raisonnement
 - Ex : réflexe de cligner les yeux, retirer sa main d'un objet brûlant...
- Agent rationnel
 - Entité qui **perçoit** et **agit** dans un environnement pour **accomplir ses buts** en fonction de ses capacités, de ses connaissances et de ses croyances
- Problème :
 - Limite de calcul, donc rationalité parfaite impossible
 - Le but est de concevoir le meilleur programme selon les ressources disponibles

De quoi va-t-on parler ?

- Qu'est-ce que l'IA ?
- L'histoire de l'IA
- Les facettes de l'IA
- L'IA aujourd'hui
- L'organisation de l'UE
- Pour aller plus loin

Les bases

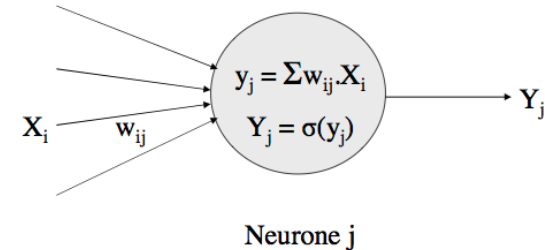
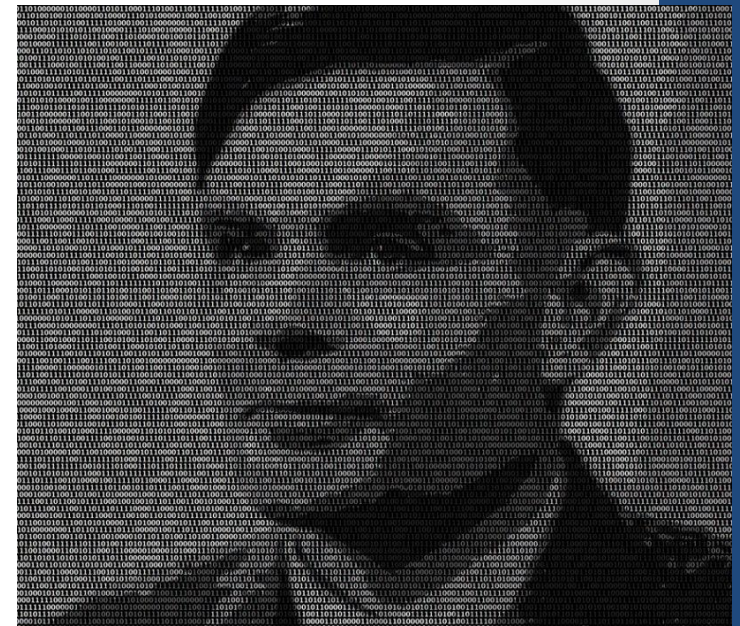


- -450 : Les grecs : Platon, Socrate, Aristote...
 - Les philosophes et la logique
- 1623-1662 : Blaise Pascal, Wilhelm Schickard
 - Machines pour additionner
- 1646-1716 : Leibnitz
 - Machine à raisonner
- 1815-1864 : George Boole
 - Langage formel, logique comme discipline mathématique
- 1906-1978 : Kurt Gödel
 - Théorèmes de complétude et d'incomplétude (1930/31)



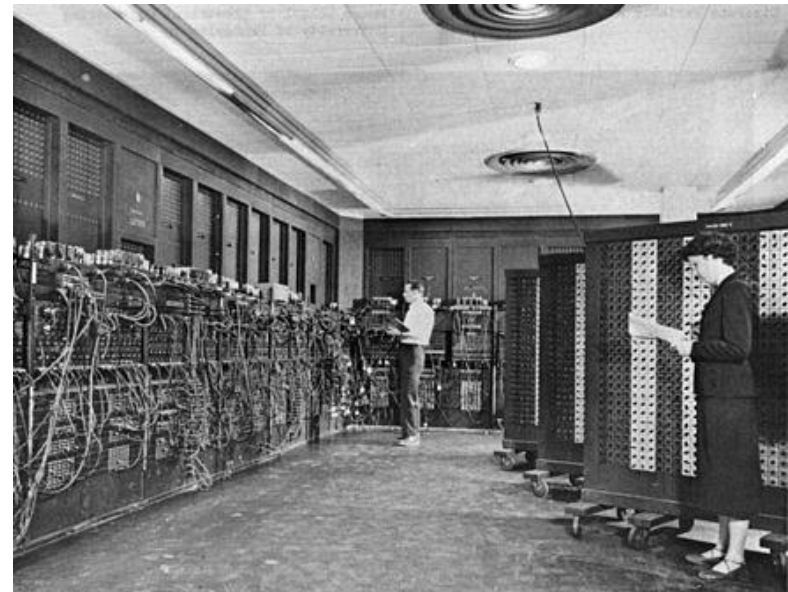
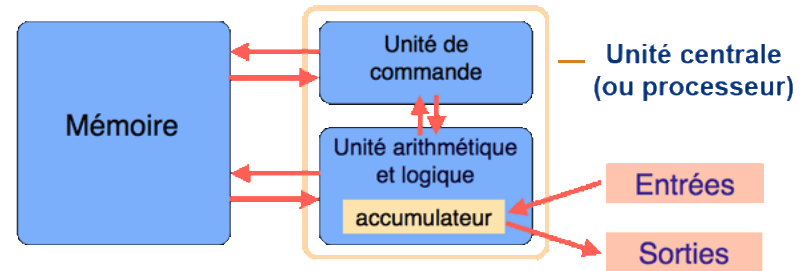
Les inspireurs

- 1936 : Alan Turing
 - Calculabilité & Machine de Turing
 - Montre que toute forme de calcul peut être représentée numériquement
 - Donc la logique aussi...
- 1943 : McCulloch & W. Pitts
 - Approche physiologique des neurones dans le cerveau
 - Modèle mathématique abstrait composé de neurones en réseau
 - Toute fonction calculable peut être calculée avec ce modèle
 - Les connecteurs logiques propositionnels peuvent être implantés par des réseaux très simples



Les inspireurs

- 1945 : Von Neumann
 - Architecture d'un ordinateur
- 1948 : Wiener
 - Cybernétique : décrit les contrôles et la stabilité de réseaux électriques
- 1949 : Shannon
 - Théorie de l'information
 - Détaille les signaux numériques
 - Permet le codage informatique, la redondance de texte, la cryptographie...
- 1951 : Marvin Minsky & Paul Edwards
 - Premier ordinateur basé sur les réseaux neuronaux



Acte de naissance

congrès de Dartmouth – USA – 1956
définit le périmètre d'investigation de l'IA

A PROPOSAL FOR THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

J. McCarthy, Dartmouth College
M. L. Minsky, Harvard University
N. Rochester, I.B.M. Corporation
C.E. Shannon, Bell Telephone Laboratories

August 31, 1955

We propose that a 2 month, 10 man study of artificial intelligence be carried out during the summer of 1956 at Dartmouth College in Hanover, New Hampshire. The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it. An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves. We think that a significant advance can be made in one or more of these problems if a carefully selected group of scientists work on it together for a summer.

The following are some aspects of the artificial intelligence problem:

1. Automatic Computers

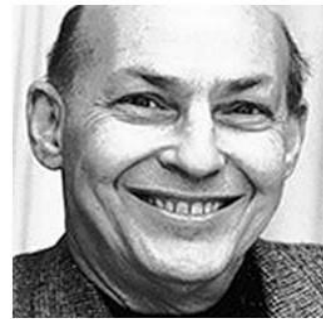
If a machine can do a job, then an automatic calculator can be programmed to simulate the machine. The speeds and memory capacities of present computers may be insufficient to simulate many of the higher functions of the human brain, but the major obstacle is not lack of machine capacity, but our inability to write programs taking full advantage of what we have.

2. How Can a Computer be Programmed to Use a Language

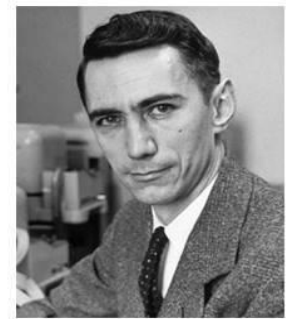
It may be speculated that a large part of human thought consists of manipulating words according to rules of reasoning and rules of conjecture. From this point of view, forming a generalization consists of admitting a new word and some rules whereby sentences containing it imply and are implied by others. This idea has never been very precisely formulated nor have examples been worked out.

3. Neuron Nets

How can a set of (hypothetical) neurons be arranged so as to form concepts. Considerable theoretical and experimental work has been done on this problem by Uttley, Rashevsky and his group, Farley and Clark, Pitts and McCulloch, Minsky, Rochester and Holland, and others. Partial results have been obtained but the problem needs more theoretical work.



Marvin Minsky
1927-2016



Claude Shannon
1916-2001



John McCarthy
1927-2011



Nathaniel Rochester
1919-2001

Acte de naissance

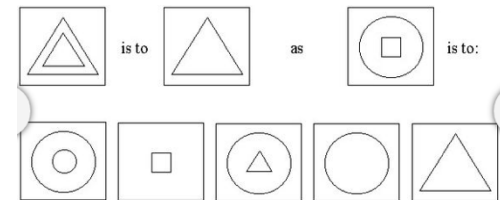
- 1956 : Dartmouth College (USA)
 - John McCarthy (tenant de la logique)
 - Marvin Minsky (tenant d'une approche par schémas)
 - 10 participants (Shannon, Rochester...)
- Discussion sur les relations entre la théorie des automates, les réseaux neuronaux et la recherche sur l'intelligence
 - Genèse autour de la notion de « machines à penser »
 - Comparaison du cerveau avec les premiers ordinateurs
- John McCarthy propose le terme **Artificial Intelligence**
 - Idée de construire un cerveau artificiel

Les début de l'IA

- 1956 : Newell, Simon & Shaw
 - Programme LT (Logical Theorist) : démonstration des théorèmes de Principia Mathematica
 - Généralisé en 1958 : [General Problem Solver](#) qui progresse dans la résolution en évaluant la différence entre la situation du solveur et le but à atteindre.
 - 1957 : Simon
 - « Je ne voudrais pas vous surprendre ou choquer mais la manière la plus simple de résumer est de dire que dorénavant il y a **des machines qui pensent, qui apprennent et qui créent**. En plus, leur capacité de savoir faire tout cela croit rapidement jusqu'à ce que - **dans un futur proche** - la difficulté des problèmes qu'elles savent traiter sera comparable à la difficulté des problèmes auquel l'esprit humain s'est appliqué. »
- Promesse qu'une machine aussi intelligente qu'un être humain existerait en moins d'une génération
- Des millions de dollars ont alors été investis pour réifier cette prédiction

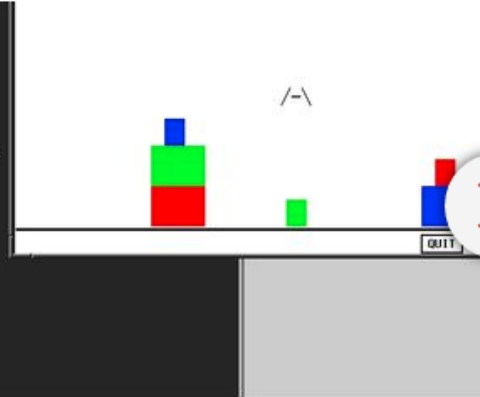
Premiers défis

- Programmes capables de jouer aux échecs
 - Premières idées en 1950 par Shannon
 - Première victoire sur un champion du monde en 1997 : [Deep Blue bat Kasparov](#)
- Test « d'intelligence » :
 - ANALOGY (Evans , 1963) capable de [trouver la suite « logique » d'une série de figures](#)
- Résolution de problèmes par propagation de contraintes
 - 1975 : [Waltz](#)
- Dialogue en « langage naturel »
 - [Eliza](#) (Weizenbaum, 1965)
 - [SHRDLU](#) (Winograd, 1968)



```
Move mouse pointer to this window
Type a sentence - 'help' for help - type 'bye' to exit
? help

You can:
1. give a command MOVE or PUT a block somewhere.
2. ask where a block is, ask whether a block is on
another block, ask what blocks are on a block, or ask
which block is on another block
Examples of things you can type:
put a green block on a blue block
move the little red block onto a big green block
put a block on the table onto a blue block
put the block on a block on a block on a red block
is the big red block on the small green one
where is the small blue block
put it on the table
put the big green block on it
what is on the big green block
what is on the block on the big green one
```



Dialogue avec Eliza

- > Les hommes sont toujours les mêmes
 - Dans quel sens ?
 - > Ils nous énervent toujours pour un oui ou pour un non
 - Pensez-vous à un exemple particulier ?
 - > Bien, mon petit ami m'a amenée ici
 - Votre petit ami vous a amenée ici ?
 - > Il dit que je suis trop souvent déprimée
 - Je suis désolé d'apprendre que vous êtes déprimée
 - > C'est vrai, je suis malheureuse
 - Pensez-vous que de venir ici vous aide à ne plus être malheureuse ?
 - > J'ai besoin d'aide, ça c'est certain
 - Qu'est-ce que cela signifie pour vous obtenir de l'aide ?
 - > Peut-être que je pourrais apprendre à rester tranquille avec ma mère
 - Parlez-moi de votre famille.
- A eu des suites... [ALICE](#) qui a remporté trois fois le prix Loebner (Turing)

Shakey, le premier robot

- 1967 : Stanford Research Institute

- Le premier robot capable de raisonner sur ses propres actions
- Lent : 1h de calcul avant mouvement
- Bruyant : « qui tremble »
- Mais une première brique est posée...



Photo courtesy of SRI International.

Premières déceptions

- Les années 1960 / 70...
- Échec des traducteurs automatiques
 - Exemple d'un aller-retour de traduction en russe
 - « L'esprit est fort mais la chair est faible »
devient
 - « La vodka est bonne mais la viande est pourrie »
- Passage à l'échelle des algorithmes
 - Problème de mémoire et de puissance de calcul
- 1973 : Arrêt des financements pour l'IA en général
 - Financement pour l'IA avec un but

Un tournant

- Début des années 70 :
 - Beaucoup de micromondes possèdent un comportement « intelligent »
 - ... mais les micromondes restent des micromondes et n'évoluent pas vers des applications réelles
- Les méthodes d'IA sont des améliorations de la combinatoire
 - On restreint l'énumération exhaustive à l'aide du « bon sens », de fonctions d'évaluations et d'heuristiques
- Nouvelle conviction : Un comportement « intelligent » a besoin d'une connaissance approfondie du domaine étudié
- Début des **Systèmes à Base de Connaissances** et de l'**Ingénierie des Connaissances**
 - Quelles connaissances ?
 - Comment les donner ?
 - Comment les représenter ?
 - Comment les utiliser ?

L'ère des systèmes experts

- Les années 70 / 80 : engouement pour les systèmes experts
 - [DENDRAL](#) (en chimie)
 - [MYCIN](#) (en médecine)
 - Hersay II (en compréhension de la parole)
 - [Prospector](#) (en géologie)
- Générateurs de systèmes experts
 - [NEXPERT System](#)
 - [CLIPS](#) : langage à base de règles proposé par la NASA
- IA se recentre sur les connaissances avec exploitation de la logique : **les connaissances sont séparées du raisonnement**
- 1^{ères} ventes d'IA aux entreprises !

Déceptions ...

- Fin des années 80 : désillusion
 - Système expert difficile à maintenir / faire évoluer
 - Difficulté à convaincre les entreprises
 - Plus de financement
- Véhicules autonomes non opérationnels
- Exemple : Smart Truck (1989)
 - Département américain de la Défense
 - Véhicule militaire autonome capable de prendre la place de soldats
 - Machine était lente et tellement peu convaincante que le projet a été abandonné 5 ans après sa mise en route et un investissement de 500 millions de dollars.



... réussites ...

- Mais à partir des années 90 : certains verrous sautent
 - 1991 : DART - Dynamic Analysis and Replanning Tool
 - programme démontrant une intelligence artificielle
 - utilisé durant la guerre du Golf de 1990
 - **l'outil sert à faciliter la prise de décision en optimisant et planifiant le transport de ressources ou en résolvant d'autres problèmes logistiques.**
 - les États-Unis ont aussi fait appel à l'IA pour guider les missiles

The screenshot displays the 'RDA: ULN Details' window. It contains several sections: 'Unit Information' with fields for Force Desc, Unit Name, UIC, Component, SRC, Baseline, Nonbaseline, POC, Validation Dat, SSF, PIC, ProvOrg, UTC, Proj Code, CFI, Flag Date, FIC, Service, ULC, Service Rsv, TUCHA Icd, and PIF. 'Routing Information' includes a table for Origin, GEO, GEO Name, Mode, Src, Cnfs, 1st, 2nd, Priority, ID, AddOn, Days Code, Lookup, RLD, AID, EAD, LAD, RDD, and ILOC. A summary table at the bottom lists Personne, Cargo, Bulk, Oversize, Outsize, NAT, Totals, Nbr CCCs, PAX, STONs, MTONs, SQFT, and POL (MBBLs).

Personne	Cargo	Bulk	Oversize	Outsize	NAT	Totals	Nbr CCCs
603	603	113.7	6	0	0	119.7	4

PAX	STONs	MTONs	SQFT	POL (MBBLs)
603	284	23	307	0.0

... réussites ...

- Mais à partir des années 90 : certains verrous sautent
 - 1997 : Deep Blue / Kasparov
 - Utilisation les principes du seuil de satisfaction de l'individu
 - La machine était capable de s'adapter et trouver une solution satisfaisante si rapidement que le grand maître a admis que la machine jouait comme un homme
 - Auparavant, les grands maîtres arrivaient à battre les ordinateurs en prédisant le coup le plus rationnel
 - Kasparov demanda une revanche, mais IBM refusa et démonta la machine...



... réussites ...

- Mais à partir des années 90 : certains verrous sautent



IBM Watson / Jeopardy (2011)



Google AlphaGO (2016)

... réussites ...

- Mais à partir des années 90 : certains verrous sautent

Siri et Google Now (2011)



Google Car (2009)



Cortana (2014)

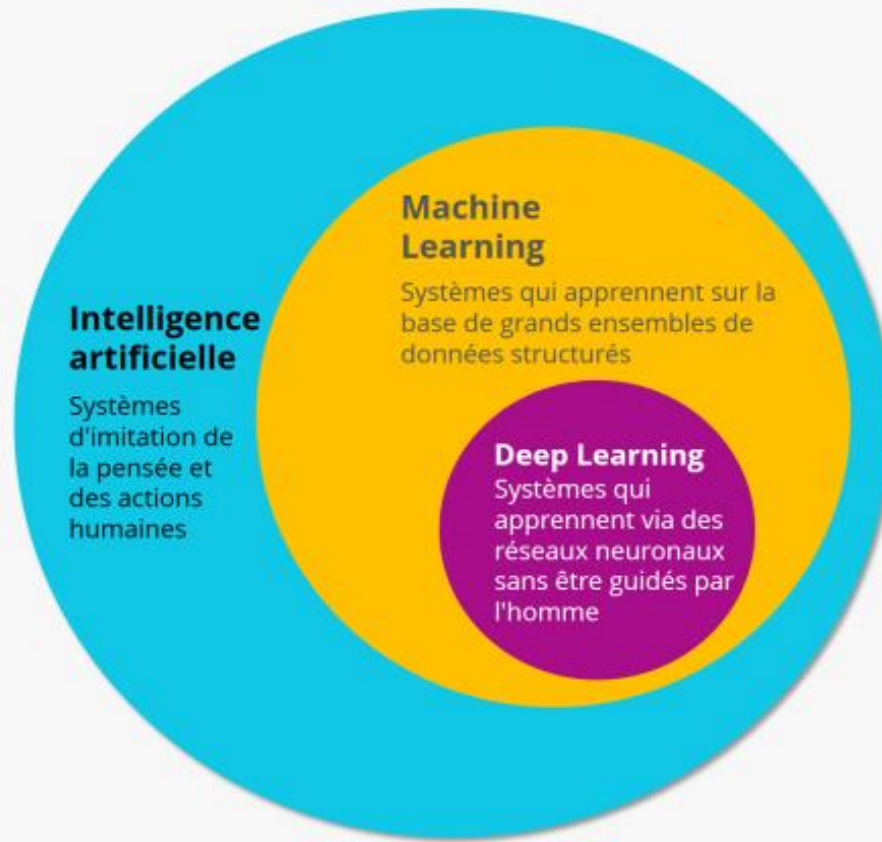
... et renouveau

- Rien de nouveau en IA mais la loi de Moore...
 - Maintenant les machines peuvent mettre en œuvre l'IA imaginée
-
- Années 90 : une nouvelle vision « agent »
 - Années 2000 : l'arrivée du web
 - Et 2012 ... le Deep Learning !

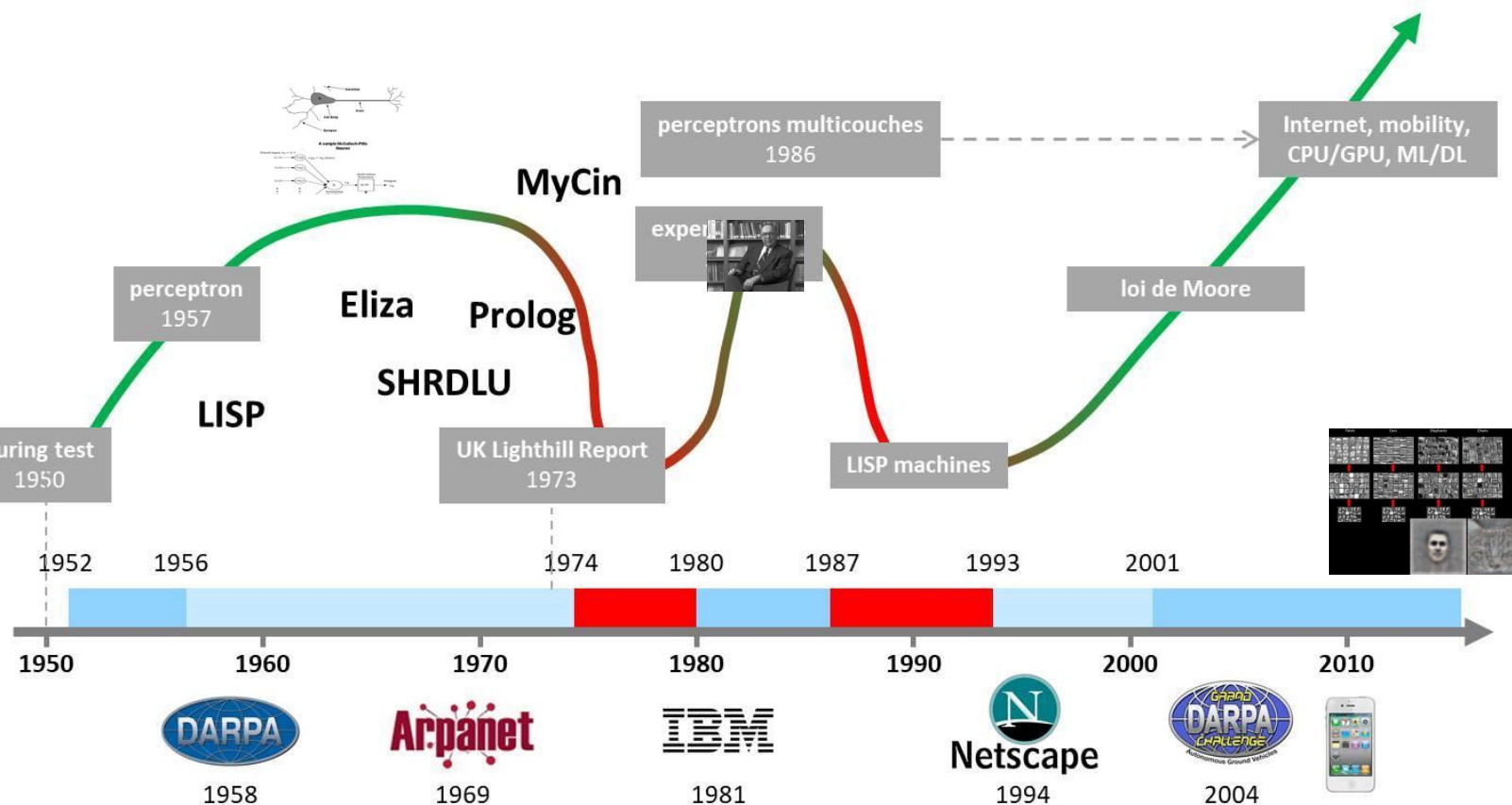
IA à l'heure du Web

- Les années 2000
 - L'IA est partout : voiture, moteur de recherche...
 - Tim Berners-Lee (inventeur du WWW en 1989)
 - Lance le projet de **Web Sémantique** (ou Web 3.0)
 - Idée : mettre du sens / des connaissances au-dessus des pages web manipulées par les machines
 - Exploitation des travaux sur les ontologies issues de l'IC
 - Une **ontologie** =
 - Une hiérarchie de concepts
 - Des relations entre ces concepts
 - Des propriétés logiques exprimant la sémantique des concepts et des relations
- Naissance du **Web des données** et du **Web des objets**

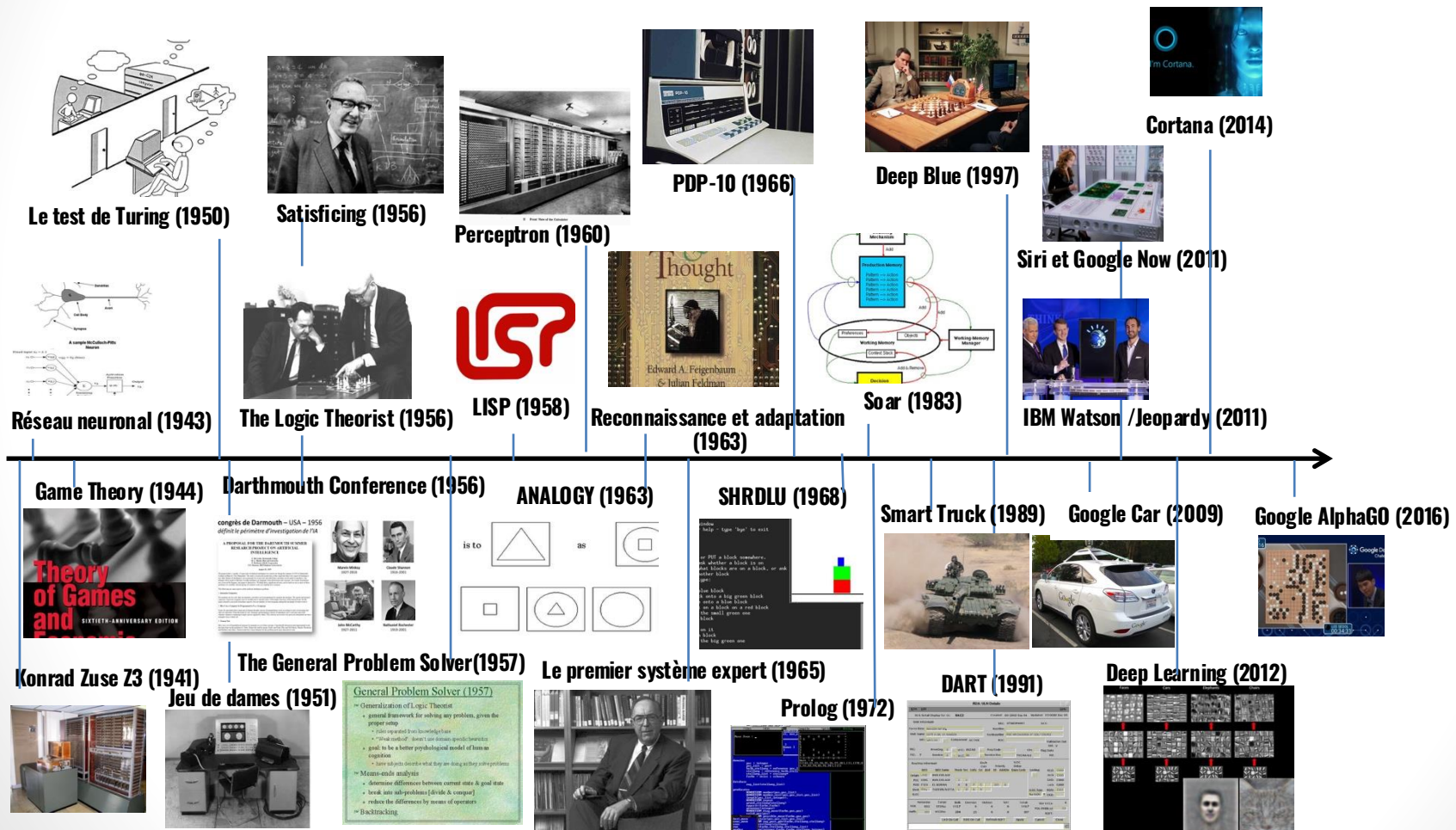
IA à l'heure du Deep Learning



Des hauts, des bas, et puis...



Histoire de l'IA

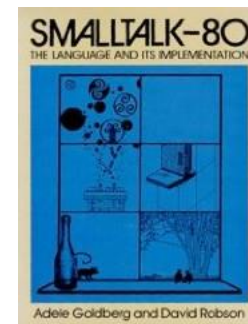


Programmation en IA ?

- Des langages de programmation spécifiques
 - [LISP](#) (MacCarthy – USA – 1958)
 - Traitement des listes
 - [PROLOG](#) (Colmerauer – France – 1972)
 - Programmation logique
 - SmallTalk (Kay – 1972)
 - Langage objet
- Les langages de Frame pour la représentation des connaissances
 - [YAFOOL](#) (Yet Another Frame based Object Oriented Language – 1986)
 - KL-ONE (Knowledge Language)
- Tous les langages de [logique de description](#)



SWI Prolog

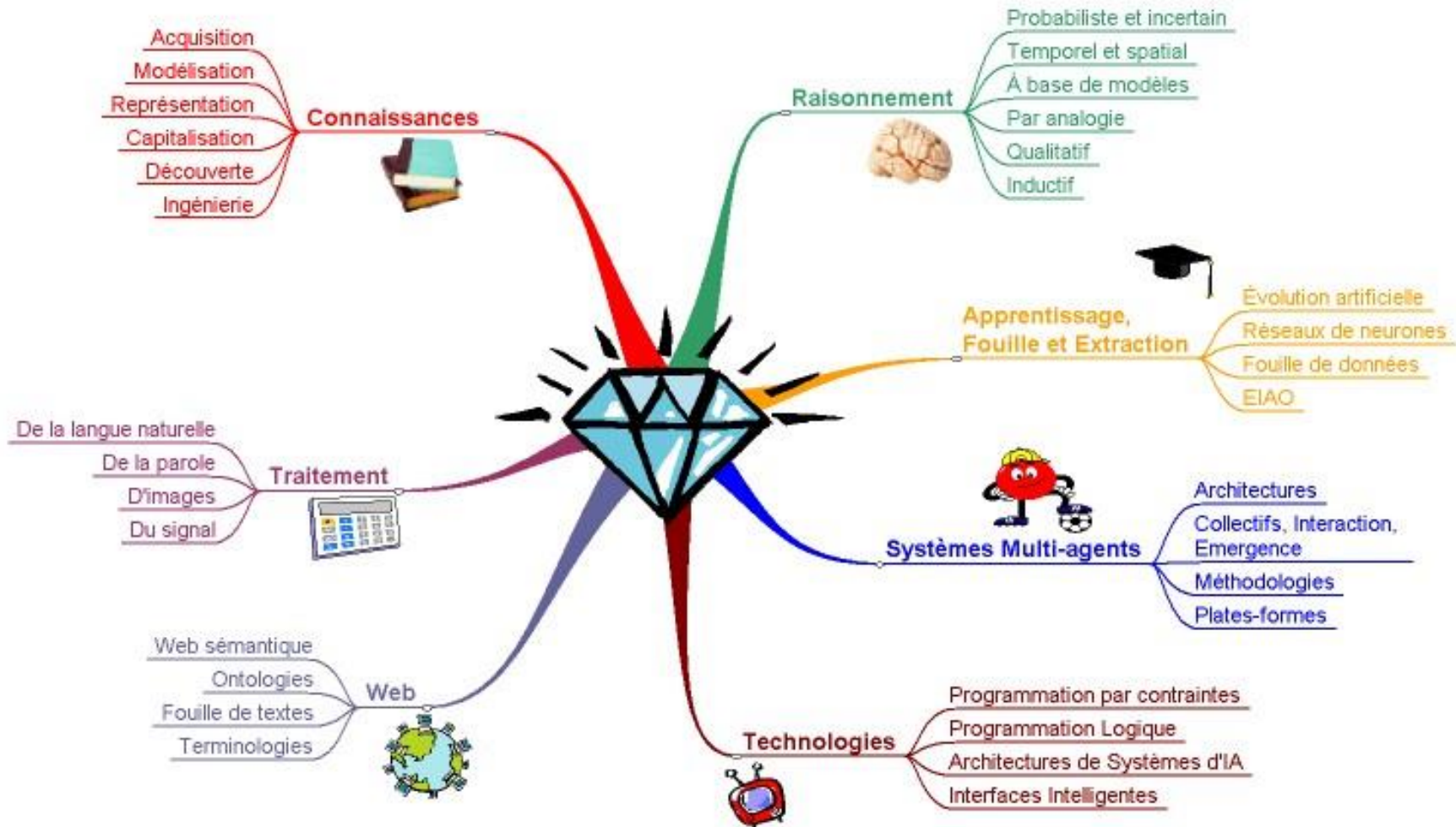


De quoi va-t-on parler ?

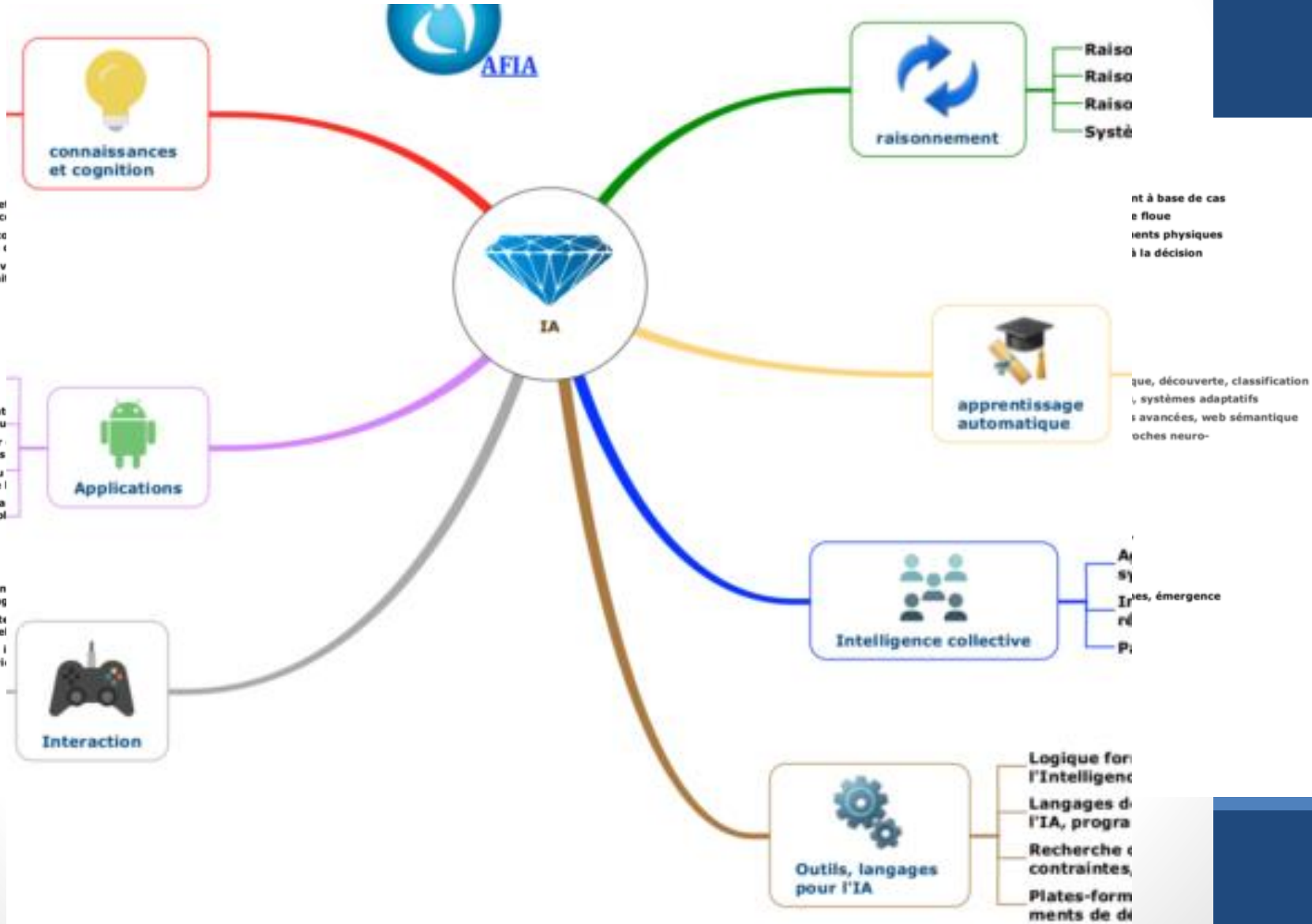
- Qu'est-ce que l'IA ?
- L'histoire de l'IA
- Les facettes de l'IA
- L'IA aujourd'hui
- L'organisation de l'UE
- Pour aller plus loin

Les facettes de l'IA : informatique

Diamant de l'AFIA en 2002



Les facettes de l'IA : informatique



... mais aussi

- Facette des **mathématiques**
 - Formalisation du raisonnement mathématique : Logique
 - Contribution à de nouveaux champs :
Logiques modales → logique possibiliste
- Facette des **sciences de la cognition**
 - C'est le même projet au départ...
 - **Vision « symbolique »** : la pensée est un calcul sur des symboles avec processeur et mémoires
 - Approche virtuelle
 - **Vision « sub-symbolique »** : les mécanismes sont biologiques mais produisent le même effet au niveau macroscopique
 - Réseaux neuronaux, automates cellulaires...
 - **Vision « sociale »** : la connaissance émerge de comportements distribués dans un environnement (approche multi-agents)
 - Réseaux neuronaux dynamiques, colonies d'insectes...

Différentes intelligences, différentes IA

L'intelligence humaine (capacités mentales)

L'intelligence du vivant (adaptation)

Modèles
Cognition



Différentes visions
de l'intelligence



Intelligence
bio-inspirée

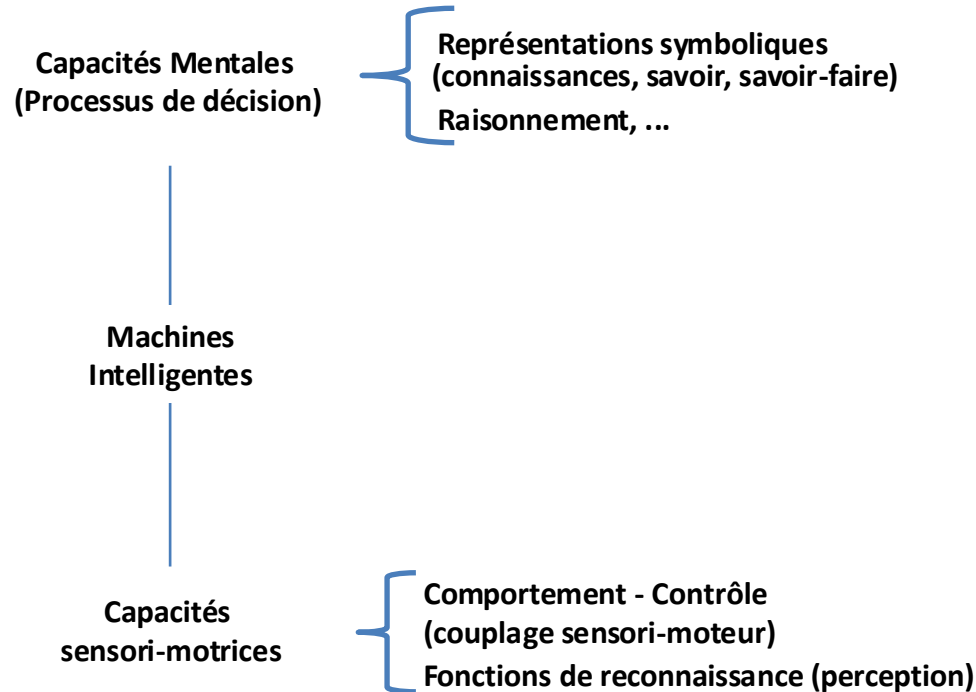
Différentes IA / Différentes approches

Cognitivisme

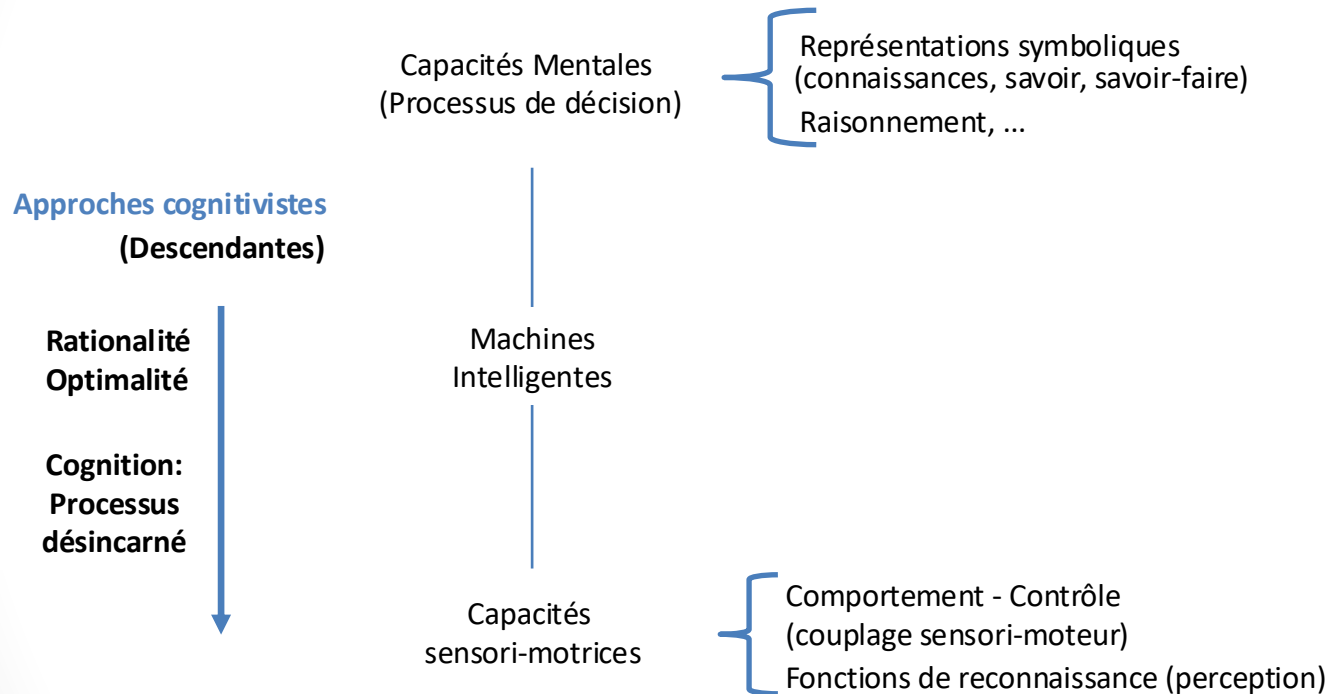
....

Connexionnisme / Constructivisme

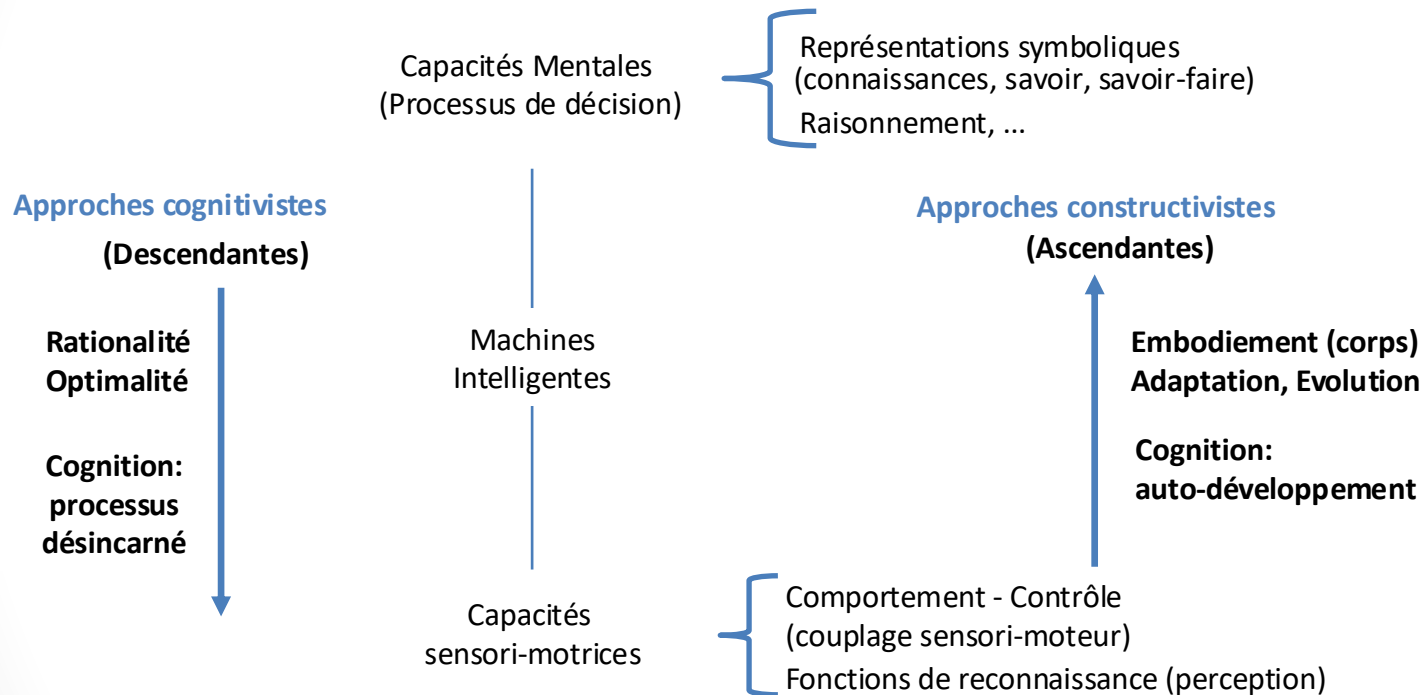
Différentes capacités, différentes IA



Approches cognitivistes de l'IA



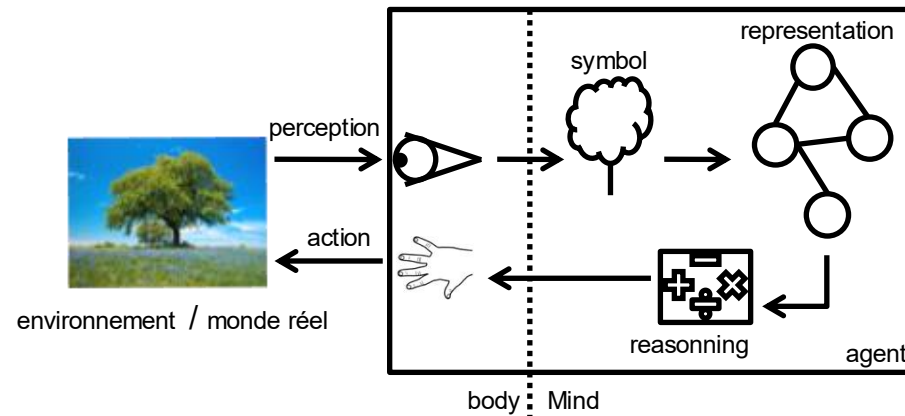
Approches constructivistes de l'IA



Différentes approches de la cognition

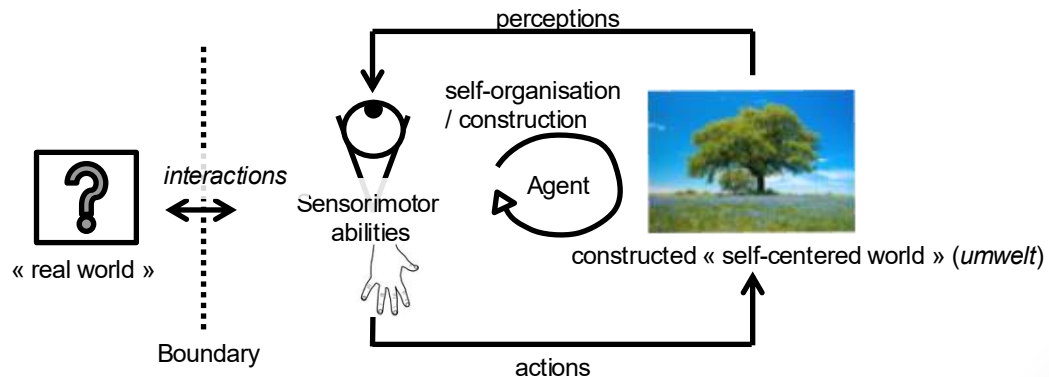
Cognitivist Approaches

- *Moravec Paradox*
- *Grounding Symbol Problem*

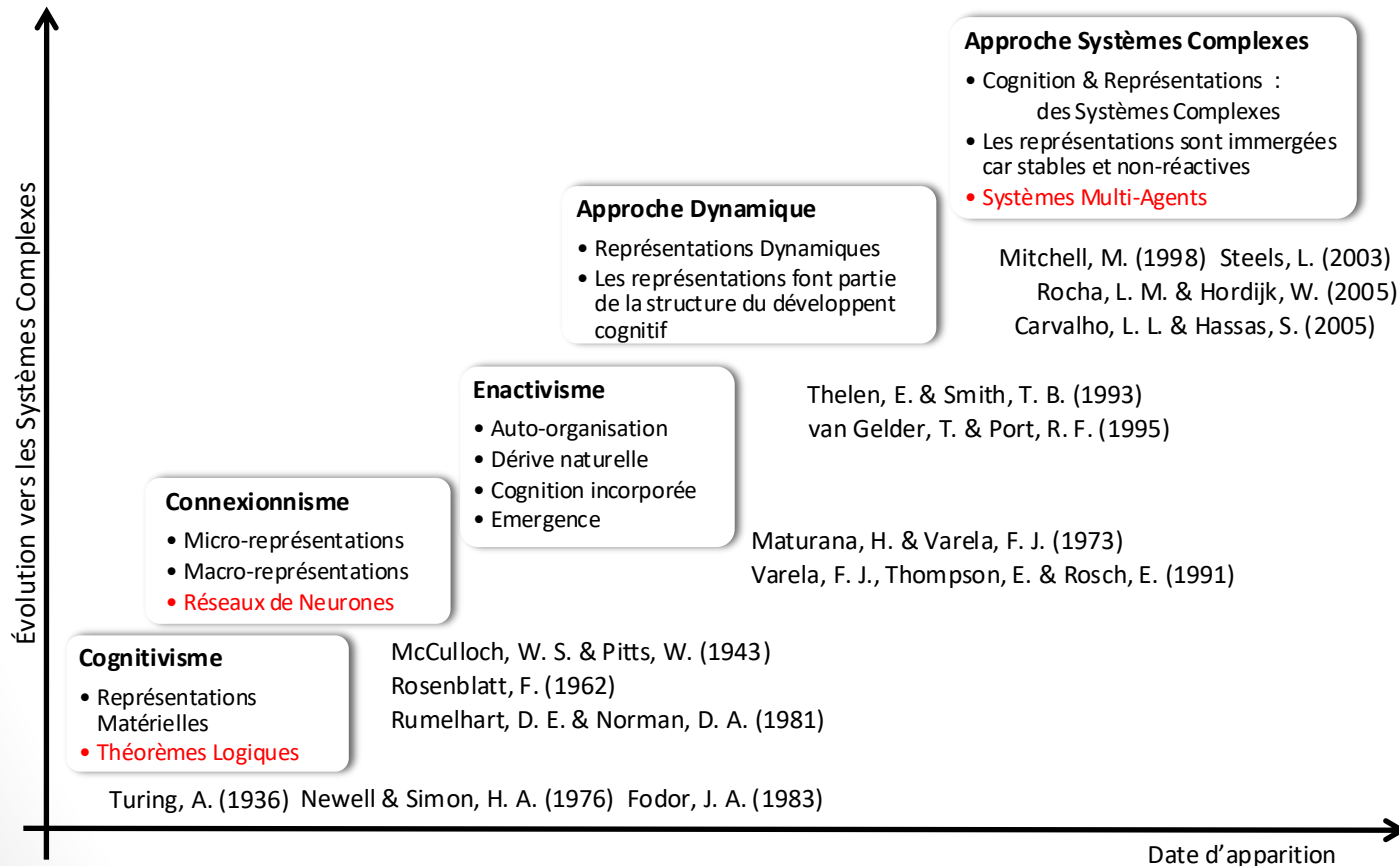


Constructivist Approaches

- *Embodiment* : Embodied AI
- *Developmental Robotics*



Différentes approches de la cognition



Source: Thèse L.
Lana de Carvalho

Différentes intelligences, différentes IA

L'intelligence humaine (capacités mentales)

L'intelligence du vivant (adaptation)

Modèles
Cognition



Différentes visions
de l'intelligence



Intelligence
bio-inspirée

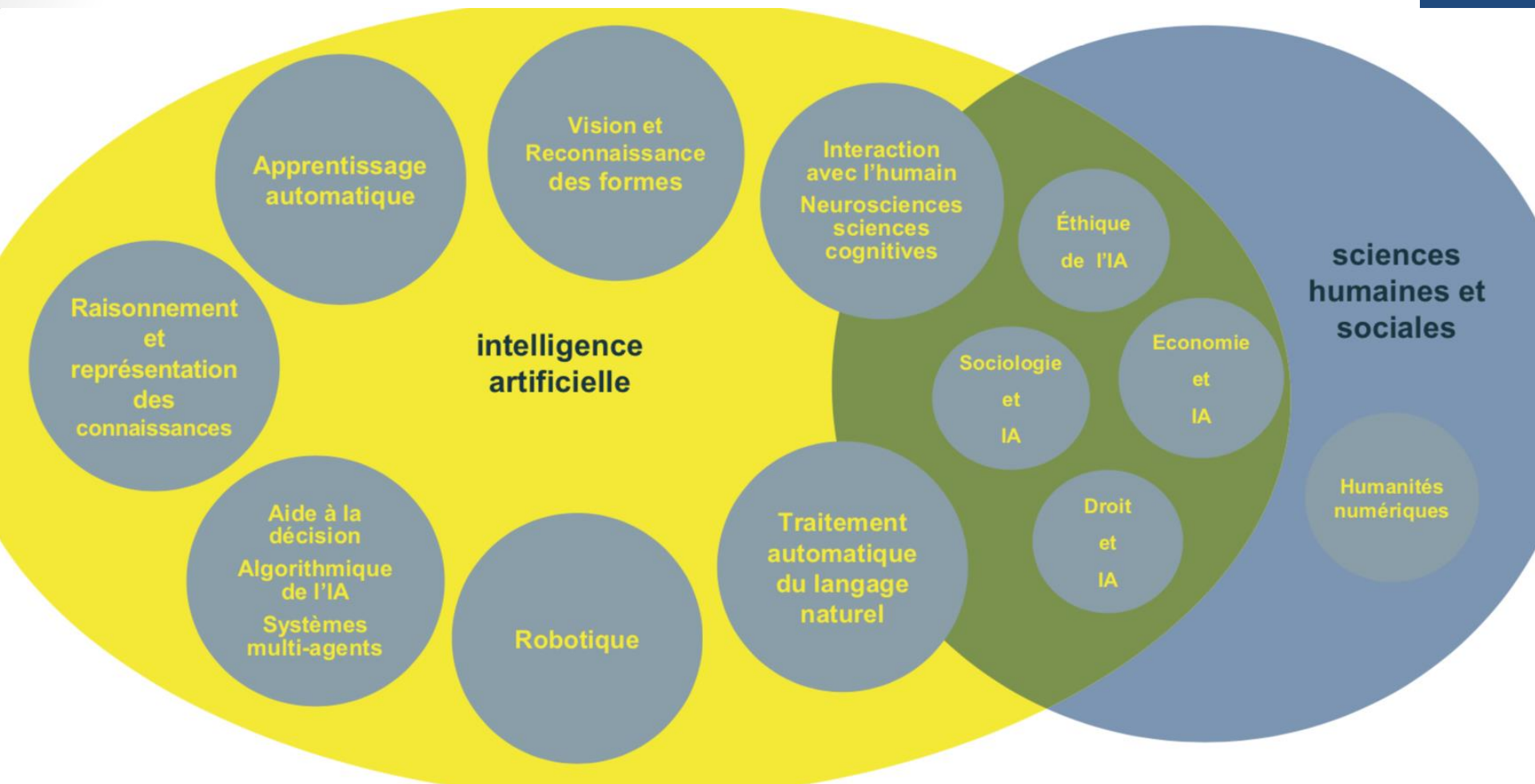
Différentes IA

IA forte : La machine développe sa propre intelligence (ses propres capacités cognitives)

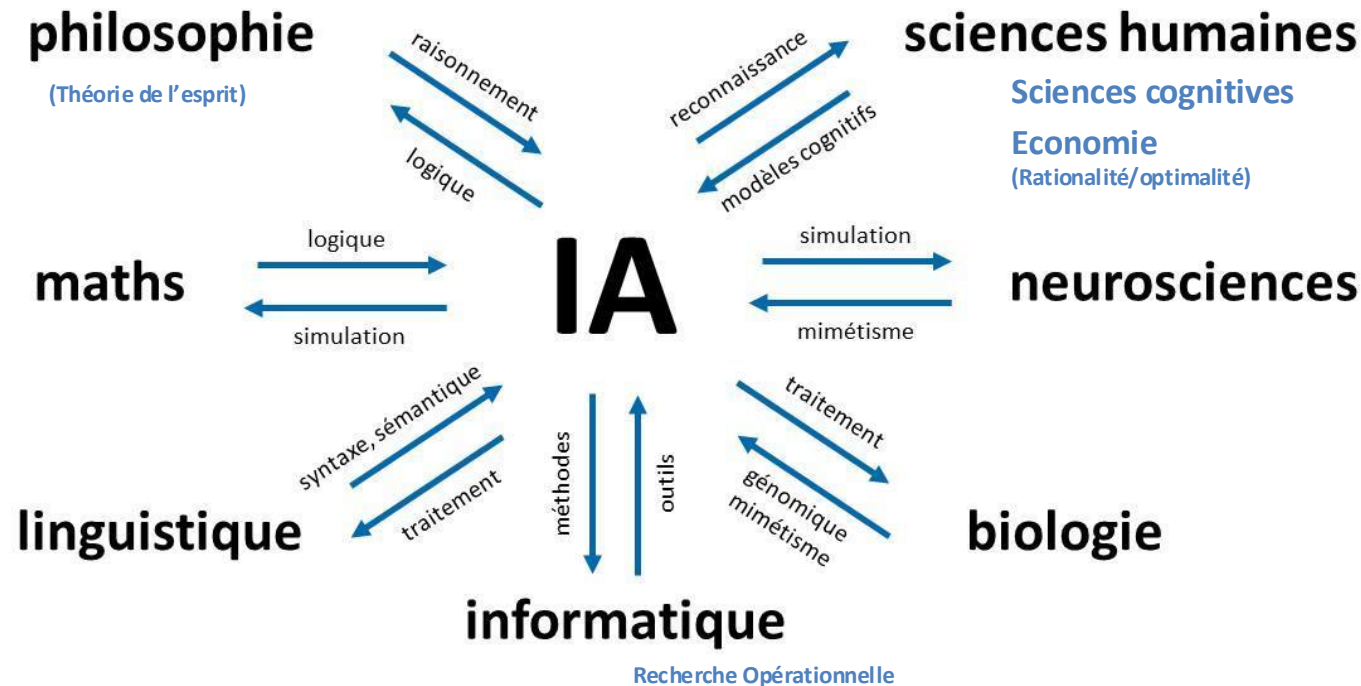
IA faible : La machine exécute un modèle d'une forme d'intelligence
(inspiré d'une intelligence naturelle)

IA générale : L'intelligence n'est pas spécifique à un(e) (type de) tâche donné(e)

Rapport France IA 2017



L'IA et les autres disciplines



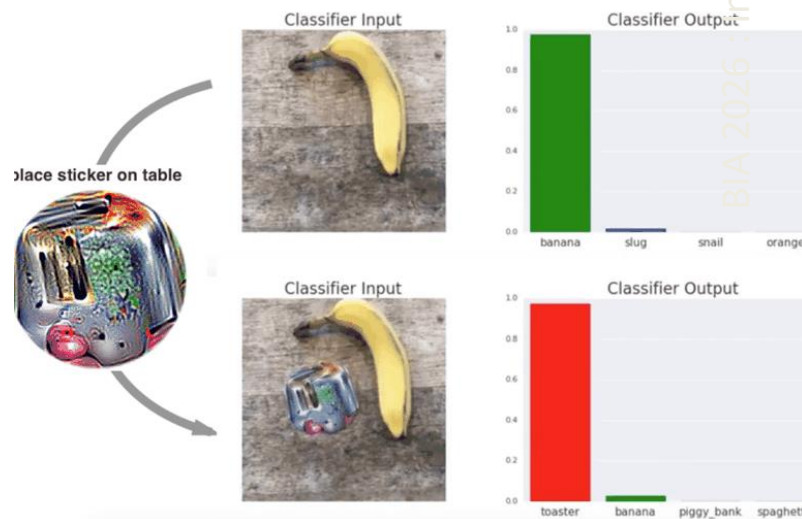
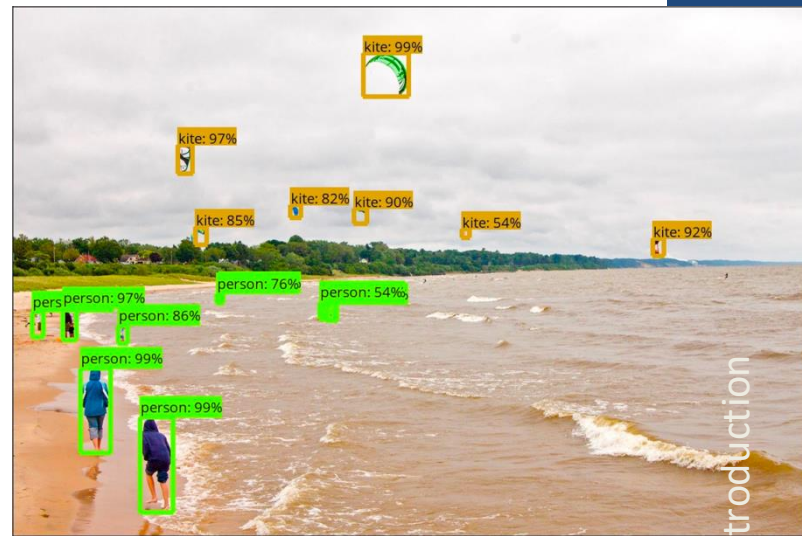
Source: O. Ezratty. Les Usages de l'Intelligence Artificielle, oct. 2017.

De quoi va-t-on parler ?

- Qu'est-ce que l'IA ?
- L'histoire de l'IA
- Les facettes de l'IA
- L'IA aujourd'hui
- L'organisation de l'UE
- Pour aller plus loin

Prédictions et réalités

- Dans les années 60, un célèbre professeur du MIT disait :
« à la fin de l'été on aura développé un œil électronique »
- Aujourd'hui, des systèmes informatiques effectuent couramment
 - La surveillance du trafic routier
 - La reconnaissance d'objets, de visages
 - L'analyse d'images médicales, la reconnaissance de cancers
- Mais toujours pas de système de **vision par ordinateur** capable de **comprendre** une scène dynamique complexe



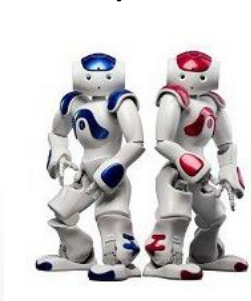
Prédictions et réalités

- En 1958, H. Simon prédisait que dans 10 ans un ordinateur serait champion d'échecs
- Cette prédiction s'est vérifiée en 1997 (Deep Blue) !
- Aujourd'hui les ordinateurs ont gagné les titres de champions du monde aux **jeux** de dames, d'Othello et d'échecs
- Au jeu Jeopardy avec Watson
- Et même au jeu de Go (AlphaGo) depuis octobre 2015



Prédictions et réalités

- Dans les années 70, beaucoup croyaient que des robots informatisés seraient partout de l'usine au domicile
- Aujourd'hui quelques industries (automobile, électronique) sont très robotisées
- Mais les robots domestiques ne sont pas encore répandus
- Et en même temps ...
 - des robots ont exploré Mars
 - des robots réalisent des opérations du cerveau et du cœur
 - des robots servent au restaurant, dans les bars (mais se font licencier...)
 - des humanoïdes sont opérationnels et disponibles à la vente



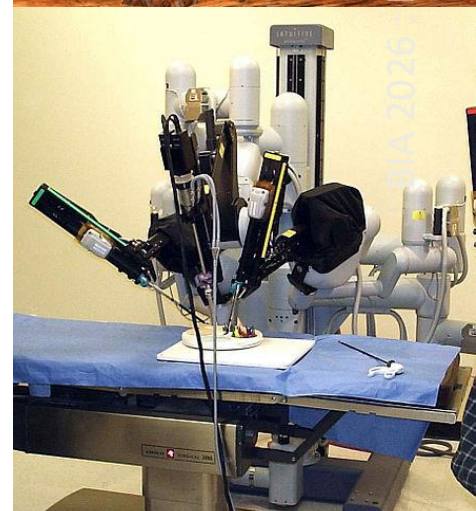
Nao



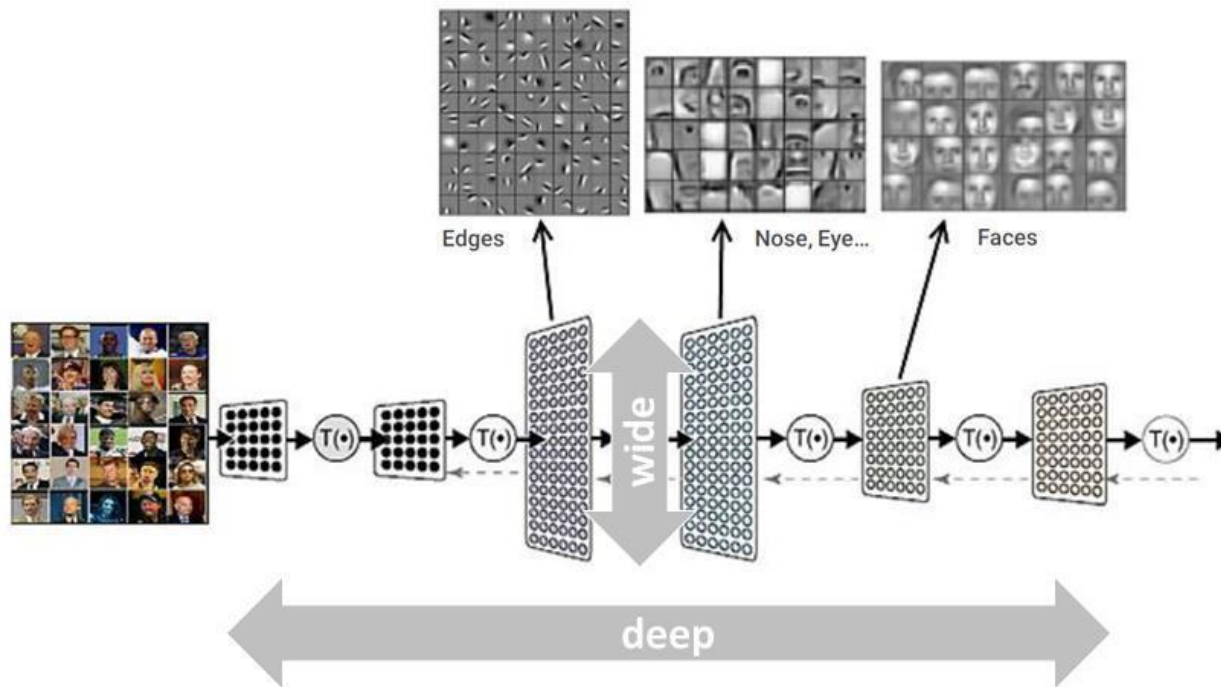
Aïbo



Cozmo



L'IA aujourd'hui : massivement ML et DL



chaque niveau d'un réseau de neurones profond réalise une fonction de classification d'un type d'objet en un type d'objet supérieur (pixels => forme => nez => visage => individu)

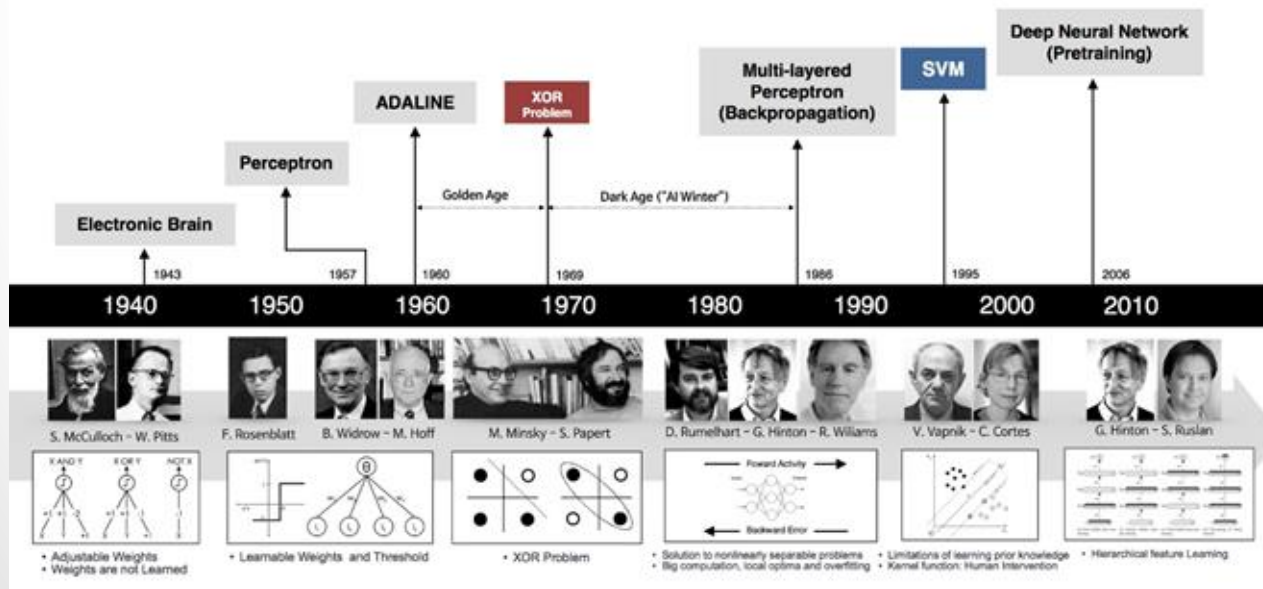
un réseau de neurones profond comprend plusieurs couches "cachées" qui transforment les données en entrée en données ayant un niveau d'abstraction supérieur

L'IA aujourd'hui : le Deep Learning

- Il faut des données : souvent images, texte
 - Computer vision
 - Natural Language Processing



Age d'or du
Deep Learning :
données + GPU



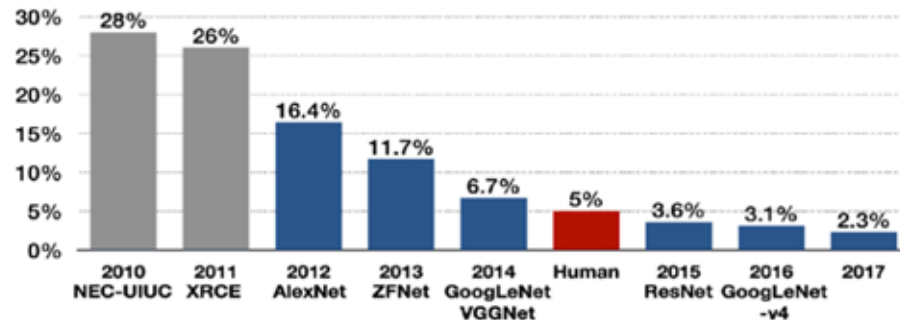
CNN, AE, GAN,
Transformer, ...

Concours ImageNet

← Classification / Détection

- ← Vision humaine : repérer un prédateur ou un membre de sa famille
- ← Visio ordinateur : mettre un label sur une image
- ← **10 millions d'images avec 11000 classes, 1.4To**

Top-5 error



En bleu, méthodes à base de réseaux

airplane

automobile

bird

cat

deer

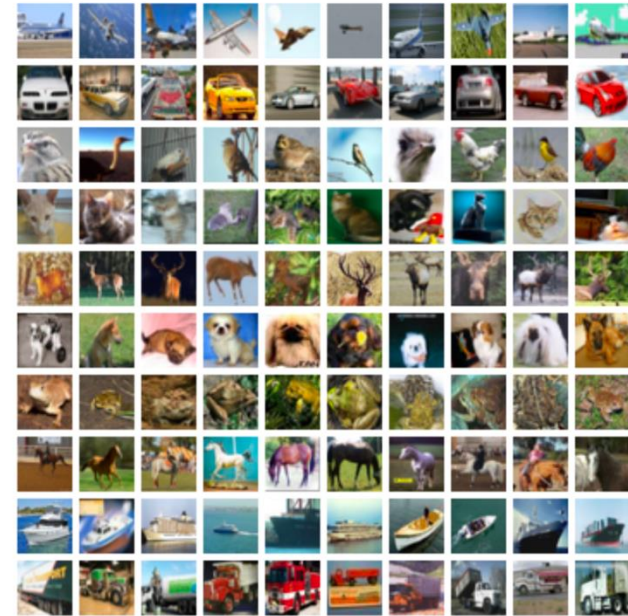
dog

frog

horse

ship

truck



L'IA aujourd'hui : chatGPT



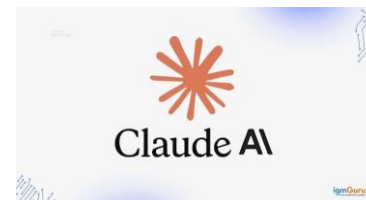
- Proposé par la société OpenAI
 - Avant 2019 : association à but non lucratif
 - Depuis : « but lucratif plafonné »
 - « promouvoir et de développer un raisonnement artificiel à visage humain qui profitera à toute l'humanité »
 - 2021 : DALL-E, la première version d'un modèle capable de générer des images à partir de descriptions textuelles
 - 2023 : Chat-GPT 3, un modèle de langage entraîné sur de larges quantités de texte
 - 2023 : Chat-GPT 4, texte et image
 - Mai 2023, recommandations sur la gouvernance des **super-intelligences** avec une nouvelle prédiction :
En moins de 10 ans, l'IA pourrait dépasser les compétences des meilleurs experts dans la plupart des domaines, ouvrant la voie à un futur « radicalement plus prospère » à condition de « gérer les risques pour y arriver »

L'IA aujourd'hui : chatGPT

- GPT : Generative Pre-trained Transformer i.e. un **modèle génératif**
- Que sont les modèles génératifs de texte ?
 - Objectif : prévoir et proposer les meilleurs mots et phrases suivant ceux proposés par un utilisateur
 - Fonctionnement
 - Construit par l'apprentissage d'associations de mots dans leur contexte (des phrases)
 - S'appuie sur des probabilités pour générer la suite la plus probable au regard des mots qui précèdent et des données d'apprentissage en rapport avec la question posée
 - Aléatoire permet des variations significatives dans les réponses lorsque des questions similaires sont posées.
 - Apprentissage sur quantités de données gigantesques (internet)
 - Suivi d'une phase complémentaire pour affiner les "meilleures" réponses à proposer
 - Associé à un agent conversationnel
 - Mise à jour : 2 bases de connaissances
 - Données apprises jusqu'en 2021 : ce qui s'est passé depuis est inconnu
 - L'agent conversationnel continue à évoluer en continu grâce aux données des conversations avec les utilisateurs

ChatGPT, LLaMA, Mistral, Claude...

- Ce qui pose problème ?
 - Le Copyright, le droit d'auteurs
 - Le résultat aléatoire : impossible de détecter automatiquement qu'un texte a été produit par un modèle génératif
 - Le bilan écologique : nécessite des moyens considérables pour leur entraînement puis leur utilisation
 - Est-ce vraiment de l'IA ?
 - Pas de mécanisme "intelligent" ou "conscient" doté de la capacité de raisonner
 - Manipulent des suites de mots, mais pas des assertions logiques ou des éléments de calcul
 - La notion de justesse ou de vérité du résultat proposé est totalement absente du mécanisme
 - L'esprit critique s'impose plus que jamais sans pour autant refuser la créativité que ces modèles peuvent stimuler
- Mais il ne faut pas pour autant refuser la créativité que ces modèles peuvent stimuler...



Et l'IA et l'humour, par exemple...

- « *The State of Computer Vision and AI: We Are Really, Really Far Away* »
- Que voit les humains ?
 - Le sourire du président dans le miroir
 - Le pied du président sur la balance
 -



<http://karpathy.github.io/>

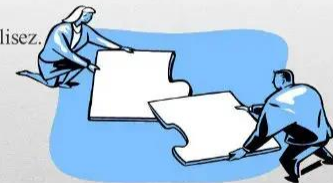
- Nous autres humains trouvons cette photo pleine d'humour
- A. Karpathy (directeur IA chez Tesla) :
« Que faudrait-il pour qu'un ordinateur comprenne cette image telle que vous ou moi la comprenons? »

IA et les jeux

- L'IA sait jouer (et gagner) :
 - Aux dames, aux échecs, à Jeopardy, au jeu de Go
 - Au 57 jeux sortis sur Atari 2600, même les plus complexes (ping, casse-brique...)
- Mais que se passe-t-il quand on change les paramètres du jeu ?
 - Est-ce que les réseaux de neurones savent encore jouer ?
 - Par exemple pour des jeux simples comme le casse-brique ?
- Mais il existe de nombreux jeux humains qui sont encore plus difficiles pour l'IA.
Par exemple ?
 - Les charades....
 - Elles exigent une compréhension visuelle, linguistique et sociale !

- Mon premier est un animal qui boit du lait.
- Mon second est un animal qui vit dans les égouts.
- Mon troisième est la première syllabe du mot « demande ».

- Mon tout est ce que vous lisez.
- Qui suis-je?



charade (chat-rat-de)

IA et les devinettes

Bien sûr ! Voici la réponse à cette devinette :

- Mon premier est le contraire de tard → **TÔT**
- Mon deuxième est le contraire de moche → **BEAU**
- Mon troisième est ce qu'on porte aux mains en hiver → **GANT**

En les assemblant : **TÔT + BEAU + GANT → TOBOGGAN**

✅ **Réponse : TOBOGGAN**

C'est bien **un jeu qui fait glisser** !

Souhaites-tu que je t'en propose une autre dans le même style ?

Un personnage de l'histoire :

- Mon premier se trouve au milieu du visage
- Mon deuxième est un métal
- Mon troisième est le mot « thé » en anglais deux fois
- Mon tout est une reine d'Égypte.

Voici la devinette décomposée :

- Mon premier se trouve au milieu du visage → **NEZ**
- Mon deuxième est un métal → **OR**
- Mon troisième est le mot "thé" en anglais deux fois → "thé" en anglais = **TEA**, donc **TEA TEA**

Assemble les morceaux :

NEZ + OR + TEA + TEA → NEFERTITI

✅ **Réponse : Néfertiti**, célèbre reine d'Égypte.

Souhaites-tu une autre devinette historique ?

IA et les devinettes

Avec plaisir ! Voici une nouvelle devinette dans le même style :

 **Un personnage célèbre :**

- Mon premier est le cri du coq.
- Mon deuxième est un synonyme de “terminé”.
- Mon troisième est ce que dit un magicien quand il fait un tour.
- Mon tout est un empereur français.

Qui suis-je ? 😊

(Je te donne la réponse quand tu veux, ou tu peux essayer de deviner !)

Allons-y pour la réponse :

- **Mon premier est le cri du coq** → **COC** (pour "cocorico")
- **Mon deuxième est un synonyme de “terminé”** → **FIN**
- **Mon troisième est ce que dit un magicien quand il fait un tour** → **ABRA** (comme dans *abracadabra*)

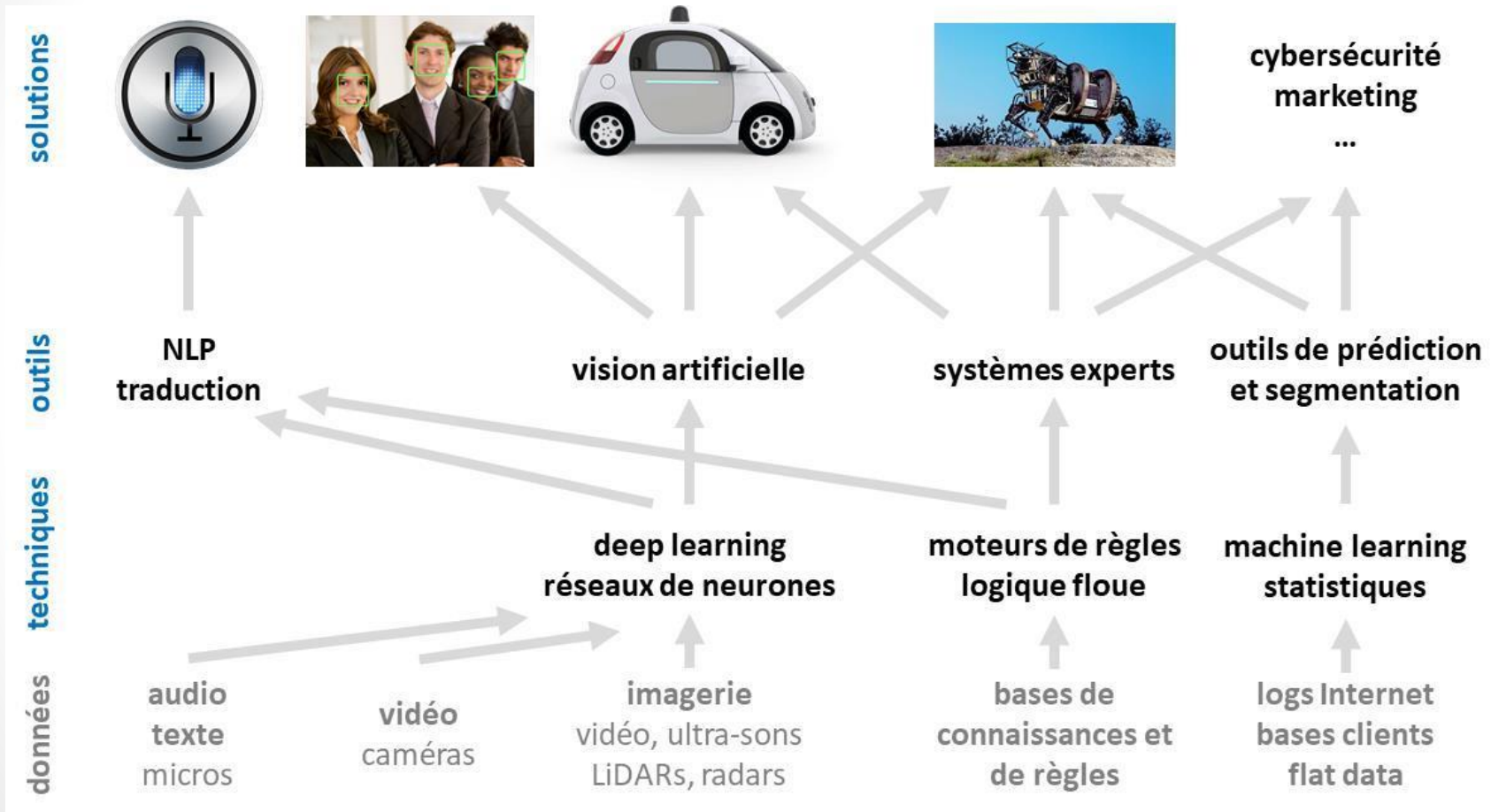
Assemble les trois parties :

COC + FIN + ABRA → **COC-FIN-ABRA** → Ça sonne comme... **NAPOLÉON**

BONAPARTE ? 😊

Hmm... non, ce n'est pas tout à fait ça. Essayons une autre approche, car cette combinaison ne mène pas directement à un empereur.

IA : techniques, outils et solutions



L'IA cachée partout

- Ou presque partout, mais souvent trop bien cachée...
- Apport de l'IA :
 - Façon de penser, d'aborder les problèmes
 - Modélisation et découverte de connaissances
 - Amélioration de méthodes et approches existantes
- Applications nombreuses :
 - Statistiques et Data Mining
 - Recherche d'informations
 - Aide à la décision, à la planification
 - Aide à la conception
 -

Alors que reste-t-il à faire ?

- Quelques exemples d'IA hors DL :
 - Assister l'apprentissage humain :
 - L'IA à l'école...
 - L'apprentissage automatique peut aider, comme un tuteur, mais ne peut pas enseigner :
les proba-stats n'ont jamais fait de bon prof ;-)
 - Voir la cognition comme une émergence dans l'interaction avec l'environnement
 - Cognition située, distribuée, émergente ...
 - L'IA développementale : vise à programmer un système initial minimal capable de développer son intelligence par lui-même

Alors que reste-t-il à faire ?

- Et même en ML-DL :
 - Ces modèles peuvent véhiculer des idées discriminatoires, notamment en matière de genre.
 - DALL-E : programme d'IA capable de créer des images à partir de descriptions textuelles
 - délivre des images de chirurgiens forcément masculins et blancs, des secrétaires féminines forcément belles et jeunes...
 - Contrecarrer le biais des données :
 - Diversification et représentativité des données
 - Transfert d'Apprentissage (Transfer Learning)
 - Généralisation et adaptation

Alors que reste-t-il à faire ?

- Et de manière plus générale :
 - Rendre l'IA explicable :
 - ML-DL sont des boîtes noires ... problèmes : pouvoir explicatif, contrôlabilité
 - Son acceptation passe par la confiance et la compréhension
 - Et l'éthique : manque de « bon sens », dérapage des IA
 - Ex de l'IA Google - Gemini en février 2024



Sure, here is an image of a pope:



Du coup... FATE in AI ...

Fairness, Accountability, Transparency and Ethics

- **Fairness** / Équité
 - Empêcher que des groupes sociodémographiques soient désavantagés par des algorithmes
- **Accountability** / Responsable
 - Garantir le bon fonctionnement, tout au long du cycle de vie : conception, développement, exploitation, déploiement
 - Conformément aux cadres réglementaires applicables, que ceux qui propose des IA puissent en faire la démonstration
- **Transparency** / Transparence, explicabilité
 - ML-DL sont des boîtes noires ... donc problèmes : pouvoir explicatif, contrôlabilité
 - L'acceptation passe par la confiance et la compréhension
- **Ethics** / Ethique
 - Manque de « bon sens », dérapage des IA
- **Frugale**
 - Trouver un équilibre entre la performance des modèles d'IA et les contraintes de ressources
 - Penser des datacenters moins énergivores, réduire les jeux de données nécessaires

Et l'IA forte dans tout ça ?

- Pour certains, IA devient un outil de tous les jours
 - Reconnaissance, recommandation, guidage, prise de décision, programmation, résolution d'examens ;-) ...
- Pour d'autres, l'objectif initial consistant à développer des machines aussi intelligentes que l'être humain continue à perdurer
 - Plusieurs enquêtes* auprès de praticiens de l'IA leur demandant quand arriverait l'IA générale ou l'IA « superintelligente » ont donné un large éventail d'opinions
 - Allant de « lors des dix prochaines années » à « jamais »
 - Autrement dit, nous n'en avons pas la moindre idée !!!
- Pour d'autres, l'objectif initial consistant à développer des machines aussi intelligentes que l'être humain continue à perdurer
 - Avant... on parlait d'**IA forte**
 - Pour le résoudre, il est nécessaire d'en savoir plus sur l'intelligence humaine...
 - Maintenant on entend parler de **singularité**, de **transhumanisme**, de **super-intelligence**

* O. Etzioni, « No, the Experts Don't Think Superintelligent AI Is a Threat to Humanity », Technology Review, 20 septembre 2016, www.technologyreview.com/s/602410/no-the-experts-dont-think-superintelligent-ai-is-a-threat-to-humanity

* V. C. Müller et N. Bostrom, « Future Progress in Artificial Intelligence: A Survey of Expert Opinion », dans Fundamental Issues of Artificial Intelligence, Bale (Suisse), Springer, 2016, p. 555-572.

La singularité

- En 1965, première spéculation sur les effets des machines plus intelligentes que les hommes :
 - « Soit une machine ultra-intelligente définie comme une machine qui peut largement dépasser toutes les activités intellectuelles d'un homme si habile soit-il. Comme la conception de machines est l'une de ses activités intellectuelles, une machine ultra-intelligente pourrait concevoir des machines encore plus poussées : il y aurait alors incontestablement une « **explosion de l'intelligence** », et l'intelligence de l'homme serait laissée loin derrière. Ainsi, la première machine ultra-intelligente sera la dernière invention que l'Homme doive jamais faire. »
- La singularité :
 - « Le terme **Singularité** appliqué à des machines intelligentes se réfère à l'idée que lorsque des machines intelligentes pourront concevoir des machines intelligentes, plus intelligentes qu'elles, cela provoquera une croissance exponentielle de l'intelligence des machines conduisant à une singularité de l'intelligence à l'infini (ou du moins immense). » (Hawkins)

Le transhumanisme

- Idéologie défendue par Ray Kurzweil
- Principe :
 - Critique de la singularité technologique
 - Une promesse illusoire qui prédit une transformation profonde et radicale des sociétés humaines grâce au développement surprenant de l'intelligence artificielle (IA)
 - Progrès de l'IA
 - Progrès des nanotechnologies, des biotechnologies, de l'informatique et des sciences cognitives
 - Fusion de l'homme et de la machine, union du biologique à la technologie
 - Permettra de résoudre les problèmes humains les plus complexes (moraux, culturels, économiques, politiques, etc.) et même d'éradiquer la mort !!!
 - Naissance d'une nouvelle humanité qui bénéficierait des capacités analytiques d'un superordinateur et qui serait débarrassée des inconvénients du corps biologique

Alors que reste-t-il à faire ?

Mais tout !!!

- Toutes les questions importantes posées au début de la discipline restent ouvertes
- La proposition émise par John McCarthy & Co lors de la création du domaine énumérait quelques-uns des principaux sujets de recherche en IA :
 - le traitement du langage naturel, les réseaux neuronaux, l'apprentissage machine, les concepts abstraits et le raisonnement, et la créativité.
- En 2015, Eric Horvitz, directeur de recherche chez Microsoft
 - « l'on pourrait même dire que la proposition de 1955, correctement reformatée, pourrait être resoumise aujourd'hui à la National Science Foundation et recevoir probablement des subventions de quelques gestionnaires de programmes enthousiastes. »

Le mot de la fin pour R. Brook

« Quand l'IA débuta, la grande idée était clairement la performance de niveau humain et l'intelligence de niveau humain. Je pense que cet objectif a été ce qui a attiré la plupart des chercheurs dans ce domaine durant les premières soixante années.

Le fait que nous soyons loin de parvenir à ces objectifs ne signifie pas que les chercheurs n'aient pas travaillé dur ou n'aient pas été brillants.

Il signifie qu'il s'agit d'un objectif très difficile à atteindre.

En IA, les questions les plus passionnantes ne sont pas uniquement focalisées sur les applications potentielles. Les fondateurs de la discipline furent autant motivés par des questions scientifiques sur la nature de l'intelligence que par le désir de développer de nouvelles technologies. »

<http://rodneybrooks.com/forai-the-origins-of-artificial-intelligence/>

De quoi va-t-on parler ?

- Qu'est-ce que l'IA ?
- L'histoire de l'IA
- Les facettes de l'IA
- L'IA aujourd'hui
- L'organisation de l'UE
- Pour aller plus loin

Alors, qu'allons-nous apprendre ?

- Les bases de l'IA sont les bases historiques
 - Modèle symbolique
 - Raisonnement logique
 - Résolution automatique de problèmes
 - Programmation logique
- Équipe pédagogique :
 - Chloé Conrad
 - Nathalie Guin
 - Marie Lefevre (marie.lefevre@liris.cnrs.fr)
 - Maëva Somny
- Le site : <http://liris.cnrs.fr/marie.lefevre/enseignement-BIA.html>

Les cours et TDs

- Résolution de problèmes
 - Modélisation de problèmes
 - Recherche de solution
 - dans un espace d'états
 - par décomposition de problèmes
 - par satisfaction de contraintes
 - Améliorations « heuristiques »
 - Algorithme A*
 - 2 cours et 2 TD
- Méthodes de calcul en logique
 - Où comment peut-on construire un raisonnement par reformulations successives
 - Les questions de complétude, de formalisation et d'applicabilité
 - à creuser seul ...

Les cours et TDs

- Prolog
 - Un langage de programmation logique
 - Principe, syntaxe, sémantique, mise en œuvre
 - 3 cours, 2 TD, 1 TP de prise en main
 - 4 TP/Projet pour appliquer les concepts des cours précédents
- Systèmes à base de connaissances
 - Nom moderne pour les systèmes experts « ouverts »
 - Réalisés pour une expertise particulière
 - Prévus pour répondre à une classe de problèmes
 - Ouverts malgré tout, car toutes les questions ne sont pas posées à l'avance...
 - Principe de fonctionnement
 - 1 cours, 1 TD, 2 TP/Projet

Les cours et TDs



Les TD doivent être **préparés avant la séance** de manière à être efficace durant la séance et ne pas être perdu



En BIA : 3 groupes de TD ... donc pas ceux du M1

Les projets Prolog

- Projet Prolog : Représentation de problèmes
 - Comprendre le problème & le modéliser
 - Implémenter la recherche de solutions dans un graphe d'états
 - Implémenter la recherche de solutions par décomposition de problèmes
 - Projet Prolog : Zoom sur les CSP
 - Modéliser des problèmes de satisfaction de contraintes
 - Implémenter leurs résolutions
 - Projet Prolog : Système à base de connaissances
 - Comprendre le problème & le modéliser
 - Définir la base de connaissances
 - Implémenter un moteur d'inférence
- Les projets ne sont plus notés... mais sont considérés comme terminés et « acquis » pour l'examen final !!!

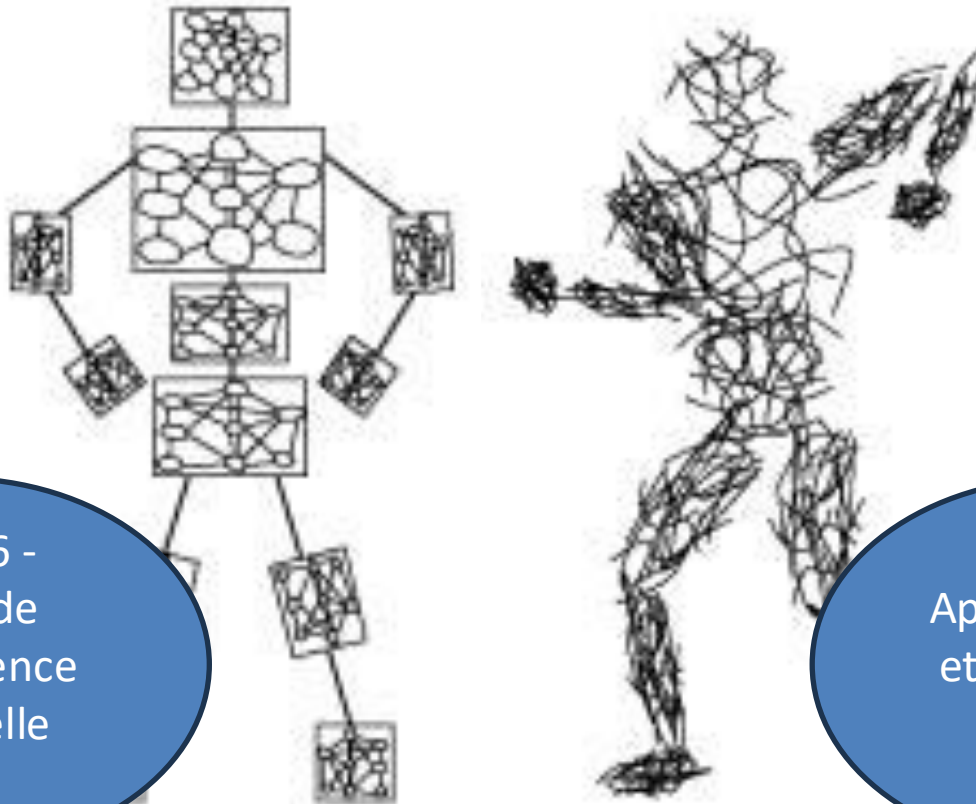
Modalités d'évaluation

- Exam écrit
 - 40% de la note finale
 - Session 1 : 1h30 – janvier 2027
 - Seconde chance : 1h30
- Contrôle continu
 - 60% de la note finale
 - Interro CSP : 45 min, 50% du CC
 - Interro Graphes d'états : 45 min, 50% du CC

Qu'êtes-vous supposés savoir et savoir faire ?

- Avoir un discours « juste » sur l'intelligence artificielle
- Être capable de présenter convenablement le principe et les problèmes de la résolution de problème
- Savoir définir une « heuristique »
- Savoir implémenter les algorithmes présentés pour résoudre les problèmes
- Savoir définir un système à base de connaissances et décrire un domaine de connaissances simple
- Être capable d'écrire un programme de résolution de problème en Prolog

Symbolic vs. Analogical Man: Top-Down vs. Bottom Up [*Minsky*]



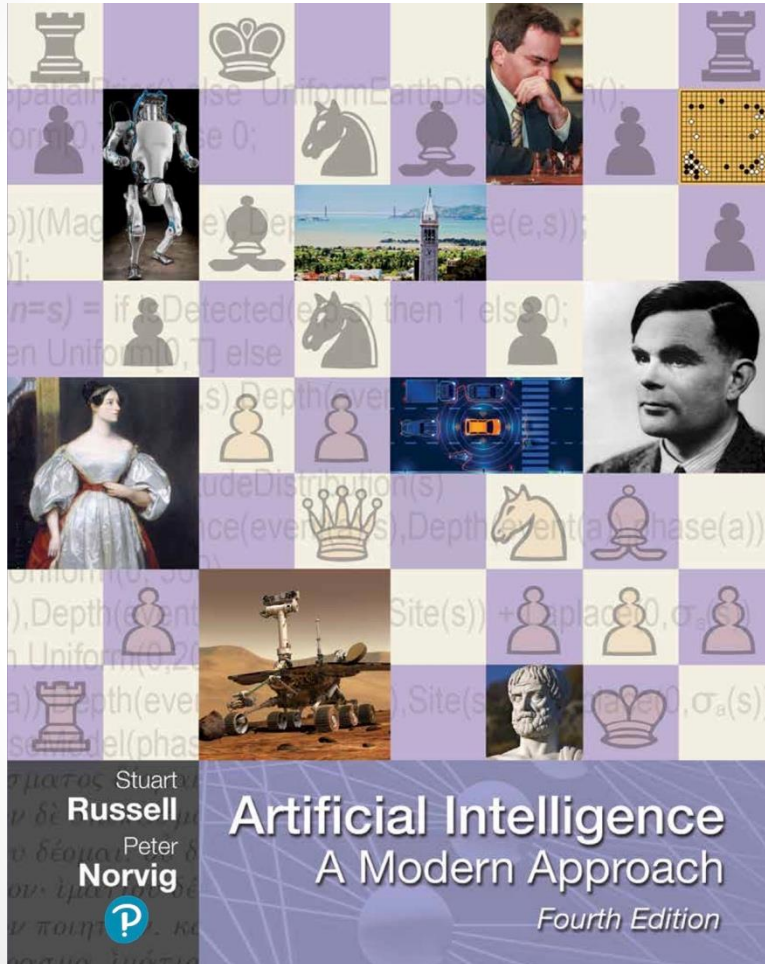
M1if06 -
Bases de
l'intelligence
artificielle

M1if04 -
Apprentissage
et analyse de
données

De quoi va-t-on parler ?

- Qu'est-ce que l'IA ?
- L'histoire de l'IA
- Les facettes de l'IA
- L'IA aujourd'hui
- L'organisation de l'UE
- Pour aller plus loin

Pour aller plus loin



- Livre de référence pour les cours d'IA
- Fait partie des plus cités (source cite-seer.nj.nec.com)
- <http://aima.cs.berkeley.edu/>
 - Beaucoup de cours disponibles
 - Beaucoup de codes sources disponibles, dans plusieurs langages de programmation
- Mis à jour en Aout 2022
 - Uncertain knowledge and reasoning
 - Machine Learning, Deep Learning, Reinforcement Learning ...
 - Natural Language Processing, Computer Vision, Robotics ...

Pour aller plus loin



- Ecrit en 2019 (version française 2021)
- Guide pour comprendre l'IA d'aujourd'hui et son impact sur notre avenir
- Présente les modèles dominants de l'IA moderne et de l'apprentissage machine
- Met en valeur la profonde déconnexion entre le battage publicitaire et les réalisations réelles en IA
- Questionne l'IA :
 - Dans quelle mesure les meilleurs programmes d'IA sont-ils vraiment intelligents ?
 - Comment fonctionnent-ils ?
 - Que peuvent-ils réellement accomplir, et quand échouent-ils ?
 - Pourraient-ils véritablement comprendre le monde comme nous le comprenons ?
 - Peut-on laisser des algorithmes prendre des décisions à notre place, sans savoir exactement comment ils les ont prises ?