

# Intelligence Artificielle

## Introduction

# Plan

- Qu'est est-ce que l'IA ?  
(Définition)
- Histoire de l'IA
- Approches de L'IA
- Exemples de l'IA
- Problème de l'IA
- Langages de l'IA
- Prédications & Réalités
- Surprises
- Références

# Algorithmique: Problématique

**1- Résoudre l'équation :  $a \cdot x + b = 0$ , ( Algorithme?, Problème?)**

**2- Le Problème du Voyageur de commerce**

- un voyageur de commerce doit visiter  $n$  villes, il doit débiter et terminer son parcours au même endroit, il doit visiter chaque ville une seule fois,
- le nombre de routes possibles est  $(n!)/2$ , ( **Algorithme?, Problème?**)

**1- Problème de prêts bancaires, ( Algorithme?, Problème?)**

**Pas de règle générale et stricte**

## ≡ TROIS MANIERES pour aborder les problèmes

### *Les ordinateurs*

sont devenus de plus en plus puissants,  
mais ils ne permettent pas de toujours  
résoudre tous les problèmes.

La **matériel** n'est peut être pas en cause.  
C'est le **logiciel** qu'il faut améliorer

*La construction de logiciels s'appuie sur plusieurs approches:*

L'approche basée sur	Et l'approche basée sur	
des recettes	la connaissance	
Procédure pas à pas	<b>Injectée</b>	<b>Apprise</b>
<b>ALGORITHME</b>	Bases de connaissances	Auto-apprentissage
	<b>EXPERT</b>	<b>NEURONIQUE/Autres</b>

Les trois manières de trouver une solution sont très différentes et s'appliquent à des cas d'application différents. Elles sont complémentaires.

Les deux dernières relèvent de ce qu'on appelle **Intelligence Artificielle**

**Qu'est est-ce que l'Intelligence Artificielle ?**

# **Intelligence...** **Artificielle**

- Référence à l'intelligence humaine (cf. sciences cognitives).  
[Intelligence \(Dictionnaire\)](#)

Capacités :

de mémorisation,  
de structuration de la connaissance,  
de perception,  
de raisonnement,  
de prise de décision,  
de communication et de dialogue...

# *Définitions* $\Rightarrow$ *Informatique*

**Marvin Minsky (1968):**

L'IA a pour but la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisantes 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.

**E. Feigenbaum**

"AI is the part of computer science concerned with designing intelligent computer systems"

( IA est la partie de l'Informatique qui s'intéressent à la conception des systèmes intelligents)

## *Autres .... récoltées sur le Net*

- IA est la simulation des processus intelligents chez **l'humain**
- IA est la **reproduction des méthodes** ou des résultats du raisonnement ou de l'intuition **humains**
- IA est l'étude des facultés mentales par des **méthodes calculatoires** et informatiques
- Utiliser des **modèles calculatoires** pour simuler un **comportement intelligent**
- Des machines imitant les **humains**
- .....



# Qu'est est-ce que l'IA ?

Fidélité aux performances humaines

Concept idéalisé de l'intelligence

Pensée et  
raisonnement

## Penser comme des humains

« The exciting new effort to make computers think ... *machines with minds*, in the full and literal sense » (Haugeland, 1985)

« [The automation of] activities that we associate with human thinking, activities such as decision-making, problem solving, learning ... » (Bellman, 1978)

## Penser rationnellement

« The study of mental faculties through the use of computational models » (Charniak and McDermott, 1985)

« The study of computations that make it possible to perceive, reason, and act » (Winston, 1992)

## Agir comme des humains

« The art of creating machines that perform functions that require intelligence when performed by people » (Kurzweil, 1990)

« The study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better » (Rich and Knight, 1991)

## Agir rationnellement

« Computational Intelligence is the study of the design of intelligent agents » (Poole *et al.*, 1998)

« AI ... is concerned with intelligent behavior in artifacts » (Nilsson, 1998)

Comportement

Empirique

(Hypothèses et expérimentations)

Théorique

(Mathématique et ingénierie)

# Penser comme des humains

		Fidélité aux performances humaines	Concept idéalisé de l'intelligence
Pensée et raisonnement	Penser comme des humains	« The exciting new effort to make computers think ... <i>machines with minds</i> , in the full and literal sense » (Haugeland, 1985) « [The automation of] activities that we associate with human thinking, activities such as decision-making, problem solving, learning ... » (Bellman, 1978)	« The study of mental faculties through the use of computational models » (Charniak and McDermott, 1985) « The study of computations that make it possible to perceive, reason, and act » (Winston, 1992)
	Agir comme des humains	« The art of creating machines that perform functions that require intelligence when performed by people » (Kurzweil, 1990) « The study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better » (Rich and Knight, 1991)	« Computational Intelligence is the study of the design of intelligent agents » (Poole <i>et al.</i> , 1998) « AI ... is concerned with intelligent behavior in artifacts » (Nilsson, 1998)
Comportement		Empirique (Hypothèses et expérimentations)	Théorique (Mathématique et ingénierie)

**Approche cognitive de l'IA** : réaliser des programmes imitant dans leur fonctionnement l'esprit humain.

→ sciences cognitives

**Sciences cognitives** : ont pour but de « décrire, expliquer et le cas échéant, simuler les principales dispositions de l'esprit humain

- langage, raisonnement, perception, coordination motrice, planification. » *Encyclopedia Universalis*

## Comment fonctionne notre cerveau ?

- Requiert des théories scientifiques de l'activité interne du cerveau par introspection ou expériences psychologiques.
- Implémenter les théories et comparer avec les humains.
- Comment valider ces systèmes:
  - Il faut prédire et tester le comportement de sujets humains (sciences cognitives)
  - ou il faut identifier directement à partir de données neurologiques (neurosciences cognitives)

# Agir comme des humains

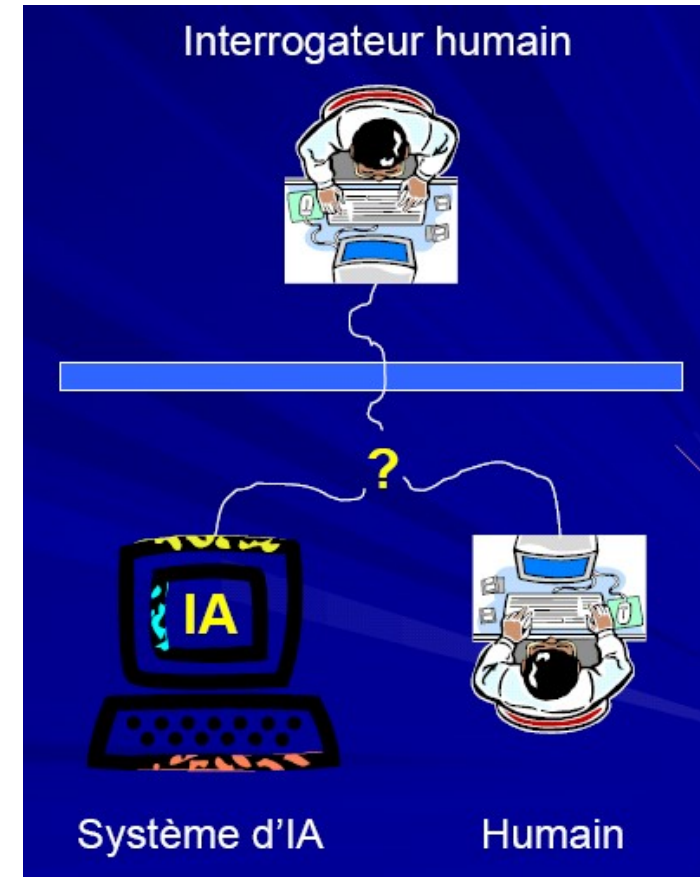
## « Test de Turing »

**Approche pragmatiste de l'IA :** développer des théories permettant d'améliorer notre capacité à programmer efficacement un ordinateur. Si possible, cherche à obtenir de meilleurs résultats que ceux que pourraient obtenir un être humain.

**Une I.A. = boîte noire manipulant les données d'entrée pour obtenir des résultats en sortie.**

Capacités requises:

- Traitement du langage naturel
- Représentation des connaissances
- Raisonnement automatique
- Apprentissage



# Agir comme des humains

## Test de Turing

- En 1950 Alan Turing publie son papier "*Computing Machinery and Intelligence*" dans lequel il décrit une méthode pour tester un système d'intelligence artificielle
  - prédit qu'avant l'an 2000, une machine aurait 30% de chance de tromper une personne non avertie pendant 5 minutes
  - principales composantes d'un système d'IA: connaissances, raisonnement, compréhension du langage naturel, apprentissage
- Test de Turing: un individu communique à l'aide d'un terminal d'ordinateur avec un interlocuteur invisible. Il doit décider si l'interlocuteur est un être humain ou un système d'IA imitant un être humain.
- <http://www.turing.org.uk/turing/>
- <http://www.infoscience.fr/histoire/portrait/turing.html>
- <http://www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html>



**ELIZA** est un célèbre programme informatique écrit par [Joseph Weizenbaum](#), qui simulait un psychothérapeute en reformulant la plupart des affirmations du « patient » en questions, et en les lui posant.

**CHATTERBOT** (ex: **ALICE** : Artificial Linguistic Internet Computer Entity)  
(**Artificial Intelligence Markup Language (AIML)** <http://www.alicebot.org> )

Un **agent conversationnel** est un **agent (informatique)** qui dialogue avec un utilisateur. La recherche sur cette [Interface Homme/machine](#) est influencée par la compétition sur le [test de Turing](#) (1950)

# Penser rationnellement

Aristote et le processus de raisonnement correct, la logique:

*–Ex: Socrate est un homme; tous les hommes sont mortels; donc Socrate est mortel.*

Au 19e siècle, la logique formelle permet d'écrire des énoncés sur les objets dans le monde et leurs interrelations.

Lien direct entre les mathématiques et la philosophie vers l'IA moderne.

Problèmes:

– Il est difficile de traduire les connaissances et les états du monde réel en des équations logiques (incertitude)

– Il y a une différence entre résoudre un problème en principe et le résoudre réellement (complexité)

# Agir rationnellement

Comportement rationnel: Faire la bonne chose, c'est-à-dire celle qui devrait, selon les informations disponibles, maximiser l'accomplissement d'un but.

N'implique pas nécessairement un raisonnement, ex. réflexe de cligner des yeux, mais le raisonnement devrait être au service d'une action rationnelle.

# Intelligence Artificielle (IA)

- Une branche de l'Informatique.
- Une science : des concepts, des théories, des chercheurs.
- Une technique: des outils, des produits et des réalisations, des ingénieurs.
- Un domaine pluridisciplinaire.
- Une machine peut être un programme, un système, un dispositif autonome...

# Les domaines d'activité de l'IA

- Résolution de problèmes
- Connaissances et raisonnements.
- Apprentissage et adaptation.
- Planification d'actions.
- Traitement du langage naturel (écrit et parlé).
- Interprétation d'images et vision.



# Réalisations

- Jeux : dames, échecs, Othello, scrabble, bridge, go,...
- Diagnostique : médical, spatial, industriel.
- Contrôle : véhicules, caméras, etc.
- Aide à la décision : banques, assurances, domaine militaire.
- Reconnaissance de la parole : dictée vocale, ...
- Traitement de la langue écrite : traduction,...
- Vision : inspection, imagerie médicale. ....

# Histoire de l'IA

# Histoire de l'IA

## **1943-1955: La gestation de l'IA**

- Neurones artificiels (McCulloch et Pitts)
- Turing «Computing Machinery and Intelligence»

## **1956: La naissance de l'IA**

- Atelier de 2 mois à Dartmouth Newell et Simon: Logic Theorist (raisonnement symbolique)

J. McCarty propose le nom **d'Intelligence Artificielle**

## **1952-1969: Les espoirs sont grands**

- Newell et Simon: GPS (General Problem Solver)
- McCarty: LISP (LISt Processor)
- Widrow (adelines), Rosenblatt (perceptron)
- Minsky : *micro-mondes* (problèmes limités qui requièrent de l'intelligence)

**1966-1973: Une dose de réalité**

- Insolubilité des problèmes étudiés
- Limitations des représentations utilisées
- Minsky et Papert: la mort des réseaux de neurones

**1969-1976: Systèmes à base de connaissances****1980 à aujourd'hui: l'IA devient une industrie**

- Le projet «Fifth Generation»
- Les systèmes experts

**1986 à aujourd'hui: Retour des réseaux de neurones**

- Algorithme de rétro-propagation

**1987 à aujourd'hui: L'IA devient une science****1995 à aujourd'hui: L'émergence des agents intelligents**

- Les chercheurs reviennent au problème de construire un «agent complet»
- Internet: un des environnements les plus importants des agents intelligents

# **Les approches de l'intelligence artificielle**

# Les approches de l'intelligence artificielle

## *Making a mind*

McCarthy - Minsky -  
Newell...

*IA symbolique*

## *Modelling the brain*

McCulloch - Pitts -  
Rosenblatt...

*IA connexionniste*



« Systèmes à bases de connaissances »



« Réseaux neuronaux »

Modèles statistiques

90's  
Convergence  
(Modèles hybrides)

# Les grands modèles

- Connaissances symboliques
- Réseaux neuronaux
- Modèles statistiques

# Systemes fondés sur des connaissances

- Systemes à règles («systemes experts»)
- Variante : le flou (expression floue des connaissances)
- Raisonnement à partir de cas (remémoration)
- Découverte de connaissances dans des bases de données (« fouille de données », *data mining*)
- Ontologies
- Mémoire d 'entreprise (méthodes et outils)
  - représentation des connaissances et du savoir-faire d'une entreprise à des fins de capitalisation et de diffusion



# Représentation des connaissances

- Combinaison d'une structure de données et d'un mécanisme de raisonnement
- Solutions possibles :
  - . logiques
  - . réseaux sémantiques (issus de la psychologie cognitive)
  - . règles de production
  - . *frames* et objets
  - . procédures
- Tendance actuelle : mélange de plusieurs modes

# La machine qui raisonne par analogie

- L'eau de vie est à la cerise

ce que l'huile est à la sardine.

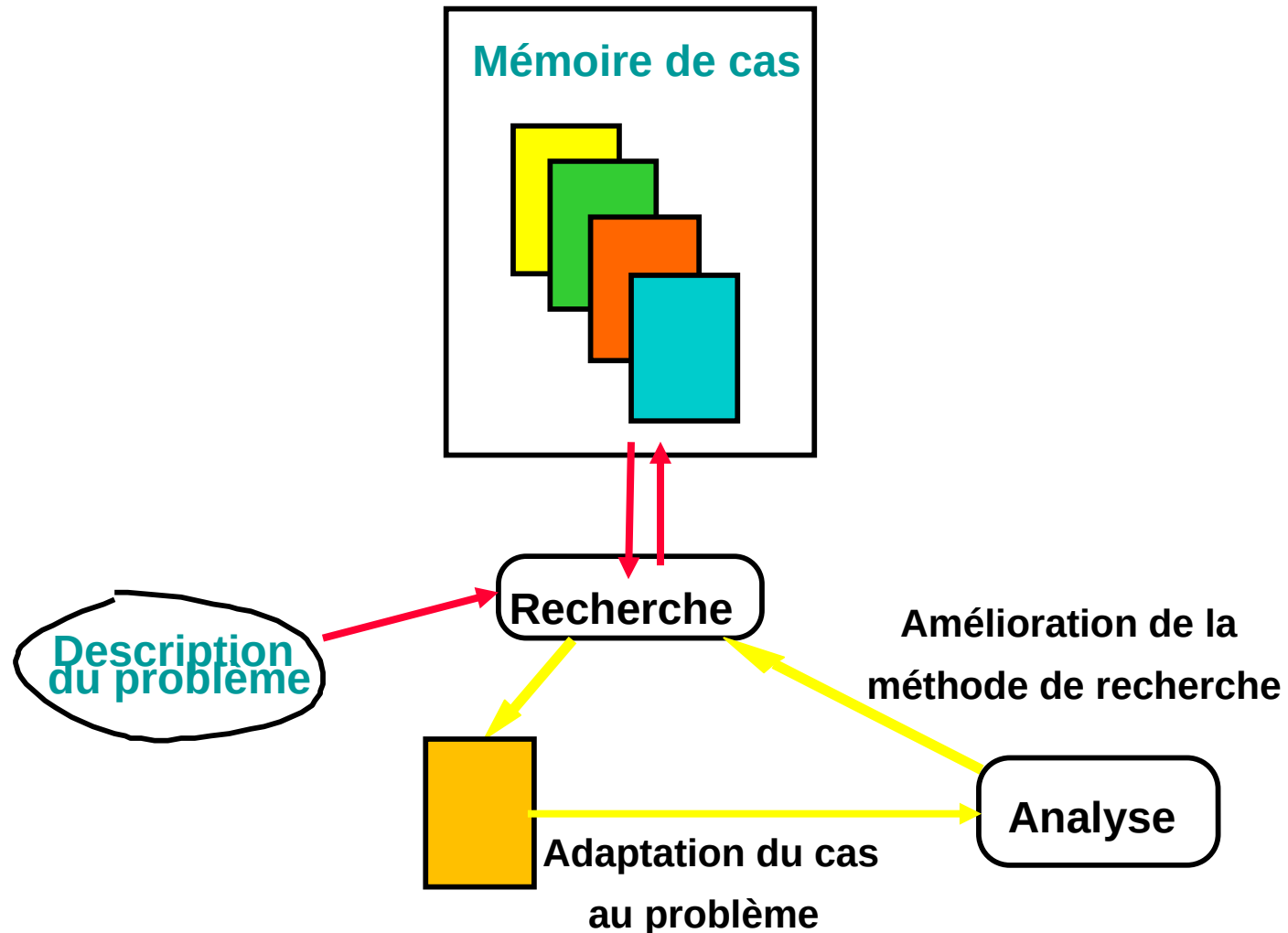
- Qui vole un œuf à la coque

vole un bœuf miroton.

- J'ai déjà synthétisé une molécule de médicament qui lui ressemble, **je vais me fonder sur le plan d'expériences déjà réalisé.**

- J'ai déjà vu une panne du même genre, **je vais la résoudre grâce à mon expérience antérieure..**

# Une forme d'analogie : le raisonnement à partir de cas



# Intelligence «collective»

## *IA distribuée & systèmes multi-agents*

- L'IA "classique" envisage la pensée comme phénomène *individuel*.

Elle analyse le raisonnement et les représentations en dehors de tout contexte et de tout échange.

- On a de bonnes raisons de croire que la pensée est au contraire un phénomène *collectif*, profondément lié à la vie en société (déjà Aristote disait : *l'homme est un animal social*).
- L'IA "distribuée" (*Distributed AI*) ou "répartie" adopte ce point de vue. Elle apparaît aux États-Unis vers 1980 et en Europe quelques années plus tard. Elle se formule aujourd'hui en termes de *systèmes multi-agents*.

# Intelligence «collective»

- Principe : coopération ou concurrence entre un ensemble « d'agents »
- Agent cognitif : connaissances/raisonnement
- Agent réactif : stimulus-action
- L'intelligence émerge de la pertinence des échanges
- Exemple de modèle : stigmergie

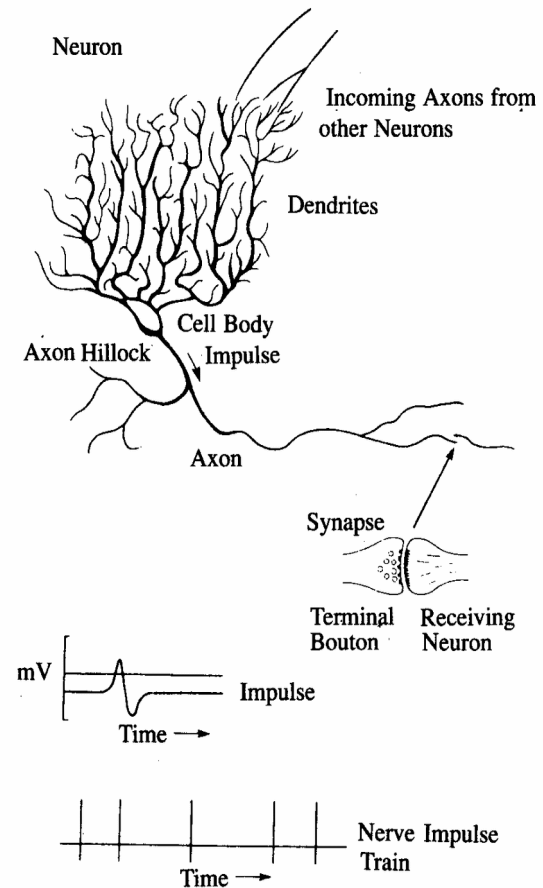
# Les grands modèles

- Connaissances symboliques
- Réseaux neuronaux
- Modèles statistiques

# réseaux de neurones

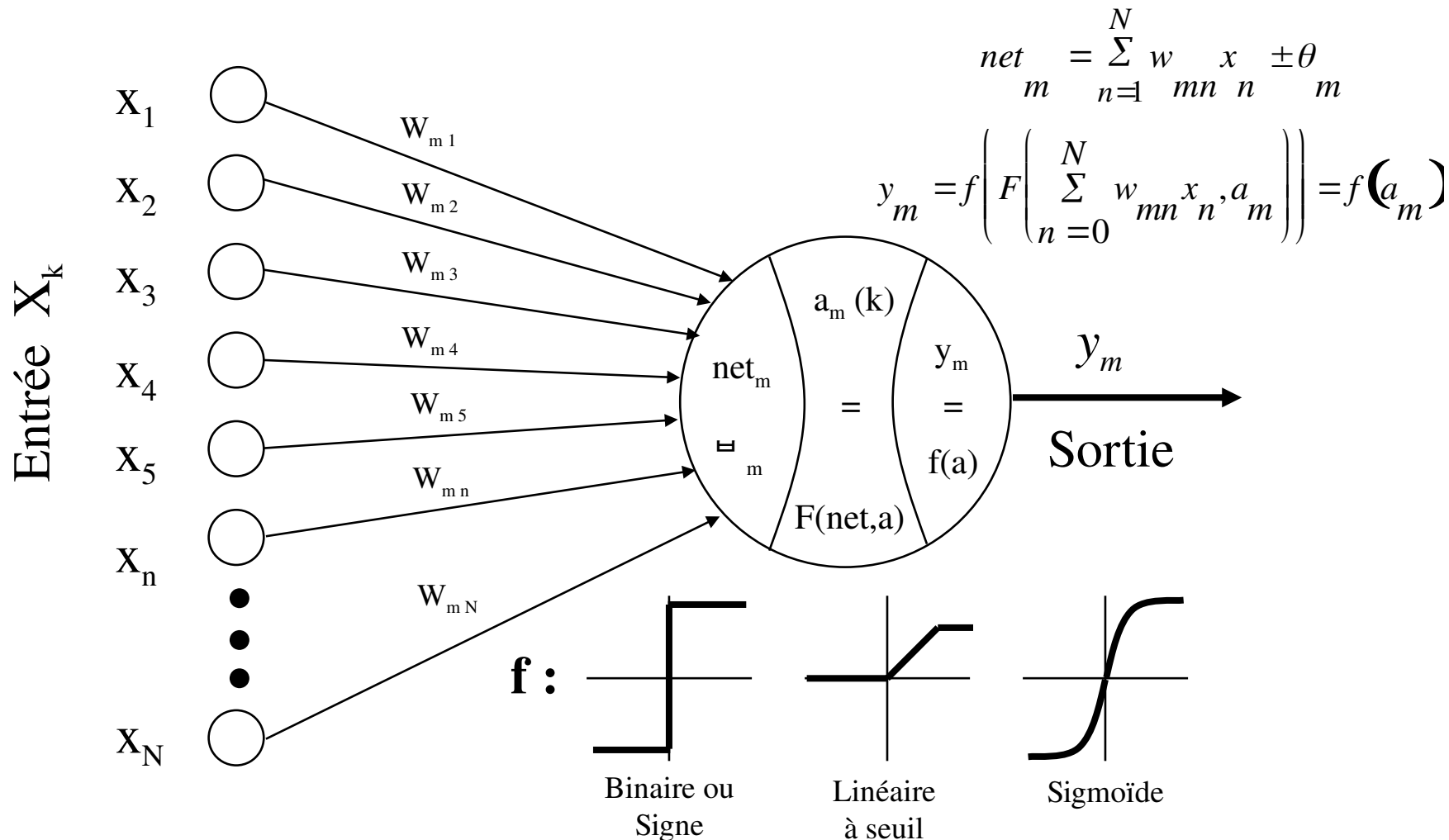
## Modèles de systèmes nerveux biologiques et de l'intelligence

Corps cellule	=	unité de calcul
Axone	=	signal de sortie impulsions électriques
Dendrites	=	entrées du neurone impulsions électriques
Synapses	=	poids d'une entrée impuls. = réaction = impuls.



**Figure 2.2** Schematic diagram of a neuron and a sample of pulse train. (Adapted from (Dayhoff 1990), © Van Nostrand Reinhold; with permission.)

- Modèle d'un neurone artificiel

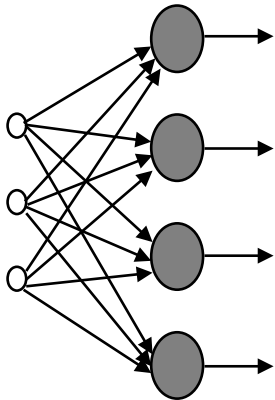




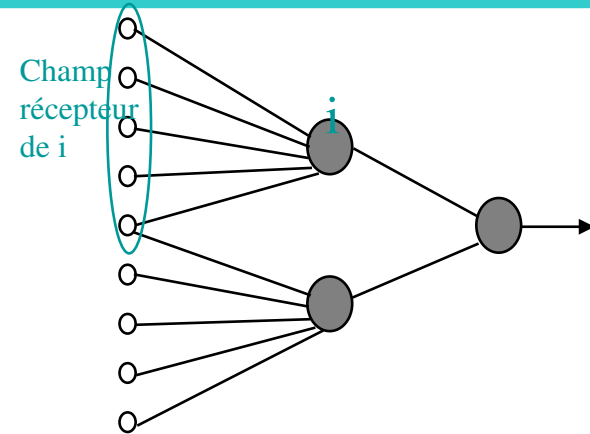
# Réseaux de neurones

## Quelques Exemples

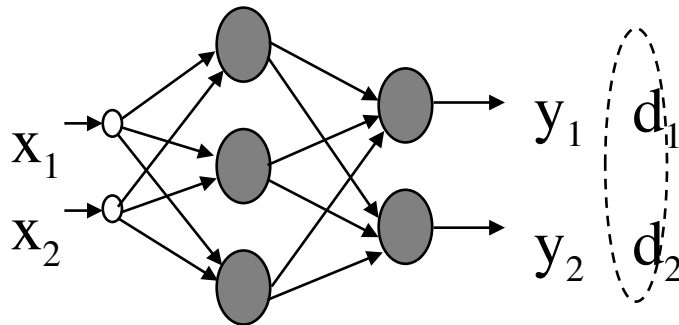
- Simple couche, par anticipation



- Multicouche, en cascade, partiel

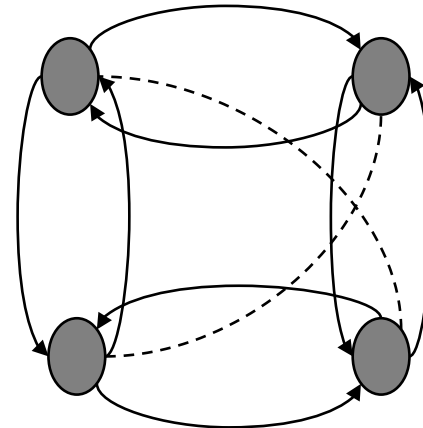


- Multicouche, en cascade



entrée   cachée   sortie

- Monocouche, récurrent



- Application des Réseaux neuroniques
  - Classification
  - Apprentissage supervisé et non-supervisé
    - Perceptron multicouche
    - Réseaux auto-organisés
    - Simulations biologiques
  - Imagerie et reconnaissance de formes

# Les grands modèles

- Connaissances symboliques
- Réseaux neuronaux
- Modèles statistiques
-

# Modèles stochastiques

- Principe : modéliser la variabilité « naturelle »
- Modèles markoviens :
  - . Modèles de Markov cachés (HMM)
  - . Processus de décision markoviens (MDP)
  - . Observations partielles (POMDP)
- Mise au point (apprentissage) à partir d'exemples
- Nombreuses utilisations :
  - . Reconnaissance des formes : parole, images, etc.
  - . Interprétation de signaux : radar, sonar, biologiques, ...
  - . Robotique, aide à la décision
  - . Traitement de la langue naturelle écrite

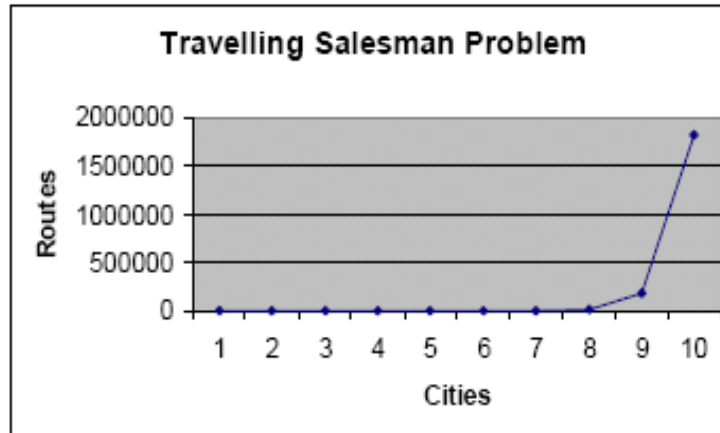
# Problème de l'IA

## Pourquoi l'IA est-elle difficile?

- C'est un problème n'ayant pas de solution analytique connue ou dont la résolution est impraticable (problème *hors du possible Inf. Classique*)
  - exemple: problème du voyageur de commerce (TSP)
    - un voyageur de commerce doit visiter  $n$  villes,
    - il doit débuter et terminer son parcours au même endroit,
    - il doit visiter chaque ville une seule fois,
    - le nombre de routes possibles est  $(n!)/2$
- <sup>≡</sup> Explosion combinatoire !**

# Problème de l'IA

## *Explosion combinatoire*



Villes	Routes
1	1
2	1
3	3
4	12
5	60
6	360
7	2520
8	20160
9	181440
10	1814400
11	19958400

- Un problème TSP de 10 villes a environ 181'000 solutions possibles
- Un problème TSP de 20 villes a environ  $10E16$  solutions possibles,
- Un problème TSP de 50 villes a environ  $10E62$  solutions possibles

# Problème de l'IA

## *Explosion combinatoire*

Sur un ordinateur capable d'exécuter 1 million instructions/seconde

	10	20	50	100	200
$N^2$	1/10'000 seconde	1/2500 seconde	1/400 seconde	1/100 seconde	1/25 seconde
$N^5$	1/10 seconde	3.2 secondes	5.2 minutes	2.8 heures	3.7 jours
$2^N$	1/1000 seconde	1 seconde	35.7 années	> 400 trillions siècles	nb. de 45 chiffres de siècles
$N^N$	2.8 heures	3.3 trillions années	nb. de 70 chiffres de siècles	nb. de 185 chiffres de siècles	nb. de 445 chiffres de siècles

# Langages de programmation pour l'IA ?

- LISP (origine américaine)
- PROLOG (France ! Colmerauer)
- SmallTalk (Langage objet)
- Les langages de Frame
  - YAFOOL (Yet Another Frame based Object Oriented Language)
  - KL-ONE (Knowledge Language)
- Langage de logique de description
- C++, Java, ...
-



# Prédictions et Réalités

- Dans les années 60 on disait au MIT : *"à la fin de l'été on aura développé un oeil électronique"*

En 2012, il n'y a toujours pas de système de vision par ordinateur capable de comprendre une scène complexe

Mais des systèmes informatiques effectuent couramment

- surveillance du trafic routier,
- reconnaissance de visages,
- reconnaissance des sols ( imagerie aérienne),
- analyse d'images médicales, etc ...

# Prédictions et Réalités

- En 1958, H. Simon (CMU) prédisait que dans 10 ans un ordinateur serait champion d'échecs

Cette prédiction s'est vérifiée en 1997 (!!!)

- Aujourd'hui les ordinateurs ont gagné les titres de champions du monde aux jeux de dames, d'Othello et d'échecs, mais ils sont (encore?) très mauvais au jeu de Go.
- 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 sont encore du domaine du futur

Des robots ont exploré Mars, d'autres réalisent des opérations du cerveau et du coeur, des robots humanoïdes sont opérationnels et disponibles à la location (voir <http://world.honda.com/news/2001/c011112.html>)

# Surprises!

Certaines tâches difficiles pour l'être humain sont difficiles pour la machine

- Reconnaissance de l'écriture
- Reconnaissance de visages (système DART à DARPA)
- Établissement d'horaires de compagnies aériennes
- Détection de fraude
- Activités motrices (marche)
- Compréhension du langage naturel
- Raisonnement automatique commun
- Mots-croisés

## Alors, que faut-il apprendre ?

- **résolution par recherche de solutions dans un espace d'états**
  - agents intelligents
  - algorithmes de recherche et algorithmes de jeux
- **résolution par raisonnement et en présence d'incertitude**
  - systèmes logiques et raisonnement
  - incertitude et probabilité, théorie de la décision
- **résolution par planification**
  - systèmes de planification et d'ordonnancement
- **résolution par apprentissage automatique**
  - méthodes d'apprentissage automatique

# Références

- Ganascia, Jean-Gabriel. L'intelligence artificielle. Flammarion, 1993.
- I. Bratko, Programmation en Prolog pour l'intelligence artificielle, 2001
- J.M. Alliot et T.Schiex, Intelligence Artificielle et Informatique Theorique, Cepadues Editions, 1993.
- N. Nilsson, Artificial Intelligence: A New Synthesis, Morgan Kaufmann, 1998.
- S. Russell, P. Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, 2nd edition, 2002.

## Revues

- Artificial Intelligence (bibliothèque de Luminy)
- Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR) <http://www.jair.org/>
- Revue d'Intelligence Artificielle <http://ria.revuesonline.com/>

## Congrès Conférences

- Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA)  
chaque année, e.g. <http://www.antsearch.univtours.fr/rfia2006/user/www/index.php>
- European Conference on Artificial Intelligence (ECAI)  
<http://ecai2006.itc.it/>
- International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)  
<http://www.ijcai-07.org/>
- Beaucoup de congrès spécialisés

## Sociétés, associations

GDR I3 Information - Interaction - Intelligence

## Voici une liste de mots et sujets que l'on retrouve dans le domaine de l'I.A. (Intelligence Artificielle)

### USAGES

- Reconnaissance des chiffres et des lettres
- Reconnaissances dans les images
- Reconnaissance de la parole
- Extraction d'information dans le bruit
- Diagnostic médical
- Compréhension et traduction des langages naturels
- Auto adaptation des robots en production

### OUTILS

- Langages de programmation
- Programmation et objets structurés
- LOGO
- PROLOG
- LISP
- Moteur d'inférences
- Bases de connaissances
- Modélisation
- Graphes
- Tableau noir

### MÉTHODES

- Procédures algorithmiques
- Déclaration d'experts
- Apprentissage neuronal

### FONDEMENTS

- Logique de Boole
- Logique formelle
- Logique des prédicats
- Syllogismes
- Dédution
- Heuristique
- Énigmes
- Paradoxes

### ÉPISTÉMOLOGIE

*(fondements théoriques et valeurs)*

- Décidabilité (Hilbert)
- Calculabilité (Turing)
- Incomplétude (Gödel)

# DEVOIR-TP

**Remettre un rapport sur le problème du voyageur de commerce:**

- **Différents méthodes:**

  - Classiques ( recherche opérationnelle)

  - Intelligence Artificielle classique ( recherche par graphe)

  - Intelligence distribuée ( agents)

- **Réaliser selon vos connaissances la méthode appropriée**



# Artificielle

- **Artificielle**: *Partie facile à définir*: L'IA est *artificielle* à cause de ses origines et de **son mode de création**.

C'est le résultat d'un processus **humain** plutôt que d'un **processus naturel** (biologique et évolutionnaire)

# Intelligence

- Difficile de définir l'IA
  - Intelligence : faculté de connaître, de comprendre (Petit Robert)

## Intelligence

Intelligence vient du latin *intellegere*, dont le préfixe *inter* (entre), et le radical *legere* (choisir, cueillir) ou *ligare* (lier) suggèrent essentiellement l'aptitude à relier des éléments qui sans elle resteraient séparés..

- **Intelligence** Selon le *Webster's New World Dictionary* (1988), l'intelligence, c'est:
  - (a) La capacité d'apprendre ou de comprendre grâce à l'expérience. La capacité d'acquérir et de retenir les connaissances. La capacité mentale
  - (b) La capacité de répondre rapidement et de manière appropriée à une nouvelle situation; L'utilisation de la faculté de raisonnement pour résoudre des problèmes, se comporter en société, etc. de manière effective.
  - (c) En Psychologie, le succès mesure de l'utilisation de ces capacités afin de résoudre certaines tâches.