

L'Intelligence Artificielle a 60 ans du test de Turing à la victoire d'AlphaGo

Florence Bannay

IRIT, Université de Toulouse, France

17 Mars 2016

La semaine des mathématiques - Lycée de Muret



Sommaire

- 1 Introduction
 - L'Intelligence Artificielle : c'est quoi?
- 2 Histoire de l'IA
 - Gestation de l'IA (1943-1955)
 - Naissance 1956
 - Des résultats et des déceptions (1960-1980)
- 3 Un peu de technique
 - Résolution de problèmes
 - Algorithmes pour les jeux
- 4 Aujourd'hui
 - Les thèmes actuels de l'IA
 - L'IA a transformé le monde



L'IA c'est QUOI ? Une science.

Intelligence Artificielle = à la fois science et technique.

- Science qui cherche à simuler les facultés intellectuelles (ou capacités cognitives).
 - ▶ le raisonnement,
 - ▶ la perception du monde (par nos capteurs),
 - ▶ la perception de soi-même dans le monde (actions possibles, préférences, intentions)
- requiert (comme toute science)
 - ▶ observer, étudier, comprendre (ex: compréhension du langage naturel)
 - ▶ modéliser,
 - ▶ puis valider les modèles.



L'IA = Une branche de l'informatique.

Discipline de l'Informatique qui s'appuie principalement sur

- Mathématiques : logique, probabilité, validation formelle des raisonnements par des preuves mathématiques
- Informatique théorique : validation formelle des modèles par des preuves de complexité, des preuves de programme
- Informatique appliquée : validation par simulations informatiques sur des données réelles.
- mais aussi Philosophie (rationalité, sagesse, éthique), Linguistique, Psychologie (moi dans le monde), Sociologie (groupe), Ethologie, Économie, Neurosciences, ...



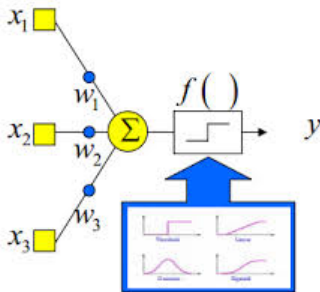
Sommaire

- 1 Introduction
 - L'Intelligence Artificielle : c'est quoi?
- 2 Histoire de l'IA
 - **Gestation de l'IA (1943-1955)**
 - Naissance 1956
 - Des résultats et des déceptions (1960-1980)
- 3 Un peu de technique
 - Résolution de problèmes
 - Algorithmes pour les jeux
- 4 Aujourd'hui
 - Les thèmes actuels de l'IA
 - L'IA a transformé le monde



Gestation de l'IA (1943-1955)

1943 Neurones formels (automates booléens) : Warren McCulloch et Walter Pitts. "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity."



Trois notions:

- Information
- Simulation
- Rétroaction



Gestation de l'IA (1943-1955)

- 1943 Neurones formels (automates booléens) : Warren McCulloch et Walter Pitts.
- 1947 “Cybernétique” : Norbert Wiener : Théorie sur les processus de commande et de communication et leur régulation chez l'être vivant, dans les machines et dans les systèmes sociologiques et économiques.



Gestation de l'IA (1943-1955)

- 1943 Neurones formels (automates booléens) : Warren McCulloch et Walter Pitts.
- 1947 "Cybernétique" : Norbert Wiener
- 1950 Computing machinery and intelligence: Alan Turing

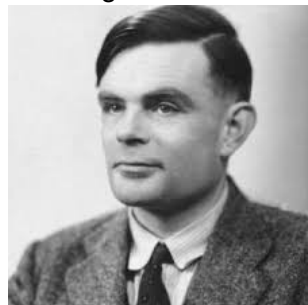
A. M. Turing (1950) Computing Machinery and Intelligence. *Mind* 49: 433-460.

COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE

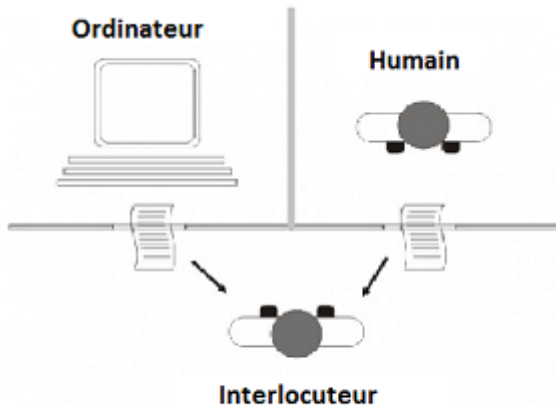
By A. M. Turing

I. The Imitation Game

I propose to consider the question, "Can machines think?" This should begin with definitions of the meaning of the terms "machine" and "think." The definitions might be framed so as to reflect so far as possible the normal use of the words, but this attitude is dangerous. If the meaning of the words "machine" and "think" are to be found by examining how they are commonly used it is difficult to escape the conclusion that the meaning and the answer to the question, "Can machines think?" is to be sought in a statistical survey such as a Gallup poll. But this is absurd. Instead of attempting such a definition I shall replace the question by another, which is closely related to it and is expressed in relatively unambiguous words.



Allan Turing 1950, “The imitation game”



Alan Turing et le schéma de son test éponyme



Sommaire

- 1 Introduction
 - L'Intelligence Artificielle : c'est quoi?
- 2 Histoire de l'IA
 - Gestation de l'IA (1943-1955)
 - **Naissance 1956**
 - Des résultats et des déceptions (1960-1980)
- 3 Un peu de technique
 - Résolution de problèmes
 - Algorithmes pour les jeux
- 4 Aujourd'hui
 - Les thèmes actuels de l'IA
 - L'IA a transformé le monde



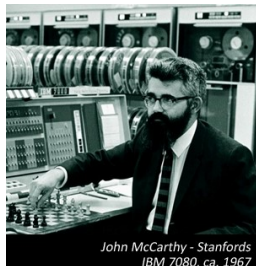
Naissance 1956

Proposition d'un Projet de recherche en Intelligence Artificielle :

We propose that a 2 month, 10 man [sic] 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.

J. MCCARTHY	<i>Dartmouth College</i>
M. L. MINSKY	<i>Harvard University</i>
N. ROCHESTER	<i>I.B.M. Corporation</i>
C.E. SHANNON	<i>Bell Telephone Laboratories</i>

August 31, 1955.



John McCarthy - Stanfords
IBM 7080, ca. 1967



Suite de la proposition...

The following are some aspects of the artificial intelligence problem:

- 1- Automatic Computers*
- 2- How Can a Computer be Programmed to Use a Language*
- 3- Neuron Nets*
- 4- Theory of the Size of a Calculation*
- 5- Self-Improvement*
- 6- Abstractions*
- 7- Randomness and Creativity*



Sommaire

- 1 Introduction
 - L'Intelligence Artificielle : c'est quoi?
- 2 Histoire de l'IA
 - Gestation de l'IA (1943-1955)
 - Naissance 1956
 - Des résultats et des déceptions (1960-1980)
- 3 Un peu de technique
 - Résolution de problèmes
 - Algorithmes pour les jeux
- 4 Aujourd'hui
 - Les thèmes actuels de l'IA
 - L'IA a transformé le monde

Des résultats et des déceptions (1960-1980)



Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

1964 IBM's "Shoebox" pour la reconnaissance de la parole



Des résultats et des déceptions (1960-1980)

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

1964 IBM's "Shoebox" pour la reconnaissance de la parole

1966 Joe Weizenbaum's Eliza (psychologue artificiel)

```

=====
EEEEEEEE L       IIIIII ZZZZZZZ AAA
E         L       I       Z       A  A
E         L       I       Z       A  A
EEEEEE   L       I       Z       A  A
E         L       I       Z       AAAAAA
E         L       I       Z       A  A
EEEEEEEE LLLLLLLL IIIIII ZZZZZZ  A  A
=====
ELIZA > (PLEASE TYPE IN ALL CAPS) WHAT'S YOUR NAME DEAR ?
AMIT
ELIZA > HI. I'M ELIZA. WHAT DO YOU WANT TO TALK ABOUT ?
AMIT > CAN I TALK ABOUT MY PROBLEM ?
ELIZA > SURE... !
AMIT > DUE TO ON GOING EXAMS IN COLLEGE, I HAVE A LOT OF STRESS.
ELIZA > PLEASE RELAX A LITTLE. SLEEP WELL.
AMIT > THANKS FOR YOUR ADVICE.
ELIZA > NO MENTION.
AMIT > BYE
ELIZA > BYE AND KEEP IN TOUCH...
=====

```

Mais efficacité contestée, système limité, des patients en deviennent dépendant.

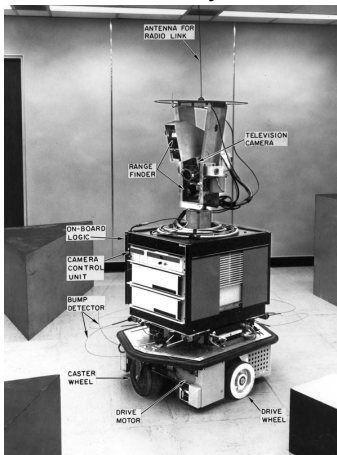
Des résultats et des déceptions (1960-1980)

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

1964 IBM's "Shoebox" pour la reconnaissance de la parole

1966 Joe Weizenbaum's Eliza (psychologue artificiel)

1969 Stanford Research Institute's Shakey the Robot.



Des résultats et des déceptions (1960-1980)



Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

- 1964 IBM's "Shoebox" pour la reconnaissance de la parole
- 1966 Joe Weizenbaum's Eliza (psychologue artificiel)
- 1969 Stanford Research Institute's Shakey the Robot.
- 1974 MYCIN créé par Edward Shortliffe (système expert aide au diagnostic médical). *Journal of American Medical Assoc* le qualifie comme aussi bon que les experts médicaux.

Des résultats et des déceptions (1960-1980)



Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

- 1964 IBM's "Shoebox" pour la reconnaissance de la parole
- 1966 Joe Weizenbaum's Eliza (psychologue artificiel)
- 1969 Stanford Research Institute's Shakey the Robot.
- 1974 MYCIN créé par Edward Shortliffe
- 70-80 Traduction automatique: plus difficile que prévu "The spirit is willing but the flesh is weak" (L'esprit est fort mais la chair est faible) traduit en russe "The vodka is strong but the meat is rotten" (La vodka est forte mais la viande est avariée).

Des résultats et des déceptions (1960-1980)



Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

1964 IBM's "Shoebox" pour la reconnaissance de la parole

1966 Joe Weizenbaum's Eliza (psychologue artificiel)

1969 Stanford Research Institute's Shakey the Robot.

1974 MYCIN créé par Edward Shortliffe

70-80 Traduction automatique: plus difficile que prévu

Les crédits baissent, l'intelligence artificielle est très critiquée.



Sommaire

- 1 Introduction
 - L'Intelligence Artificielle : c'est quoi?
- 2 Histoire de l'IA
 - Gestation de l'IA (1943-1955)
 - Naissance 1956
 - Des résultats et des déceptions (1960-1980)
- 3 Un peu de technique
 - Résolution de problèmes
 - Algorithmes pour les jeux
- 4 Aujourd'hui
 - Les thèmes actuels de l'IA
 - L'IA a transformé le monde



Résolution de problèmes

Recherche dans un espace d'états

- E : ensemble d'états



Résolution de problèmes

Recherche dans un espace d'états

- E : ensemble d'états
- État initial e_0



Résolution de problèmes

Recherche dans un espace d'états

- E : ensemble d'états
- État initial e_0
- Générateur de voisins $V : E \rightarrow 2^E$



Résolution de problèmes

Recherche dans un espace d'états

- E : ensemble d'états
- État initial e_0
- Générateur de voisins $V : E \rightarrow 2^E$
- But: $E \rightarrow \{vrai, faux\}$



Résolution de problèmes

Recherche dans un espace d'états

- E : ensemble d'états
- État initial e_0
- Générateur de voisins $V : E \rightarrow 2^E$
- But: $E \rightarrow \{vrai, faux\}$
- Réponse: séquence $(e_1, \dots, e_n)$ telle que



Résolution de problèmes

Recherche dans un espace d'états

- E : ensemble d'états
- État initial e_0
- Générateur de voisins $V : E \rightarrow 2^E$
- But: $E \rightarrow \{vrai, faux\}$
- Réponse: séquence $(e_1, \dots, e_n)$ telle que
 - ▶ $\forall 1 \leq i \leq n, \quad e_i \in E, \quad e_i \in V(e_{i-1})$



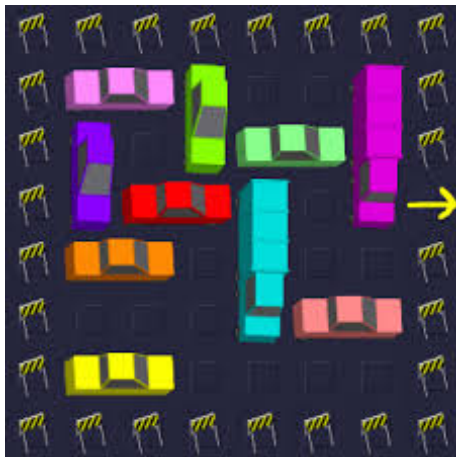
Résolution de problèmes

Recherche dans un espace d'états

- E : ensemble d'états
- État initial e_0
- Générateur de voisins $V : E \rightarrow 2^E$
- But: $E \rightarrow \{vrai, faux\}$
- Réponse: séquence $(e_1, \dots, e_n)$ telle que
 - ▶ $\forall 1 \leq i \leq n, \quad e_i \in E, \quad e_i \in V(e_{i-1})$
 - ▶ et $But(e_n) = vrai$



Exemple : Rush Hour



- E = configurations des voitures
- $V(e)$ = état accessible depuis l'état e en bougeant les voitures en avant ou arrière d'autant qu'on veut (sans tourner).
- $But(e) = vrai$ si la voiture rouge est à la porte dans l'état e .
- Réponse: séquence des mouvements à faire pour sortir.



Algorithme général de recherche

- ① $Ouvert := \{(e_0, 0)\}$; /* coût initial nul */
- ② marquer_visé(e₀);
- ③ boucler
 - ① si vide(*Ouvert*) renvoyer un échec;
 - ② $(e, c) := \text{retirer_mincout}(Ouvert)$;
 - ③ si *But*(*e*) retourner *e*;
 - ④ Pour tout *e'* dans *V*(*e*);

si nonvisité(*e'*)

$Ouvert := Ouvert \cup \{(e', \text{cout}(e'))\}$;
 marquer_visé(*e*);



Critères pour un bon algo de recherche

Qu'est-ce qui fait qu'une recherche est meilleure qu'une autre?

- Complétude : on trouve une solution (s'il y en a au moins une)
- Complexité temporelle : durée de la recherche
- Complexité spatiale : espace mémoire occupé
- Optimalité : trouver la solution la plus courte



Arbre de recherche pour un taquin



depth = 0



depth = 1



depth = 2

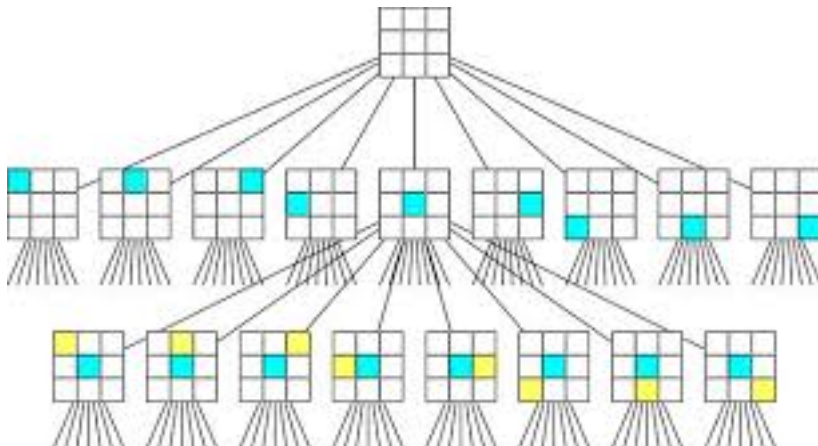


Sommaire

- 1 Introduction
 - L'Intelligence Artificielle : c'est quoi?
- 2 Histoire de l'IA
 - Gestation de l'IA (1943-1955)
 - Naissance 1956
 - Des résultats et des déceptions (1960-1980)
- 3 Un peu de technique
 - Résolution de problèmes
 - **Algorithmes pour les jeux**
- 4 Aujourd'hui
 - Les thèmes actuels de l'IA
 - L'IA a transformé le monde

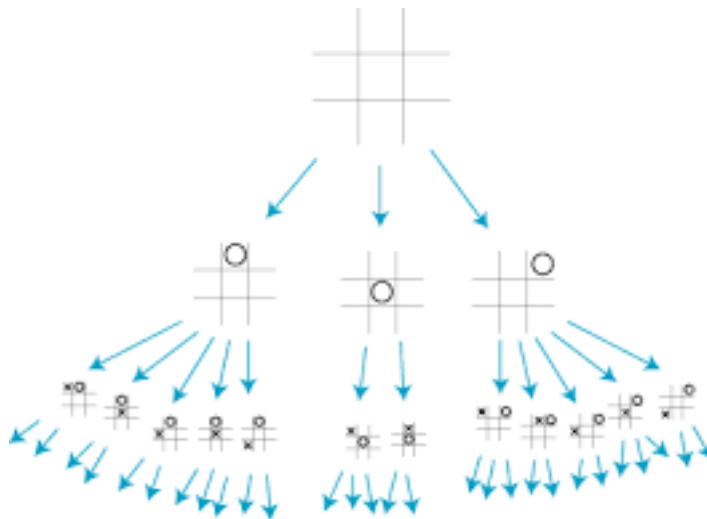


Jeu à 2 joueurs: le tic tac toe



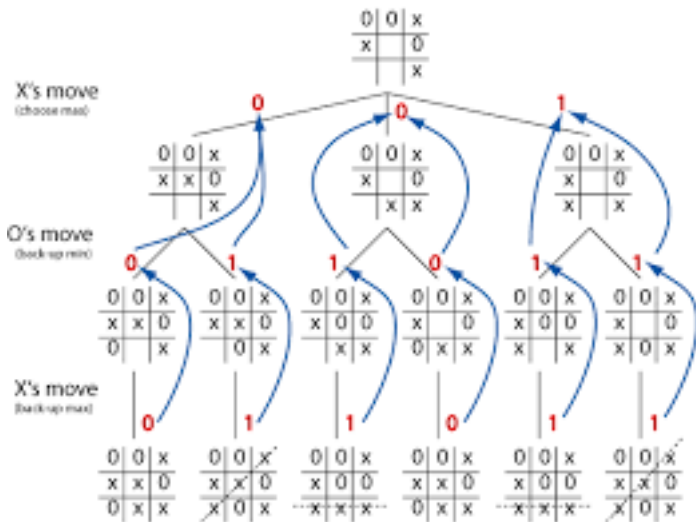


Jeu à 2 joueurs: le tic tac toe





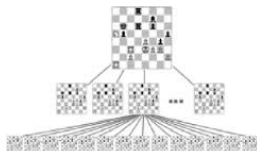
Jeu à 2 joueurs: le tic tac toe





Les échecs

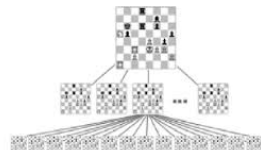
- Nombre d'états $E = 10^{120} \gg 10^{80}$ = particules de l'univers





Les échecs

- Nombre d'états $E = 10^{120} !! 10^{80}$ = particules de l'univers
- 1997: "Deep Blue" d'IBM bat le champion du monde Garry Kasparov

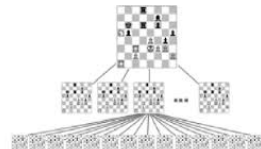




Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

Les échecs

- Nombre d'états $E = 10^{120} !!$ 10^{80} = particules de l'univers
- 1997: "Deep Blue" d'IBM bat le champion du monde Garry Kasparov



- 2m de haut, 700 kg. supercalculateur IBM (RS/6000 Scalable POWER parallel Systems) avec 32 processeurs calcul pur chacun connecté à 8 coprocesseurs dédiés aux échecs, soit 256 processeurs en parallèle.

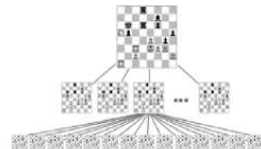




Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

Les échecs

- Nombre d'états $E = 10^{120} !!$ 10^{80} = particules de l'univers
- 1997: "Deep Blue" d'IBM bat le champion du monde Garry Kasparov



- 2m de haut, 700 kg. supercalculateur IBM (RS/6000 Scalable POWER parallel Systems) avec 32 processeurs calcul pur chacun connecté à 8 coprocesseurs dédiés aux échecs, soit 256 processeurs en parallèle.
- technique= force brute (jusqu'à profondeur 12) + min-max + évaluation des états non terminaux (qui domine?)





Le Go

- Nombre d'états $E = 10^{600}$ pour un goban 19×19 .
- Défi pour l'intelligence artificielle depuis 1997!



- Go inventé en Chine -500 avant JC.
- appelé "jeu impérial" car but contrôle de territoire
- évaluation difficile (pierres même valeur et impacts à longue distance)



Le Go

- Nombre d'états $E = 10^{600}$ pour un goban 19×19 .
- Défi pour l'intelligence artificielle depuis 1997!



de Toulouse

- Go inventé en Chine -500 avant JC.
- appelé "jeu impérial" car but contrôle de territoire
- évaluation difficile (pierres même valeur et impacts à longue distance)

9 Mars 2016: "AlphaGo defeats Lee Sedol in first game of historic man vs machine match"

- technique = apprentissage automatique (réseaux de neurones) + parcours de graphe + entraînement contre lui-même et contre des parties de grands joueurs ("nourri de 30 millions de coups joués par des pro")





Autre genre de jeu: Watson

- 2011: IBM bat Watson à Jeopardy!



- Watson: répondre à des questions formulées en langue naturelle, capable de comprendre l'énoncé des questions, buzzer pour prendre la main, trouver les réponses en quelques secondes, et, grâce à une synthèse vocale, énoncer les réponses et choisir le thème et le montant de la prochaine question.
- technique: analyse du langage naturel, apprentissage, génération d'hypothèse et évaluation (réponses avec degré de confiance)



Sommaire

- 1 Introduction
 - L'Intelligence Artificielle : c'est quoi?
- 2 Histoire de l'IA
 - Gestation de l'IA (1943-1955)
 - Naissance 1956
 - Des résultats et des déceptions (1960-1980)
- 3 Un peu de technique
 - Résolution de problèmes
 - Algorithmes pour les jeux
- 4 Aujourd'hui
 - Les thèmes actuels de l'IA
 - L'IA a transformé le monde



Les thèmes actuels de l'IA

Représentation: des connaissances (incertaines, incomplètes, défectibles, dynamiques, spatiales), des préférences, des lois déontiques, des émotions...

outils: logique (classique, floue, modale, pondérée, de description), graphique (réseaux, graphe d'interaction, graphes conceptuels,...)

Raisonnement: logique, analogie, apprentissage, argumentation, révision, fusion, mise à jour, décision

Algorithmes: recherche heuristique dans les espaces d'états, jeux, déduction automatique, programmation logique, SAT, CSP, Réseaux Bayésiens, planification, algorithmes d'apprentissage, méta-heuristiques.

Frontières: calculabilité, décidabilité, complexité, TAL, Robotique, Vision, Psychologie



Sommaire

- 1 Introduction
 - L'Intelligence Artificielle : c'est quoi?
- 2 Histoire de l'IA
 - Gestation de l'IA (1943-1955)
 - Naissance 1956
 - Des résultats et des déceptions (1960-1980)
- 3 Un peu de technique
 - Résolution de problèmes
 - Algorithmes pour les jeux
- 4 Aujourd'hui
 - Les thèmes actuels de l'IA
 - L'IA a transformé le monde



L'IA a transformé le monde

dixit J.G. Ganascia.

- WEB =



L'IA a transformé le monde

dixit J.G. Ganascia.

- WEB =

- ▶ couplage (réseau internet 1972 + Hypertexte Ted Nelson (1965))



L'IA a transformé le monde

dixit J.G. Ganascia.

- WEB =

- ▶ couplage (réseau internet 1972 + Hypertexte Ted Nelson (1965))
- ▶ Moteurs de recherche - Google



L'IA a transformé le monde

dixit J.G. Ganascia.

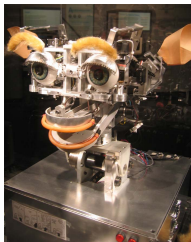
- WEB =

- ▶ couplage (réseau internet 1972 + Hypertexte Ted Nelson (1965))
- ▶ Moteurs de recherche - Google
- ▶ Web sémantique - Tim Berners Lee 2004 (indexation des contenus, ontologies et systèmes de démonstration automatique)

L'IA a transformé le monde

dixit J.G. Ganascia.

- WEB
- Robots



2000 Cynthia Breazeal:
"Kismet"



2003 Hiroshi Ishiguro:
"Actroid"



2005 Boston Dynamics
"BigDog"



2006 Aldebaran Robotics
"Nao"



L'IA a transformé le monde

dixit J.G. Ganascia.

- WEB
- Robots
- Véhicules autonomes





L'IA a transformé le monde

dixit J.G. Ganascia.

- WEB
- Robots
- Véhicules autonomes
- Biométrie
- Vision
- Reconnaissance de la parole
- Traitement et Compréhension du langage naturel
- e-sciences - expérimentations *in silico*
- ...



Conclusion

Définition de l'IA: **Trouver** des réponses et savoir les **expliquer**.

- **raisonner** (percevoir, représenter, calculer, avec un raisonnement idéal)
- **persuader** (argumenter, connaître le raisonnement humain: les croyances + ou - rationnelles, les désirs/émotions, les lois/contraintes)

Pour aider l'homme à mieux comprendre, mieux résoudre des problèmes et donc mieux agir dans le monde.

“Ainsi avance souvent la recherche : de la surprise initiale à l'émerveillement, de l'émerveillement au questionnement puis du questionnement à la certitude d'avoir soudain dévoilé le mystère. Puis vient le temps où les réponses se transforment en questions.”

JC. Ameisen



References I

Mes sources:

- Jean-Michel GANASCIA “Renaissance de l’Intelligence Artificielle” exposé au centre d’Alembert, le 18 février 2016,
- le cours d’IA de Licence 3 de Claudette Cayrol (Université Toulouse 3, 2016),
- le cours d’IA de Licence 3 de Meghyn Bienvenu (Université Aix-Marseille, 2009),
- le cours d’introduction de Michael Littman (Princeton University, 2001)
- site web de l’AFIA <http://afia.asso.fr>



- - L’intelligence artificielle, mais enfin de quoi s’agit il ? : Des chercheurs de l’IRIT répondent (Les livrets du Service culture UPS) Broché – 2001



References II

-  - Panorama de l'intelligence artificielle. Pierre Marquis, Odile Papini et Henir Prade. Cépaduès 2014
-  - Intelligence artificielle. S. Russel and P. Norvig. Pearson 2010
-  - The Code Book: The Secret History of Codes and Code-breaking by Singh, Simon (Reissue Edition (2002))
- Le film sur Turing "Imitation Game" (Morten Tyldum, 2014)
- Le film "Eva" (Kike Maíllo, 2011)
- Le film "Ex-Machina" (Alex Garland, 2015)

Vidéos en ligne:



References III

- **Conférence de Jean-Gabriel GANASCIA**

<http://www.centre-dalembert.u-psud.fr/2016/02/seminaire-du-18-fevrier-2016/>

- **Artificial intelligence TED talk**

<https://www.youtube.com/watch?v=oYqXQw2CryI>

- **AI-Intro MIT (Patrick Winston):** <http://video.mit.edu/watch/artificial-intelligence-lecture-1-introduction-and-scope/>

- **Robotic Innovation Artificial Intelligence - Documentary**

<https://www.youtube.com/watch?v=215Dxu6Tqq8>

- **Robot: Nao** <https://www.youtube.com/watch?v=S5AnWzjHtWA>

- **Psychiatre artificiel** <http://help4mood.info/site/default.aspx>

- **Robot de compagnie : “Alice cares”, S. Burger, 2015.**

<https://vimeo.com/116760085>