

Le Mans Université

# Représentation et Modélisation des Connaissances

## Intelligence Artificielle Symbolique

Valérie Renault

6 septembre 2021



## Espace cours pour ce module sur UMTICE :

<http://umtice.univ-lemans.fr/course/view.php?id=1227>  
Clef : 20IARK

- ▶ Supports de cours [APRES LES COURS] ;
- ▶ Corrections de TD / TP si nécessaire ;
- ▶ Bibliographie ;
- ▶ Informations pour aller plus loin ;
- ▶ [Animer l'espace cours sur UMTICE (forum, liens, ...) que tout le monde partage ;]

# Objectifs du module



- ▶ Représenter les informations disponibles dans un formalisme adéquat ;
- ▶ Formaliser des raisonnements à partir de ces informations ;

Plusieurs étapes :

- ▶ Ingénierie des connaissances : acquisition des connaissances - hors module
- ▶ Savoir définir les informations sur lesquelles va raisonner le système => **choix d'un formalisme** pour représenter les **connaissances** ;
- ▶ Donner les moyens au système de **raisonner** sur ces connaissances ;

## Limites de ce module :

Se concentrer sur les Approches Symboliques.



## Objectifs théoriques :

- ▶ Savoir positionner les différents travaux en Intelligence Artificielle (IA) ;
- ▶ Acquérir les notions fondamentales de l'intelligence artificielle (formalisation des connaissances, logiques, résolution de problèmes,...) ;
- ▶ Se questionner sur le concept d'intelligence (artificielle) ;

## Objectifs pratiques :

- ▶ Connaître des langages adaptés ;
- ▶ Savoir distinguer, selon les contextes, le besoin en heuristiques (vs algorithmes) ;
- ▶ Savoir reconnaître la présence/les besoins d'algorithmes d'IA dans un système ;

# Déroulement du module



- ▶ 14h cours ;
- ▶ 8h TD ;
- ▶ 18h TP ;
  
- ▶ V. Renault (4\*2h CM - 2\*2hTD - 3\*3hTP)
- ▶ J. Lehuen
- ▶ (D. Py en M2)



## Session 1 :

- ▶ Contrôle continu en TP - coef 1,25 ;
- ▶ Contrôle terminal écrit - coef 3,75 ;
- ▶ Note finale  $(3CT + TP)/4$  - 5 ECTS

## Session 2 :

- ▶ Contrôle terminal écrit - coef 3,75 ;



# Historique et fondamentaux de l'Intelligence Artificielle et de l'Ingénierie des Connaissances

## Cours 1

Valérie Renault

6 septembre 2021



- ▶ Connaître les principaux systèmes retracant l'évolution des idées ;
- ▶ Comprendre la multiplicité des conceptions de l'IA ;
- ▶ Être capable de comprendre les travaux et positions de chacun ;

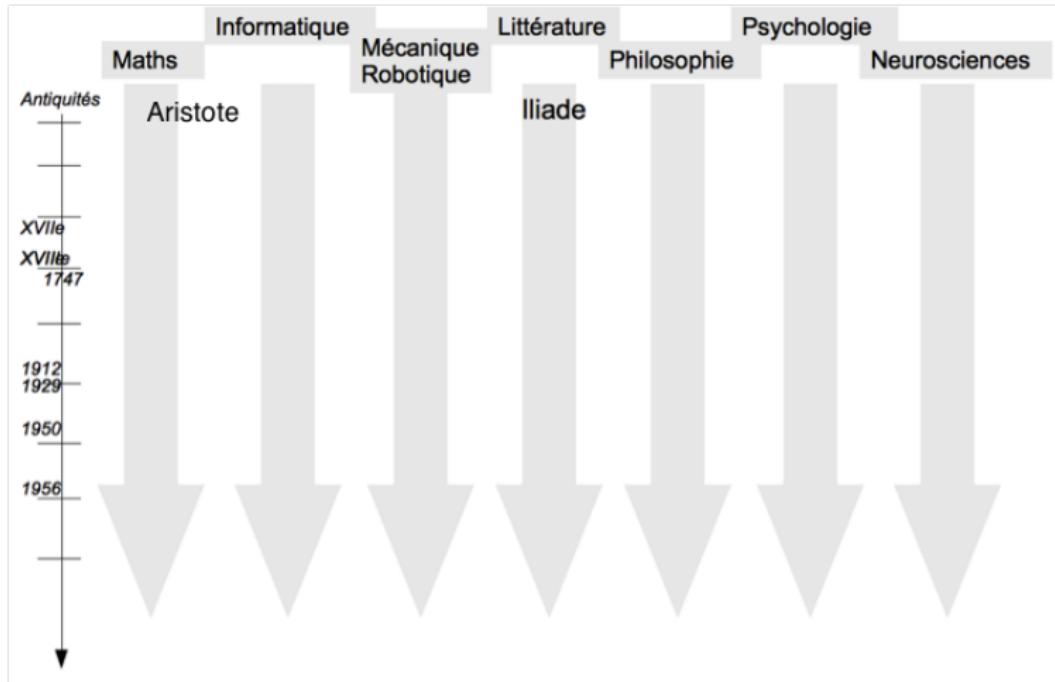


Dresser un panorama de l'enchaînement des idées et des travaux issus de différentes disciplines scientifiques ayant conduit à l'IA.

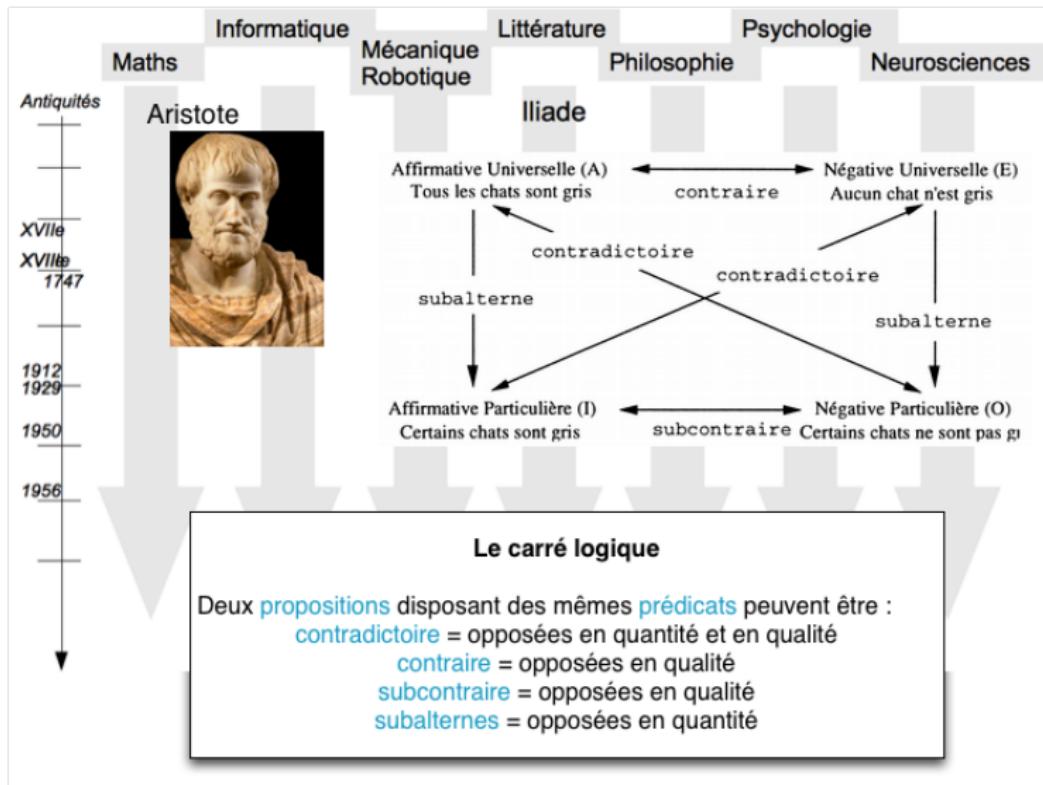
Trois questionnements :

- ▶ Compréhension des **processus de raisonnement** humain - questionnement d'ordre spirituel, religieux puis scientifique ;
- ▶ Possibilité de **concevoir des machines** ayant un comportement intelligent - techniques de construction (mécanique, sculpture, peinture, informatique, robotique) ;
- ▶ Composante **artistique** de la "créature" ;

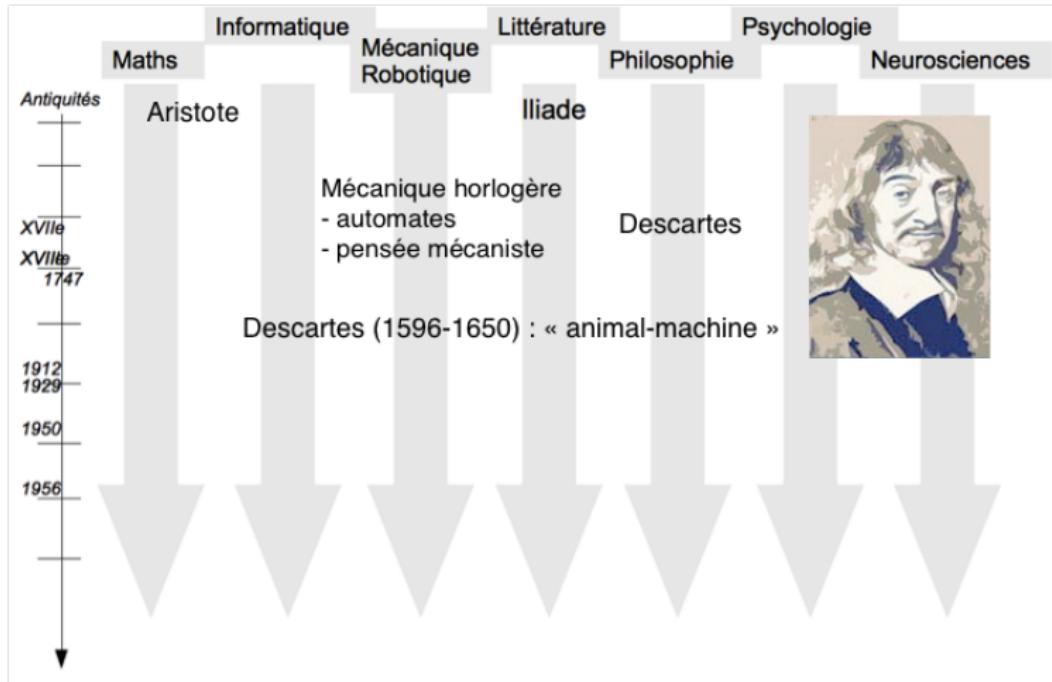
# Historique



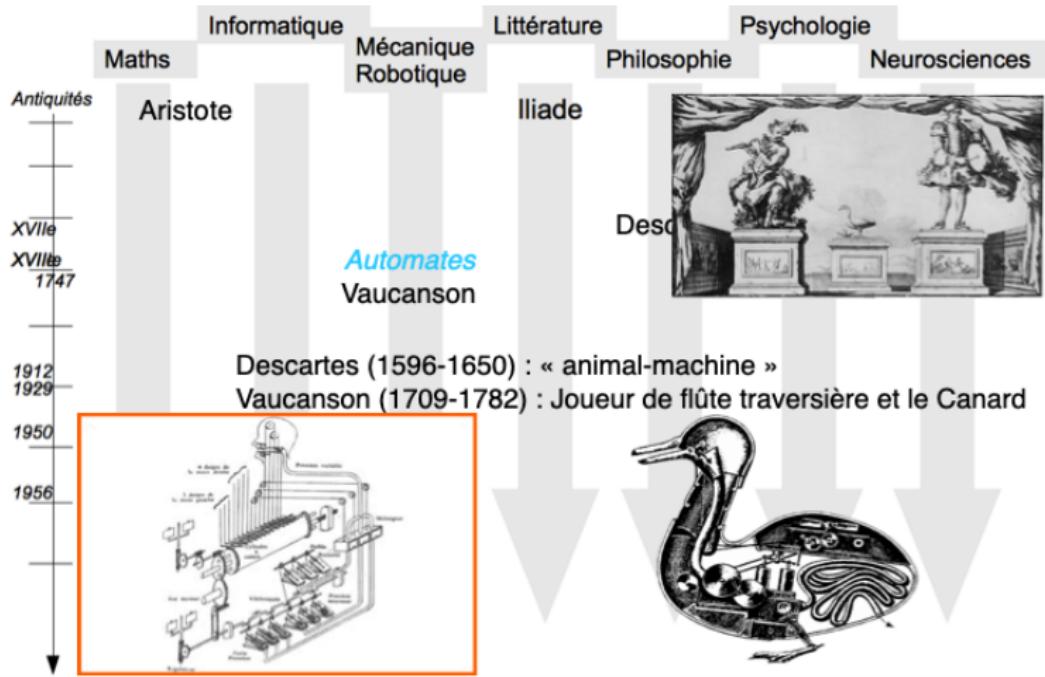
# Historique



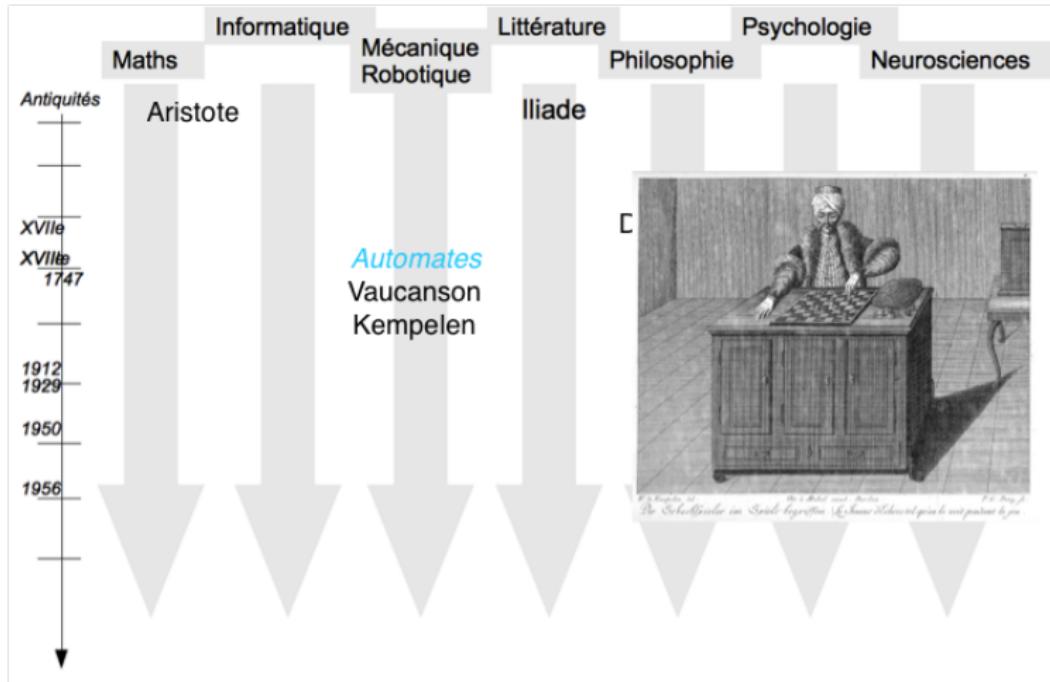
# Historique



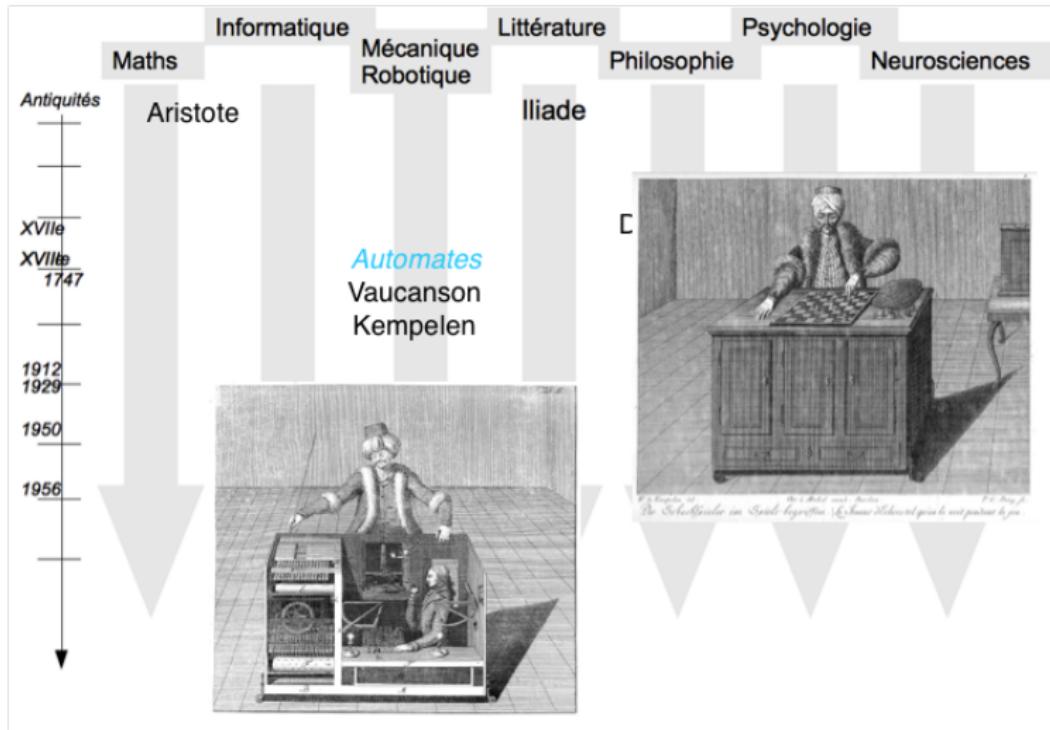
# Historique



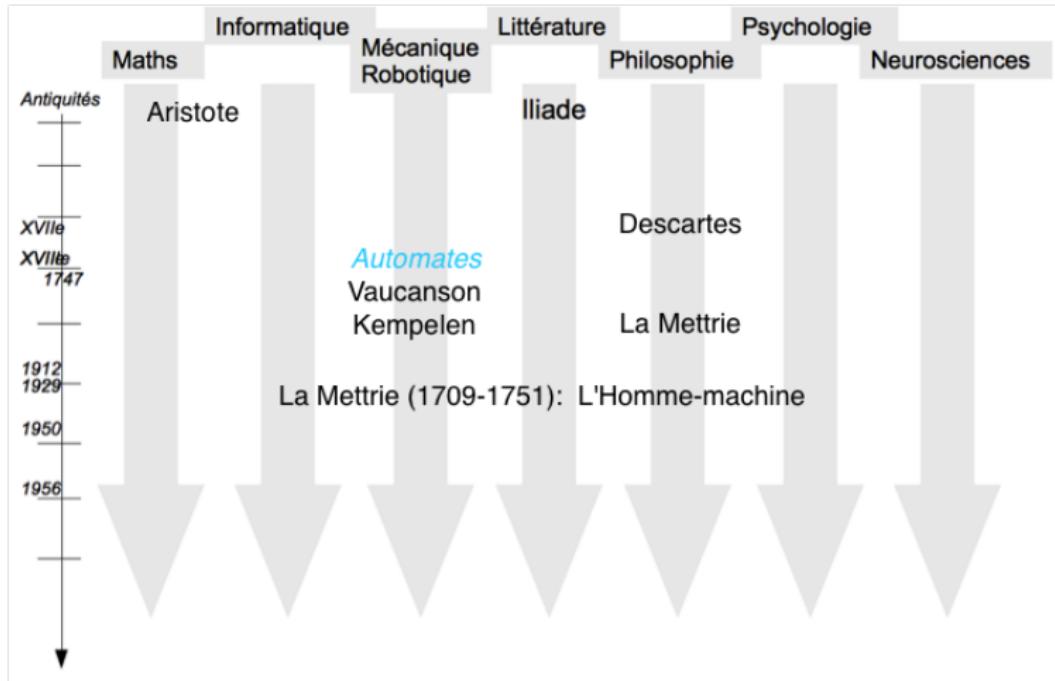
# Historique



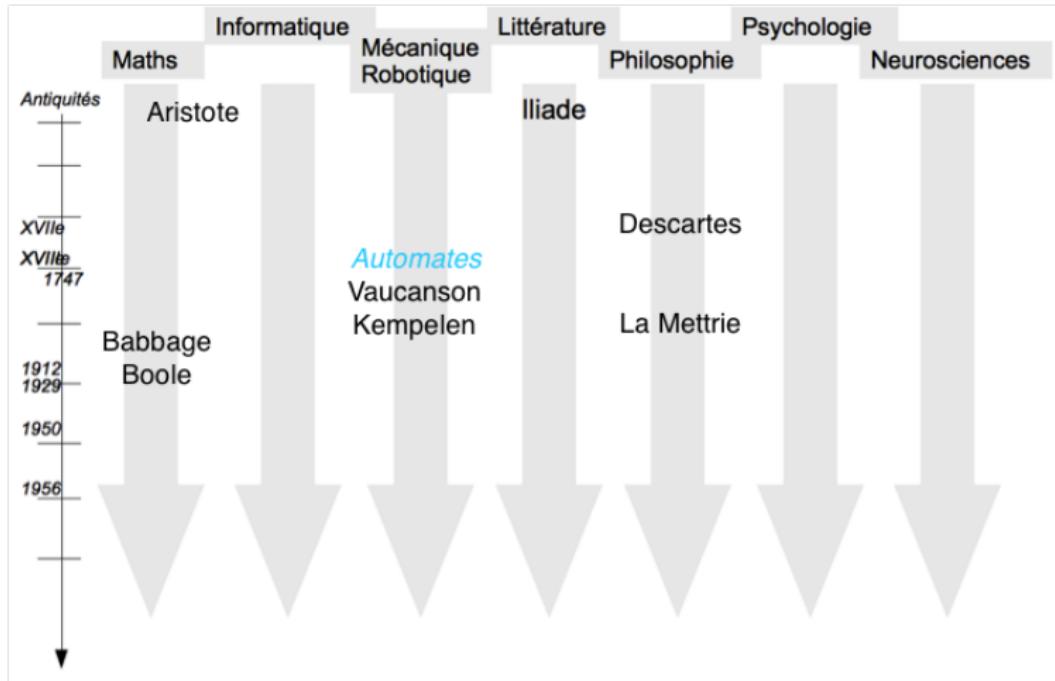
# Historique



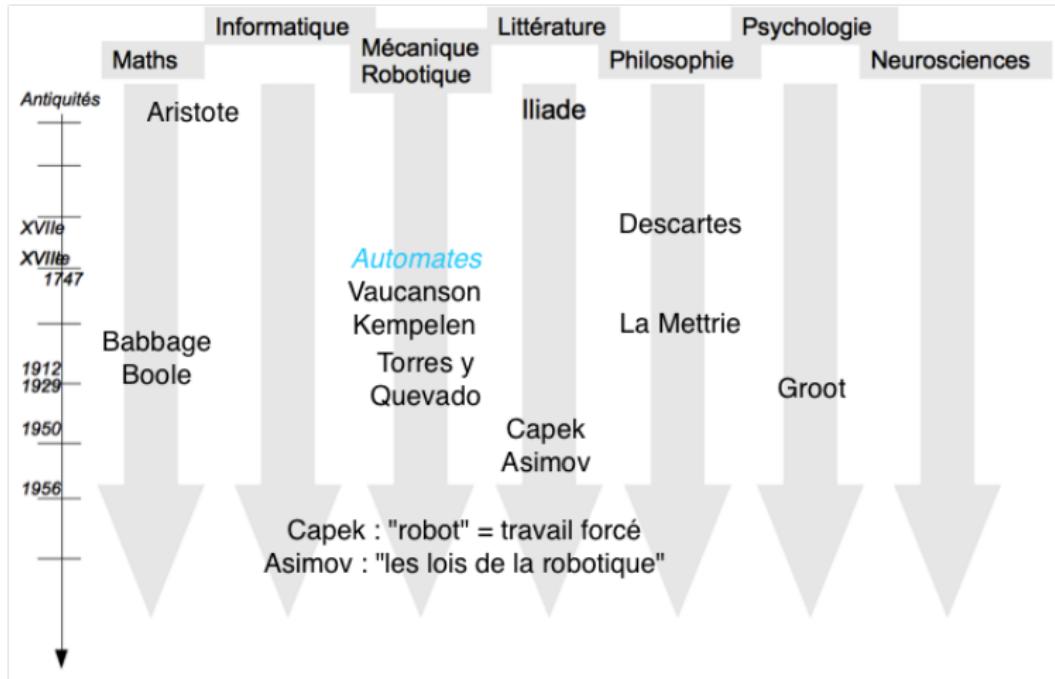
# Historique



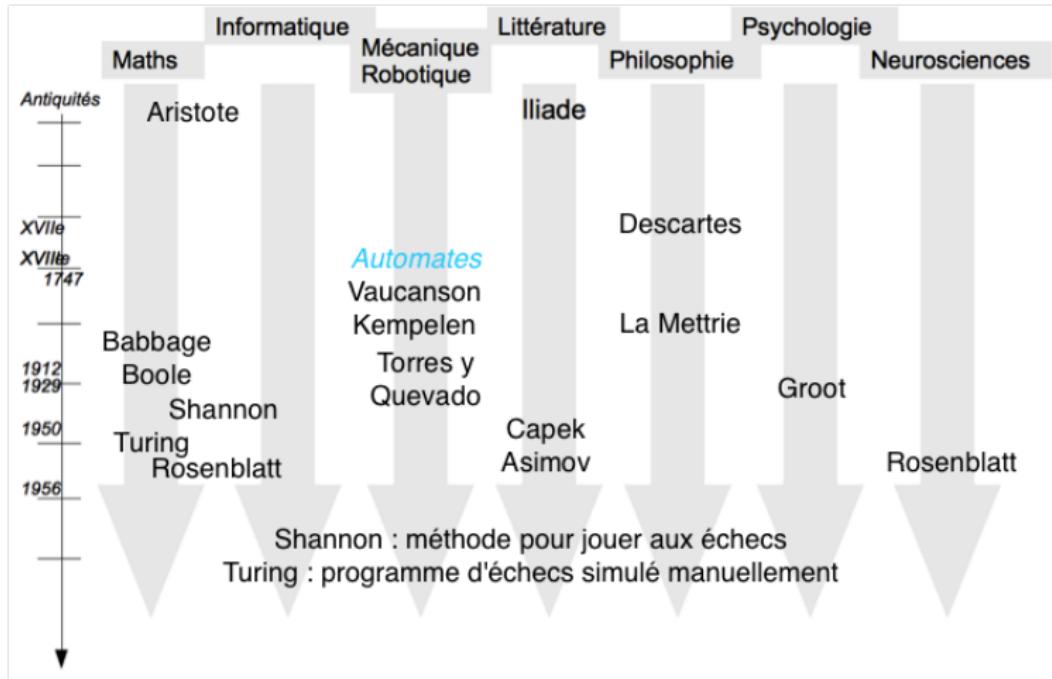
# Historique



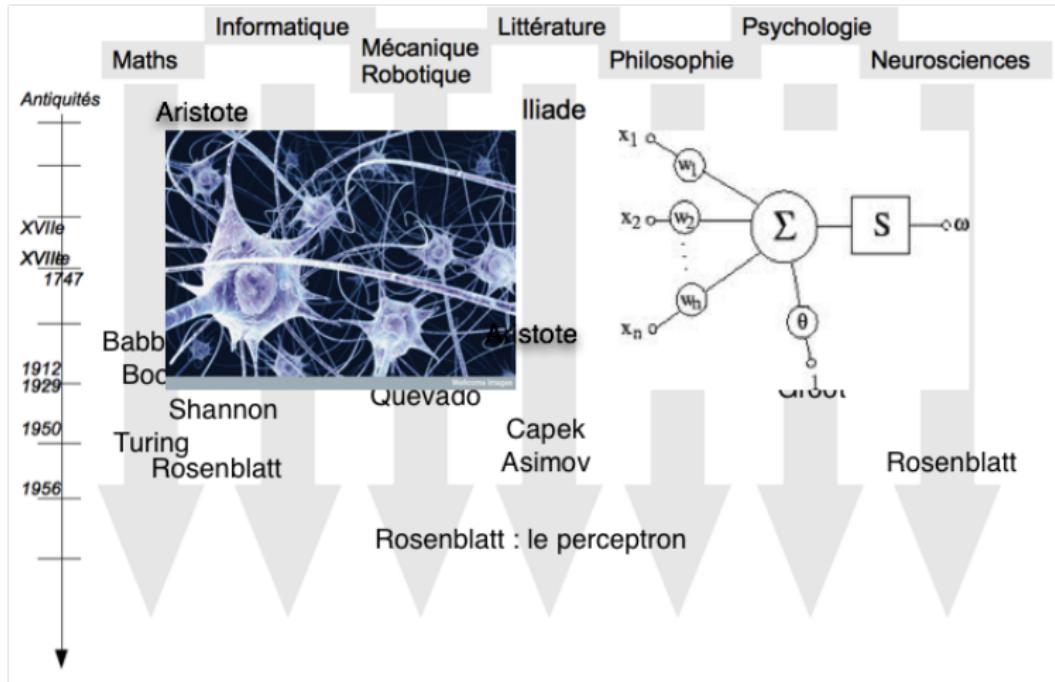
# Historique



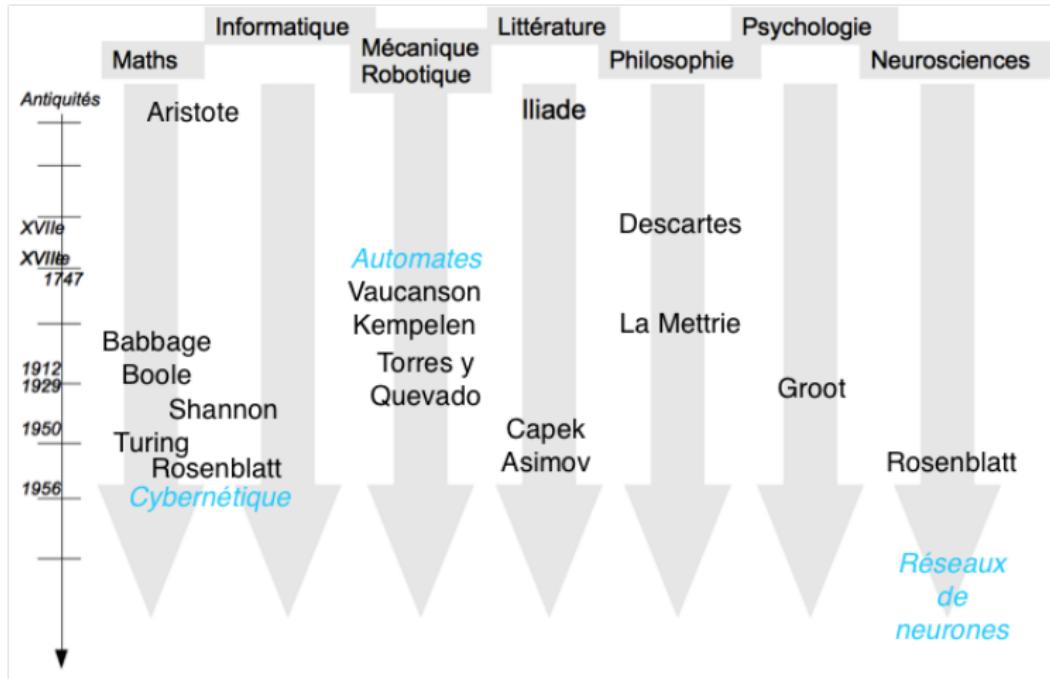
# Historique



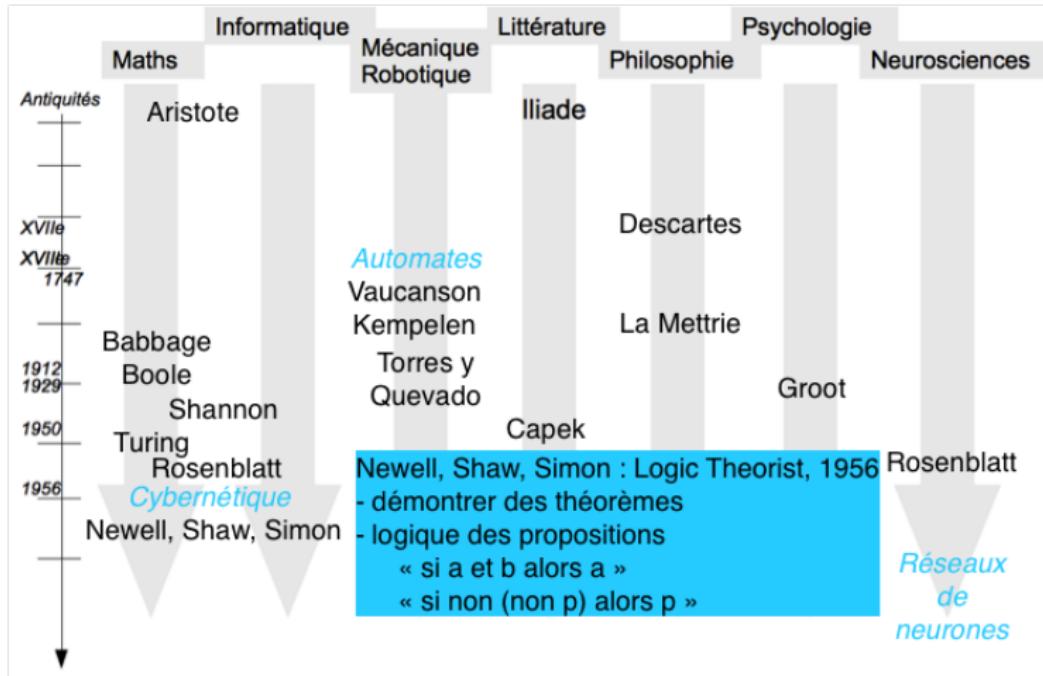
# Historique



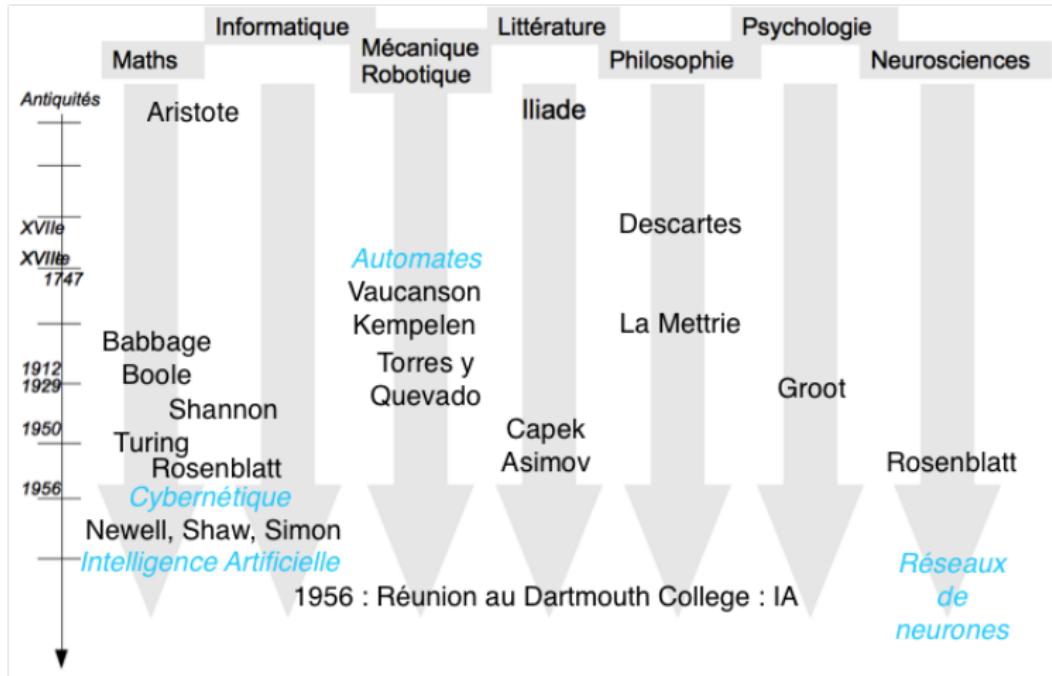
# Historique



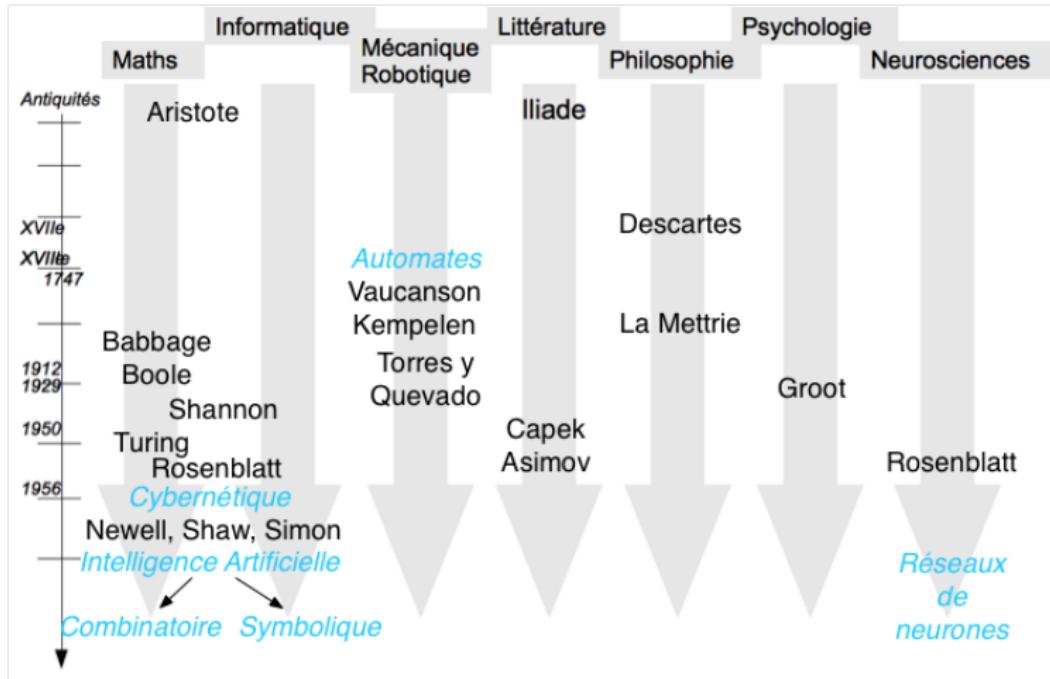
# Historique



# Historique



# Historique





- ▶ **Approches "modèles" / symboliques / programmation déclarative**  
Identifier le problème, les connaissances, trouver les modèles
- ▶ **Approches combinatoires/exploratoires**  
Écrire le maximum des possibles
  - ▶ 1960 : algorithme Alpha-Béta : recherche heuristique dans des arbres de jeux
  - ▶ 1968 : algorithme A\* : recherche heuristique dans des arbres
- ▶ **Approches numériques**
  - ▶ Réseaux de neurones
  - ▶ Modèles probabilistes

# Les Intelligences Artificielles



A cloud of French words related to AI and machine learning, including diagnostic, information, intelligence, et al.



Début de travaux où :

- ▶ **Programmation déclarative** : connaissances représentées explicitement, séparément des mécanismes d'exploitation ;
- ▶ Intérêt pour un **domaine précis** : identifier les connaissances spécifiques et les représenter (notion d' « expertise » du domaine) ;
- ▶ Le moteur doit être général et adaptable à différents domaines ;
- ▶ Le programme doit être capable de découvrir et d'explorer lui-même les connaissances : apprentissage.

## ■ Approche déclarative

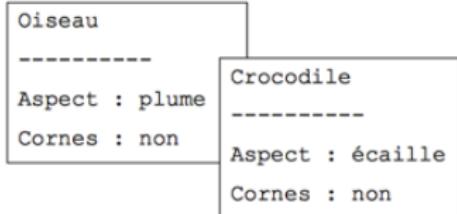
```
Si plume alors oiseau  
Si écaille alors reptile  
...
```

- Séparation de la déclaration des connaissances et du programme qui les exploite
- Ajout rapide de règles par l'expert (non informaticien)
- Possibilité de justifier des résultats

## ■ Approche procédurale

```
10 Si « plume » alors aller-en  
100 sinon aller-en 20  
20 Si « écaille » alors aller-en  
10 sinon aller-en 50  
...
```

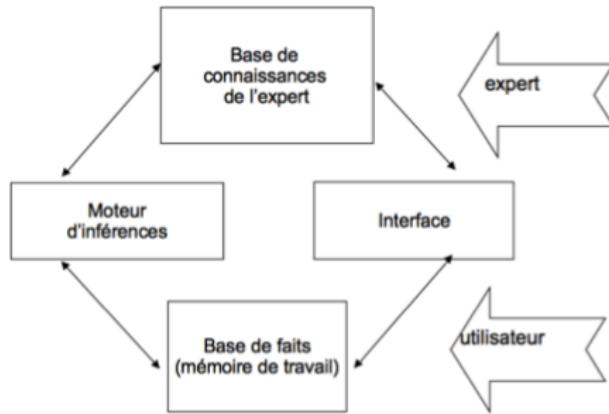
## ■ Approche Base de Données





- ▶ Envisager des applications complexes **réelles** plutôt que d'étudier des petits problèmes abstraits et formalisés.
- ▶ Analyse des connaissances d'experts humains (déduction, implication, intuition,...)
- ▶ **Heuristiques** : processus d'exploration, de découverte et de mise en oeuvre de savoirs locaux et composites.

# 1ers Systèmes Experts (1965-1975)





1974 – MYCIN : 1er système expert

- ▶ Système d'aide au diagnostic médical ;
- ▶ Connaissances du domaine sous forme de règles de production :
  - ▶ Si : le germe est positif à la coloration de Gram, et que sa morphologie est celle de coque, alors : cela induit (0,7) qu'il s'agit d'un streptocoque
  - ▶ 0,7 : Coefficient de vraisemblance



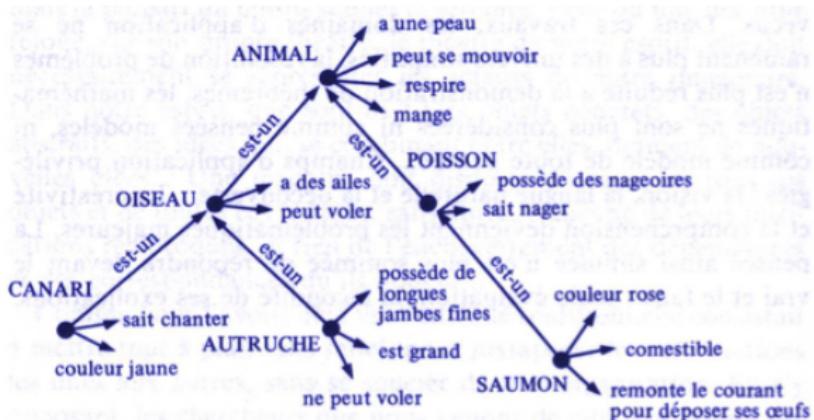
Le retrait d'un événement dans la base de faits peut conduire à des incohérences :

- ▶ BF : "Zoé est une autruche", "Zoé est un oiseau"
- ▶ Règle "si autruche alors oiseau qui ne vole pas"
- ▶ ==> Zoé ne vole pas
- ▶ Problème : Si on retire de la BF : "Zoé est une autruche"  
Incohérence ==> Zoé vole

Gestion coûteuse de la non-monotonie

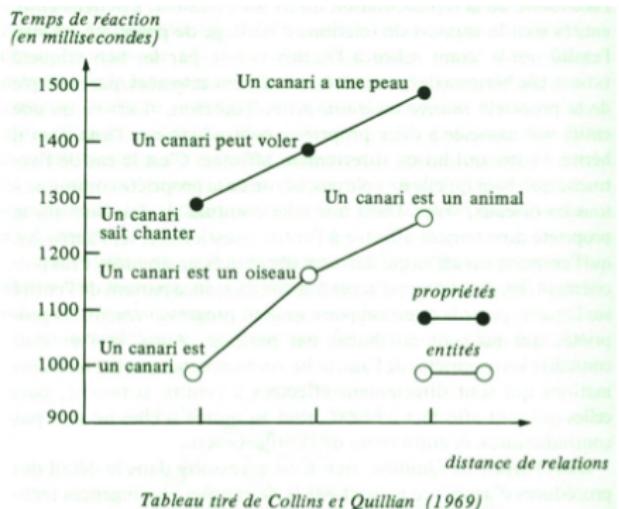
# Représentation des connaissances

Problème : tout ne peut être représenté en règles "si a et b alors a".  
Autres représentations des connaissances : exemple avec les Réseaux sémantiques :



Exemple de réseau sémantique tiré de Collins et Quillian (1969)

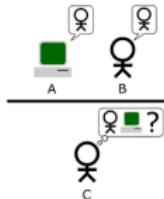
# Réseaux sémantiques



Le temps d'accès à l'information est proportionnel au nombre de liens traversés.

# Qu'est-ce qu'un programme intelligent ?

34



- ▶ **Test de Turing** (imitation game, 1950) :  
Si la machine arrive à se faire passer pour un humain, alors elle est intelligente.
- ▶ **La chambre chinoise** de Searle

==> comprendre, ce n'est pas simplement manipuler des symboles dépourvus de significations, mais pouvoir associer les symboles :

- ▶ à partir de la réalité représentée par ces symboles ;
- ▶ à partir de ses expériences passées.

# Qu'est-ce qu'un programme intelligent ?



35

Eliza - [Weizenbaum, 1966] :

- ▶ Conversation en langage naturel entre l'homme et la machine.
- ▶ Simulation d'un psychothérapeute.

... TELL ME MORE ABOUT YOUR FAMILY

My mother takes care of me.

WHO ELSE IN YOUR FAMILY TAKES CARE OF YOU

My father.

YOUR FATHER

You are like my father in some ways.

WHAT RESEMBLANCE DO YOU SEE

You are not very aggressive but I think you don't want me to notice that.

WHAT MAKES YOU THINK I AM NOT VERY AGGRESSIVE

You don't argue with me.

WHY DO YOU THINK I DON'T ARGUE WITH YOU

You are afraid of me...



On sait beaucoup mieux comment on réalise ce que l'on considère comme difficile (jouer aux échecs, résoudre un problème complexe, inverser une matrice) que des tâches jugées faciles (interpréter une image, discuter, ...), et ces dernières sont donc beaucoup plus difficiles à modéliser.

- ▶ Réussite des jeux vs problèmes du TALN

## Marvin Minsky

Un comportement n'est considéré comme intelligent que s'il n'est pas compris.

Or ce n'est plus le cas lorsqu'un algorithme a été trouvé.

Tant qu'on perd contre son programme d'Othello ou de dames, on le trouve «intelligent »...



Dans l'acception classique de l'IA, on ne simule pas le raisonnement au sens biologique, comme le font les réseaux neuronaux, on travaille sur des modèles symboliques.

Deux visions / deux questionnements épistémologiques :

- ▶ A : on cherche à comprendre comment l'homme effectue des tâches intelligentes (reconnaissance visuelle, langage, raisonnement, ...) ; on définit des modèles que l'on implante (pour comprendre, pour simuler, pour reproduire).
- ▶ B : on cherche à rendre l'ordinateur capable d'un certain nombre de tâches que pour l'instant il ne sait pas faire (pour lesquelles on ne connaît pas d'algorithme).



Dissociation classique "IA forte" / "IA faible" ou (cognitiviste / pragmatiste)

- ▶ La vision A renvoie à ce que l'on appelle l' "**IA forte**" : les machines ont des états internes qui ne se différencient pas (d'un point de vue formel) des états cognitifs d'un cerveau humain et le fonctionnement de la machine est une explication (elle rend compte) de l'intelligence humaine ; la machine "comprend".
- ▶ La vision B renvoie à ce que l'on appelle l' "**IA faible**" : les machines permettent de simuler les résultats de l'intelligence naturelle.

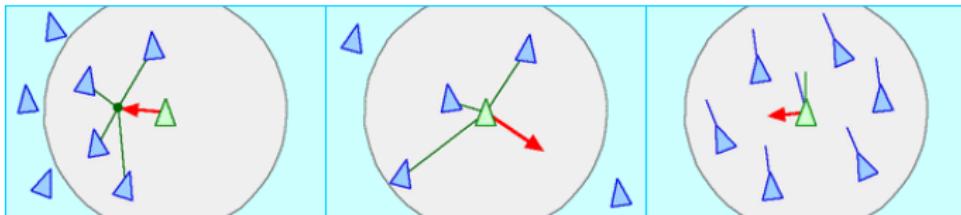


Autre façon d'aborder les choses, l'opposition science / technique :

- ▶ La vision A renvoie à l'IA comme une science : on étudie le réel, avec l'aide des sciences cognitives (psychologie cognitive, linguistique, neuro-sciences, ...), on définit des modèles que l'on implante.
- ▶ La vision B renvoie à l'IA comme une technique (peu importe comment on effectue les tâches, ce qui compte c'est le résultat).

# Steering Behaviours : Flocking

40



3 règles de base pour les Boids :

- ▶ Cohésion
- ▶ Séparation
- ▶ Alignement



Craig Reynolds - 1986

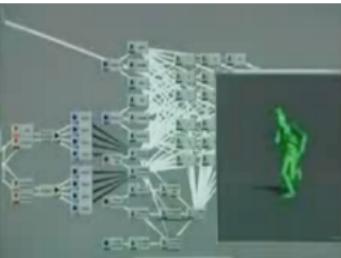
Boids - <http://www.red3d.com/cwr/boids>

# Exemple : le logiciel MASSIVE

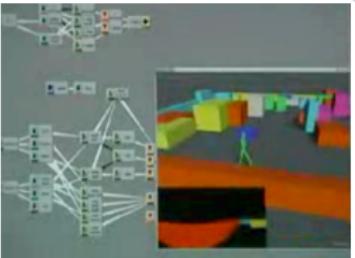
41



Motion capture



Briques comportementales individuelles



Comportements collectifs



Textures / 3D

## Site web

<http://www.massivesoftware.com>

# Exemple : le logiciel GOLAEM

42



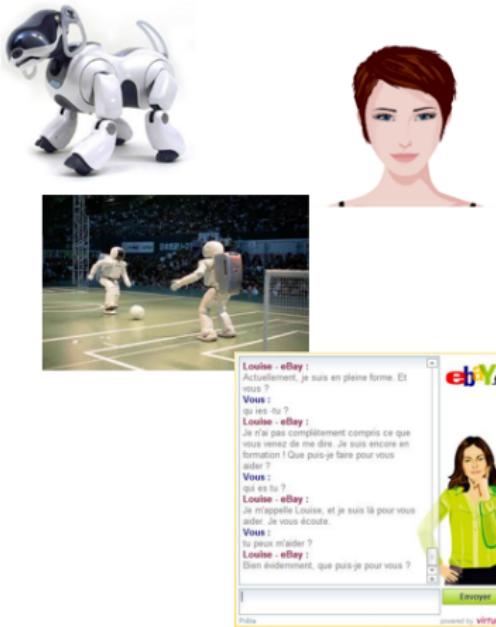
- ▶ Simulation de foule (Golaem Crowd)
- ▶ Plugin pour Maya

## Site web

<http://www.golaem.com>

# Créatures artificielles

43



Avec toujours la dimension : technique, scientifique et artistique



## Les applications "connues" médiatiquement

- ▶ Deep Blue (IBM) bat Kasparov aux Echecs (1997) ;
- ▶ Chinook (Shaeffer) - jeu de dames impossible à battre (2008) ;
- ▶ AlphaZero (Google), programme de Go, devenue imbattable au échecs en 4h d'auto-apprentissage (dec 2017)



## Les applications "connues"

- ▶ Robotique / Automatique : robots dans des environnements changeant (Centrale Nucléaire, Drone, Voiture) ;
- ▶ La Poste : reconnaissances de caractères ;
- ▶ Aide au diagnostic / à la décision (banques, médecine, ...) ;
- ▶ Simulation écosystèmes, flottes de véhicules, simulation des consommateurs lors de la diffusion d'un produit ;
- ▶ Web, Fouille de données, ... ;
- ▶ Jeux vidéos et cinéma ;

# Exemple : les robots Nao



## Ask Nao - Autism Solution For Kids

- ▶ Enfants souffrant de TSA (Troubles du Spectre Autistique)
- ▶ Créer des interactions entre enfants et robots ;
- ▶ Favoriser les interactions entre enfants ;

# Exemple : Google Car



47



## Véhicule sans conducteur

- ▶ Voiture autonome ;
- ▶ Enregistrement de \*tous\* les signaux prévus dans l'environnement avant un parcourt autonome ;
- ▶ Limite : imprévus, gestuelles des autres usagers ;



## La voiture autonome : boîte de Pandore ?

Qui est le *conducteur* de la Google Car ou de la Tesla ?

• le propriétaire du véhicule ?

• le constructeur ?

• le fabricant de la pièce défaillante ?

• le fabricant du logiciel embarqué ?

• le réseau de communication... mal connecté ?

**PREDICTION → nombreux recours possibles ...**



## Que dit la réglementation routière ?

Convention de Vienne – 1977

« tout conducteur doit constamment avoir le contrôle de son véhicule. »

(amendement en cours)

« à condition que le conducteur ait à tout moment  
la capacité d'en reprendre le contrôle »

exclusion du véhicule sans conducteur

Relais entre PILOTAGE AUTOMATIQUE et PILOTAGE HUMAIN

Concentration

Passivité

Observateur

Inhibition des capacités



## Un casse-tête en matière juridique

**Responsabilité civile**  
(réparation pécuniaire  
pour la victime)

**Responsabilité pénale**  
(sanction : amende ; prison)

Selon la loi : exonération de responsabilité des fabricants s'il est impossible, compte tenu des avancées technologiques, de prévoir un problème.

- Excès de vitesse ?  
- Franchissement de ligne blanche ?

Conséquence : si Google est mis en cause, Google peut avancer que son algorithme était incapable de réagir.

Et s'il y a des morts ?

**PERSONNE contre qui se retourner !**

# Quelles règles pour une voiture autonome ?

## Moral Machine

<http://moralmachine.mit.edu/hl/fr>

## Une définition

L'IA est le développement de programmes présentant un comportement qui, s'il était celui d'un humain, serait qualifié d'intelligent.



## Une seconde définition

"Donner à des machines des **capacités** leur permettant d'effectuer des tâches ou des activités **réputées** intelligentes, car réalisées, jusqu'à présent, uniquement par des humains.

Ces tâches utilisent des informations de différentes natures :

- ▶ des informations **objectives**, comme des mesures,
- ▶ des informations **subjectives**, comme des croyances,
- ▶ des informations **contingentes** comme des observations,
- ▶ des informations **génériques**, comme des connaissances,
- ▶ des informations **structurées**, des préférences, des normes, des buts, etc.

Certaines informations sont imprécises, incertaines, contradictoires, évolutives, etc.

Les processus de raisonnement mis en jeu par ces tâches relèvent de l'acquisition de connaissances, de l'apprentissage, de l'inférence, de la décision, etc." [Marquis 2015]

# Bibliographie / Webographie

[Marquis 2014] Pierre Marquis, Odile Papini, Henry Prade, "Panorama de l'Intelligence Artificielle, ses bases méthodologiques, ses développements", Cépaduès-Editions - 2014

Volume 1 : "Représentation des connaissances et formalisation des raisonnements"

Volume 2 : "Algorithmes pour l'intelligence artificielle"

Volume 3 : "L'intelligence artificielle, frontières et applications"

[Russel 2003] Stuart Russell, Peter Norvig, "Artificial Intelligence, A modern Approach" Prentice Hall Series, 2003.

<http://www.cin.ufpe.br/tfl2/artificial-intelligence-modern-approach.9780131038059.25368.pdf>

[Minsky 1998] Minsky - The Society of Mind - Published by Simon and Schuster - 1988

[Heudin 2008] Jean-Claude Heudin, "Les créatures artificielles, des automates aux mondes virtuels", Editions Odile Jacob, 2008.

<http://www.jcheudin.fr/>

[Weizenbaum 1966] Joseph Weizenbaum, "ELIZA - A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine" Communications of the ACM Volume 9, Number 1 (January 1966) : 36-35.

<http://www.cs.umbc.edu/courses/331/papers/eliza.html>