

Introduction à l'Intelligence Artificielle



Marie Lefevre

Février 2017

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
- 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

Bellman

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

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

Nilsson

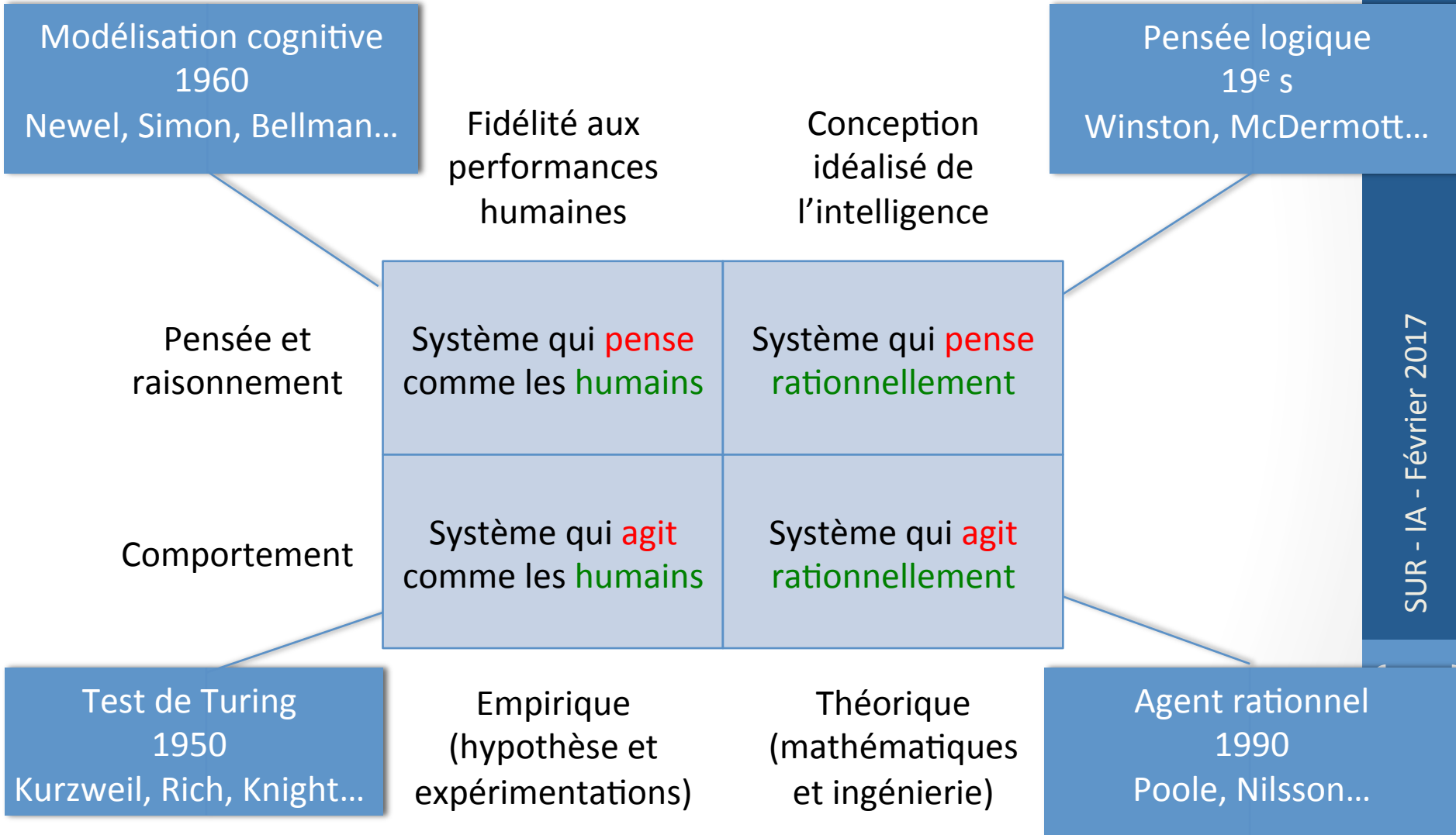
L'étude des **mécanismes** permettant à un agent de percevoir, raisonner, et agir.

Winston

La conception d'**agents** intelligents

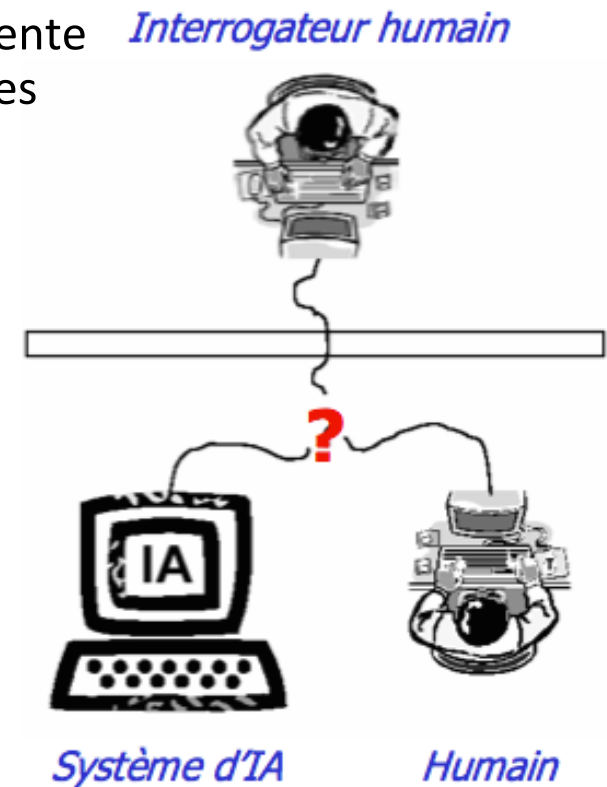
Poole et al.

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
 - www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html
- 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

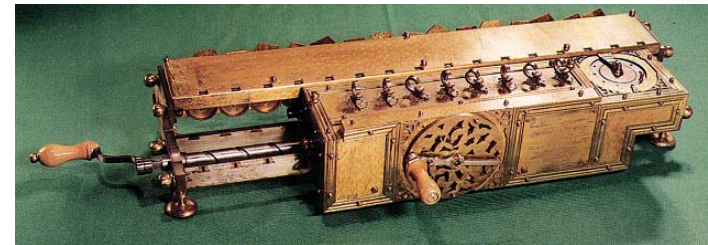
Agir rationnellement

- 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
- Pour aller plus loin

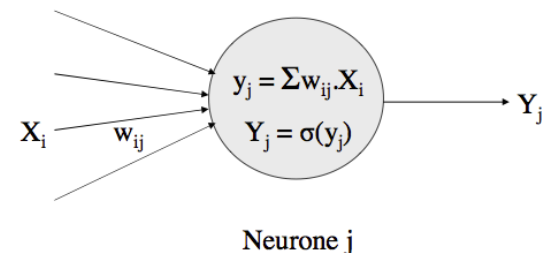
Les bases



- -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

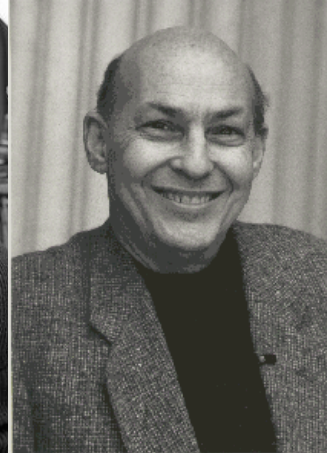
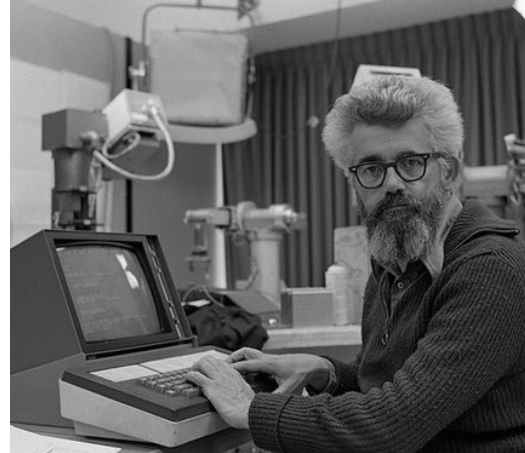
- 1936 : Alan Turing
 - <http://www.cnrs.fr/ins2i/spip.php?article201>
 - Calculabilité & Machine de Turing
 - Montre que toute forme de calcul peut être représentée numériquement
 - Donc la logique aussi...
- 1943 : McCulloch & Pitts
 - http://fr.wikipedia.org/wiki/Neurone_formel
 - Approche physiologique 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
 - https://interstices.info/jcms/int_64540/le-modele-darchitecture-de-von-neumann
 - Architecture d'un ordinateur
- 1948 : Wiener
 - <http://www.syti.net/Cybernetics.html>
 - Cybernétique
 - Décrit les contrôles et la stabilité de réseaux électriques
- 1949 : Shannon
 - <http://mapage.noos.fr/fholvoet/shannon.htm>
 - 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



- 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

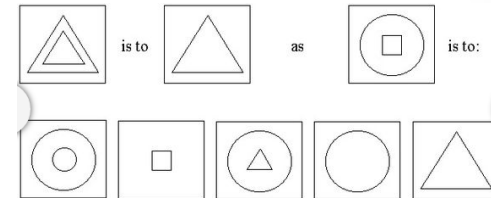
Les début de l'IA

- 1956 : Newell, Simon & Shaw
 - Simon : [http://en.wikipedia.org/wiki/Herbert A. Simon](http://en.wikipedia.org/wiki/Herbert_A._Simon)
 - Shaw : [http://en.wikipedia.org/wiki/Cliff Shaw](http://en.wikipedia.org/wiki/Cliff_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.
 - http://bitsavers.org/pdf/rand/ipl/P-1584_Report_On_A_General_Problem-Solving_Program_Feb59.pdf
 - 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
 - [http://en.wikipedia.org/wiki/Deep_Blue_\(chess_computer\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Deep_Blue_(chess_computer))

- Test « d'intelligence » :
 - ANALOGY (Evans , 1963)
capable de trouver la suite « logique »
d'une série de figures
 - <http://leadserv.u-bourgogne.fr/files/publications/000273-the-computational-modeling-of-analogy-making.pdf>

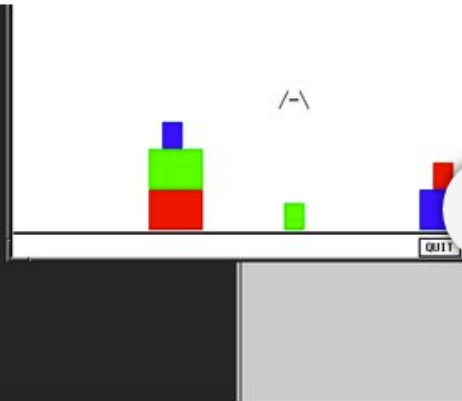


- Résolution de problèmes par propagation de contraintes
 - 1975 : Waltz
 - <http://www1.cs.columbia.edu/~waltz/>

- Dialogue en « langage naturel »
 - Eliza (Weizenbaum, 1965)
<http://jerz.setonhill.edu/if/canon/eliza.htm>
 - SHRDLU (Winograd, 1968)
<http://hci.stanford.edu/~winograd/shrdlu/>

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

You can:
  1. give a command to 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
rules 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.
- Jouez : <http://www.manifestation.com/neurotoys/eliza.php3> 😊

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...

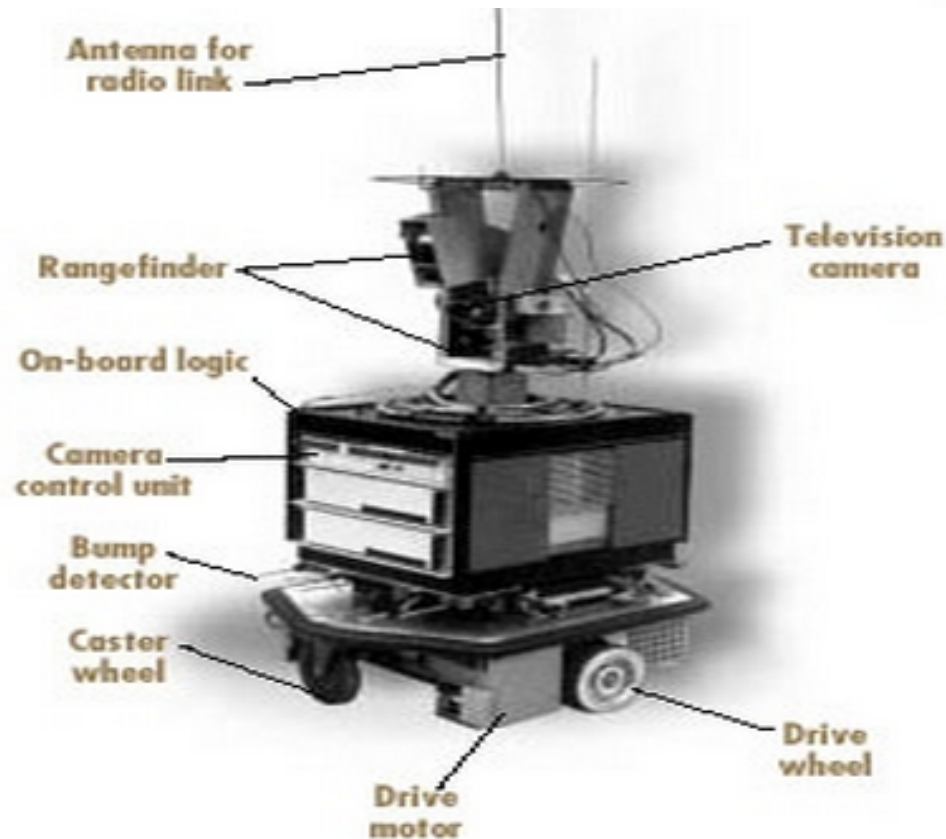


Photo courtesy of SRI International.

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 **Systemes 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) :
http://profiles.nlm.nih.gov/BB/A/L/Y/P/_/bbalyp.pdf
 - MYCIN (en médecine) :
<http://www.computing.surrey.ac.uk/research/ai/PROFILE/mycin.html>
 - Hersay II (en compréhension de la parole)
 - Prospector (en géologie) :
<http://www.computing.surrey.ac.uk/ai/PROFILE/prospector.html>
- Générateurs de systèmes experts
 - NEXPERT System : <http://www.youtube.com/watch?v=RBwsqdsygGU>
 - CLIPS : <http://www.siliconvalleyone.com/founder/clips/index.htm>
- 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 et renouveau

- Fin des années 80 : désillusion
 - Système expert difficile à maintenir / faire évoluer
 - Difficulté à convaincre les entreprises
 - Plus de financement
- Les années 90 : les verrous sautent
 - 1997 : Deep Blue / Kasparov
 - 2005 : Conduite autonome de voiture
 - Rien de nouveau en IA mais la loi de Moore...
maintenant les machines peuvent mettre en œuvre l'IA imaginée
- Depuis 90, nouvelle vision « agent »

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**

Programmation en IA ?

- Des langages de programmation spécifiques
 - LISP (MacCarthy – USA – 1958)
 - Traitement des listes
 - <http://www.mars.cs.unp.ac.za/lisp/>
 - PROLOG (Colmerauer – France – 1972)
 - Programmation logique
 - <http://alain.colmerauer.free.fr/>
 - SmallTalk (Kay – 1972)
 - Langage objet
 - http://www.smalltalk.org/articles/article_20040000_11.html
- Les langages de Frame pour la représentation des connaissances
 - YAFOOL (Yet Another Frame based Object Oriented Language – 1986)
 - <https://hal.inria.fr/inria-00070088>
 - KL-ONE (Knowledge Language)
- Tous les langages de logique de description :
<http://www.inf.unibz.it/~franconi/dl/course/>

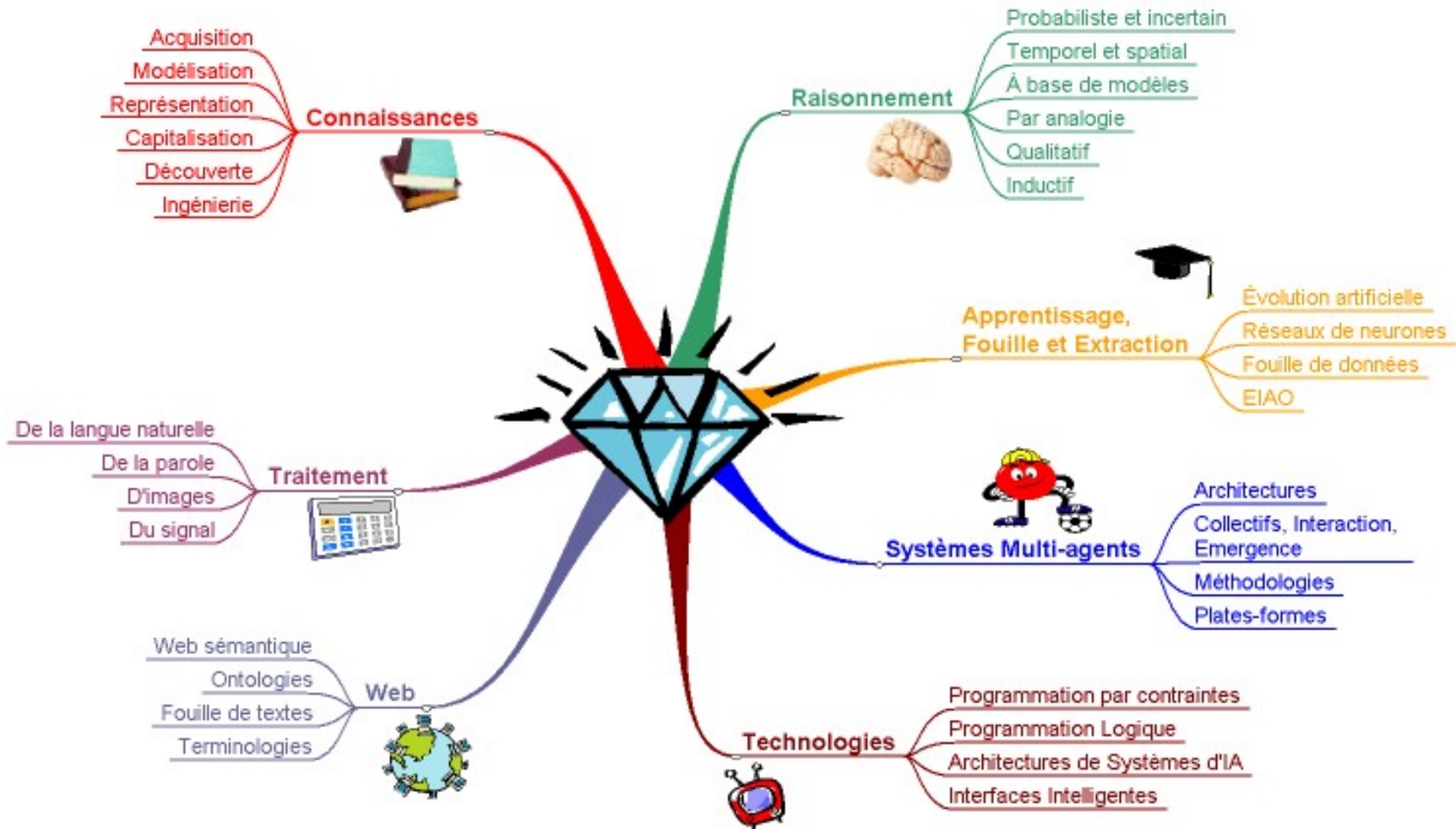
De quoi va-t-on parler ?

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

Les grandes questions de l'IA

- D'après « L'IA, mais enfin de quoi s'agit-il ? » (IRIT – France - 2001)
 - <http://www.irit.fr/Livret-IA/Livret-3/livret-IA.pdf>
- Dix grands paradigmes de recherche
 - Représenter l'information, acquérir des connaissances
 - Algorithmes généraux de résolution de problèmes
 - Intelligence artificielle « collective »
 - Formaliser et mécaniser différents types de raisonnement
 - Évaluer des situations, décider, planifier
 - Reasonner sur le changement, le temps, et l'espace
 - Résumer, apprendre, découvrir
 - Langue et IA
 - Indexation et IA
 - Réalité virtuelle et IA

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...

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
- 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 »
 - Toujours pas de système de [vision par ordinateur](#) capable de comprendre une scène dynamique complexe
 - Mais des systèmes informatiques effectuent couramment
 - La surveillance du trafic routier
 - La reconnaissance de visages
 - L'analyse d'images médicales

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
 - Mais aujourd'hui
 - des robots ont exploré Mars
 - des robots réalisent des opérations du cerveau et du cœur
 - des humanoïdes sont opérationnels et disponibles à la vente



Aibo



Pino

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 :
 - Assister l'apprentissage humain
 - S'adapter à des situations changeantes
 - Autonomous Robotic Truss Reconfiguration and Manipulation
 - <http://www.youtube.com/watch?v=ynr7VGiusQQ&feature=c4-overview&list=UUPgIJMsnxPkiVhKlvwu70nA>
 - Voir la cognition comme une émergence dans l'interaction avec l'environnement
 - Cognition située, distribuée, émergente ...
 - L'IA développementale
 - Nouvelle branche de l'IA qui vise à programmer un système initial minimal capable de développer son intelligence par lui-même
 - MOOC IDEAL : <http://liris.cnrs.fr/ideal/mooc/>
 -
- L'état des avancées en IA ?
 - http://en.wikipedia.org/wiki/Progress_in_artificial_intelligence

Alors que reste-t-il à faire ?

- Pour certains, IA devient « **Informatique Avancée** »
 - Il ne s'agit plus de trouver LA solution unique au problème de l'IA, mais de combiner différentes techniques pour améliorer les performances
 - Et de s'attaquer aux problèmes que l'approche algorithmique classique ne peut résoudre
 - Et le Web est un terrain d'application idéal
 - L'IA l'habite déjà et en façonne le futur
 - WWW conférences : <http://www2012.org>
- Mais l'objectif initial consistant à développer des machines aussi intelligentes que l'être humain continue à perdurer
 - Pour le résoudre, il est cependant nécessaire d'en savoir plus sur l'intelligence humaine...

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
- Pour aller plus loin

Pour aller plus loin

- **Artificial Intelligence : A Modern Approach**

Stuart Russell & Peter Norvig

- Livre de référence pour les cours d'IA
- Fait partie des plus cités (source citeseer.nj.nec.com)
- <http://aima.cs.berkeley.edu/>
 - Beaucoup de cours disponibles
 - Beaucoup de codes sources disponibles, dans plusieurs langages de programmation