

Introduction

à l'intelligence artificielle

Antoine Cornuéjols

INAPG

antoine.cornuejols@agroparistech.fr

<http://www.lri.fr/~antoine>

Cours IA

Administration

- 10 séances de 3h (cours + TD/TP)
- Programme et références sur :
<http://www.lri.fr/~antoine/Courses/AGRO/page-agro-cours-IA.html>
- Contrôle continu :
 - DMs
 - Quizz surprises (15')
 - Mini-Projet

Cours IA (A. Cornuéjols)

2/45

Objetifs pédagogiques

Après ce cours, vous serez capables de :

- Vous orienter dans l'état de l'art en Intelligence Artificielle
- Construire et utiliser des systèmes simples d'IA
- Lire la littérature en IA
- Évaluer des propositions technologiques en IA
- Suivre des cours plus avancés en IA

Cours IA (A. Cornuéjols)

3/45

Ouvrages conseillés

- S. Russell & P. Norvig : **Artificial Intelligence: A modern approach** (2nd ed.). Prentice Hall, 2003 (Trad. française : « Intelligence artificielle », Pearson Education, 2006, 1184 p.)
- Nilsson N. (98) : **Artificial Intelligence : A new synthesis**. Morgan Kaufmann, 1998.
- E. Rich & K. Knight : **Artificial Intelligence**. McGraw-Hill, 1991
- I. Millington : **Artificial Intelligence for Games**. Morgan Kaufmann, 2006.
- A. Cornuéjols & L. Miclet : **Apprentissage artificiel. Concepts et méthodes**. Eyrolles, 2002. (2ème éd., 2008)

Cours IA (A. Cornuéjols)

4/45

Plan

- 1- **Introduction à l'IA**
- 2- **Méthodes de résolution de problèmes**
- 3- **Le raisonnement**
- 4- **La représentation des connaissances**
- 5- **L'IA distribuée**
- 6- **Apprentissage artificiel : introduction, EV, réseaux de neurones**
- 7- **AA : arbres de décision, validation, boosting**
- 8- **AA : sélection d'attributs, apprentissage non supervisé**
- 9- **AA : apprentissage par renforcement**

Plan du cours n°1

- 1- **Introduction à l'IA**
 - 1.1- **C'est quoi l'intelligence ?**
 - 1.2- **Comment étudier l'intelligence ?**

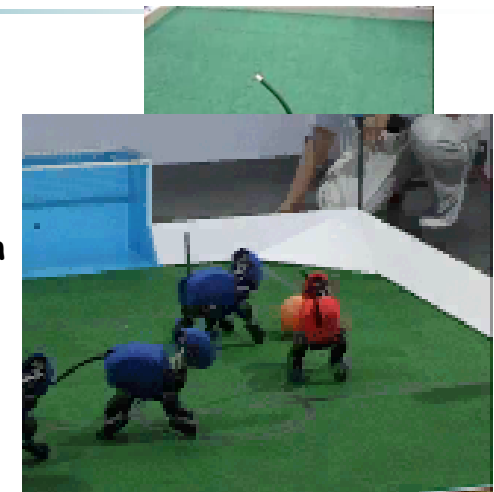
Exemple : jeux



➔ **Prise de décision**

Exemple : robotique

- ➔ **Perception**
- ➔ **Prise de décision**
- ➔ **Action**
- ➔ **Communication**
- ➔ **Apprentissage**



Exemple : robotique

- **Projet COG au MIT**

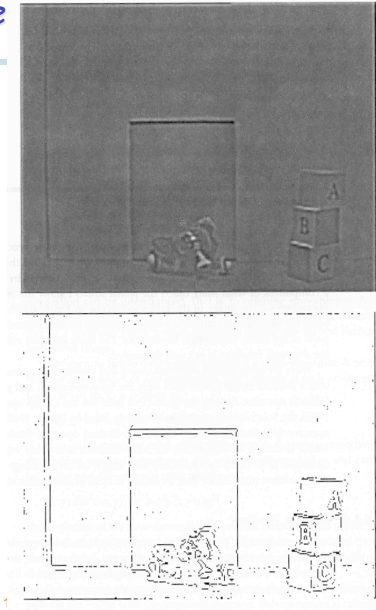


Cours IA (A. Cornuéjols)

Photo © Sam Ogden

Exemple : robotique

- **Analyse et interprétation de scène**

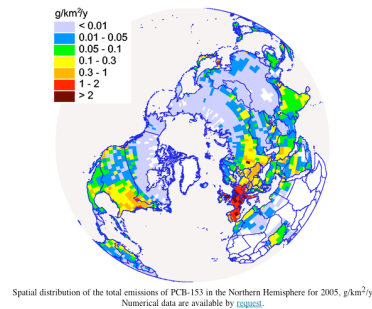


Cours IA (A. Cornuéjols)

Exemple : Analyse des flux de polluants

Projet ONU

- **Capteurs disséminés**
- **Aspects spatial et temporel**
- **Analyse de documents sur le web**
- **Objectifs :**
 - Prédiction
 - Compréhension



Cours IA (A. Cornuéjols)

11/45

Exemple : « intelligence ambiante »

Action européenne (Kdubiq)

- **Omniprésence d'objets « intelligents »**
- **Percevant leur environnement**
- **Communiquant entre eux**
- **Prenant des décisions**
- **Objectifs :**
 - Aide aux usagers
 - ...

- **Rationalité limitée**
- **Bande passante limitée**
- **Environnements changeants**
- **Apprentissage**

Cours IA (A. Cornuéjols)

12/45

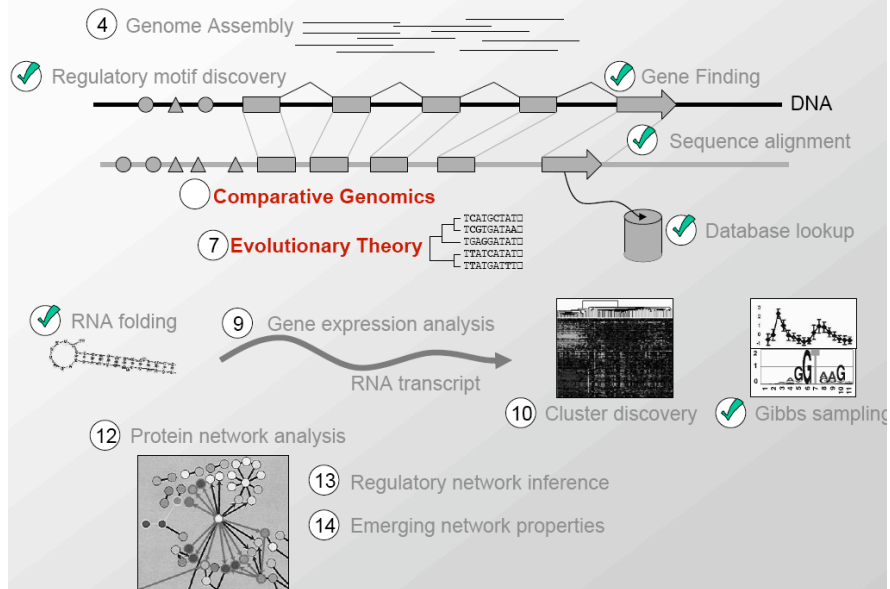
Applications

- Domotique
- Aide aux personnes handicapées
- Station orbitale
- ...

Applications

- Fouille de données
- Physique des particules
 - Expérience AUGER
 - LEP
- Biologie computationnelle
- ...

Challenges in Computational Biology



Les manifestations de la cognition

- Discrimination
- Adaptation
- Perception / associations / analogies / métaphores
- Communication
- Planification
- Apprentissage et découverte

Qu'est-ce que l'IA ?

« The study 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. »

Dartmouth Workshop, Summer of 1956

Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ?

"[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+McDermott, 1985)
"The study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better" (Rich+Knight, 1991)	"The branch of computer science that is concerned with the automation of intelligent behavior" (Luger+Stubbleeld, 1993)

IA est une discipline qui systématise et automatise les tâches intellectuelles pour créer des machines capables de:

Penser comme un humain	Penser rationnellement
Agir comme un humain	Agir rationnellement

Définition de l'IA

Penser comme un humain	Penser rationnellement
Agir comme un humain	Agir rationnellement

Penser comme un humain = science cognitive

Définitions de l'IA

Penser comme un humain	Penser rationnellement
Agir comme un humain	Agir rationnellement

Penser comme un humain = science cognitive
Agir comme un humain = test de Turing

Définitions de l'IA

Penser comme un humain	Penser rationnellement
Agir comme un humain	Agir rationnellement

Penser comme un humain = science cognitive
Agir comme un humain = test de Turing
Penser rationnellement = approche logique

Définitions de l'IA

Penser comme un humain	Penser rationnellement
Agir comme un humain	Agir rationnellement

En haut = processus de pensée et de réflexion

Définitions de l'IA

Penser comme un humain	Penser rationnellement
Agir comme un humain	Agir rationnellement

Penser comme un humain = science cognitive
Agir comme un humain = test de Turing
Penser rationnellement = approche logique
Agir rationnellement = agir pour atteindre un objectif

Définitions de l'IA

Penser comme un humain	Penser rationnellement
Agir comme un humain	Agir rationnellement

En haut = processus de pensée et de réflexion
En bas = comportement

Définitions de l'IA

Penser comme un humain	Penser rationnellement
Agir comme un humain	Agir rationnellement

En haut = processus de pensée et de réflexion

En bas = comportement

À gauche = mesure du succès par rapport à l'humain

Définitions de l'IA

Penser comme un humain	Penser rationnellement
Agir comme un humain	Agir rationnellement

En haut = processus de pensée et de réflexion

En bas = comportement

À gauche = mesure du succès par rapport à l'humain

À droite = mesure par rapport à la rationalité

Objectifs de l'IA ?

- Construire des machines pour une large variété d'applications augmentant les capacités de résolution de problèmes « mal posés »
- Formaliser ce qu'est la connaissance
- Mécaniser l'intelligence
- Utiliser des modèles computationnels pour comprendre des comportements complexes
- Rendre l'interaction avec les systèmes computationnels aussi simple qu'avec les humains

Sources de difficultés ?

- La perception est ambiguë de manière inhérente
 - « J'ai laissé tomber l'œuf sur le sol et il s'est cassé »
- Rationalité limitée
 - Y-a-t-il un premier coup gagnant aux échecs ?
- Compromis entre buts en conflits
- Information incomplète et/ou incertaine

L'IA par rapport à l'informatique

- L'IA entretient des relations avec la *philosophie*, la *logique*, les *mathématiques*, la *psychologie*, la *neurobiologie*, la *didactique*, l'*anthropologie*, ...
- ... **l'informatique**
 - **Etudie les problèmes insolubles** en informatique classique
 - Solution optimale inconnue ou trop difficile à trouver/identifier
 - Des paramètres difficiles à maîtriser : connaissances incertaines, vagues, hypothétiques, ...
 - Exigences d'**explication** ou de **communication sophistiquée** avec les utilisateurs
 - Objectif d'**adaptation** et d'**apprentissage** avec l'expérience
 - ...

Caractéristiques de l'IA

- Prise en compte de la **Connaissance** (symbolique)
- **Raisonnements**
 - Logiques / Probabilistes / imprécis / ...
 - Induction / analogie / ...
 - Heuristique
 - Non déterministe vs. déterministe
- Solutions **satisfaisantes** vs. **Optimales**
- Pas programmé mais par **apprentissage**

Domaines d'applications de l'IA

- **Ordonnancement et planification**
 - Système DART de la DARPA utilisé pour la logistique des opérations « Desert storm » et « Desert shield »
 - Système de changement de trajets pour American Airlines
 - Système de planification et d'ordonnancement pour l'assemblage des vols spatiaux européens (ESA)
- **Reconnaissance de la parole**
 - Interface PEGASUS du système SABRE de réservation de sièges sur American Airlines
- **Vision par ordinateur**
 - Systèmes de reconnaissance de visage par les banques, et systèmes de surveillance (y compris suivi entre caméras)
 - DARPA « Grand Challenge » et DARPA « Urban Challenge »
 - Reconnaissance de l'écriture manuscrite
 - Inspection de bagages, construction de modèles géométriques 3D, ...

Domaines d'applications de l'IA

- **Systèmes de diagnostic**
 - Système Pathfinder et Internist en médecine (supérieurs aux médecins)
 - Système d'aide aux consommateurs (Whirlpool)
- **Systèmes de conception et configuration**
 - Système XCON de DEC pour aider à la configuration de systèmes informatiques
- **Aide à la décision (e.g. financière)**
 - Systèmes de détection de fraude (IRS aux USA, banques (cartes de crédit), prêts, ...)
 - Aide aux demandes de financement des particuliers

Domaines d'applications de l'IA

- Systèmes de classification
 - SKYSURVEY de la NASA
- Démonstration automatique de théorèmes
- Systèmes de jeu
 - Champions du monde aux dames (anglo-saxonnes), othello, backgammon, échecs
 - En gros progrès au GO
 - Sert à concevoir des systèmes s'adaptant à des milieux hostiles
- Traduction automatique
 - Systèmes de traduction de AltaVista ou de Google
 - Traduction des manuels de Caterpillar Truck company dans 20 langues

Les grandes approches : la psychologie

- **Autonomie et légitimité du niveau mental**
 - Etats mentaux
 - Mécanismes (de raisonnement, d'apprentissage, ...)
 - Mais comment déterminer les états mentaux ?
 - ➡ **Behaviorisme**
- **Partir de l'apprentissage**
- **Penser, c'est traiter de l'information**
 - avec l'approche cognitive, se donne les moyens de proposer des théories et de les tester empiriquement.

Les grandes approches : la neurobiologie

Voudraient être aux sciences de la vie, ce que la physique est à la chimie et aux sciences de la nature.

- L'esprit est réductible au cerveau (qui est le support causal)
- Apprentissage \equiv plasticité de l'organisation et du fonctionnement du cerveau
 - ➡ **Découvertes légitimant ce point de vue**
 - Etude des conséquences des lésions
 - Effets des drogues (neurotransmetteurs, ..)
 - Imagerie cérébrale (-> activité du cerveau)
- (+ Théorie de l'évolution : via le génôme)

Les grandes approches : la philosophie

- Pas une connaissance empirique (de type causal) mais des **normes**, des **conditions a priori** et des **principes**
- Deux interrogations fondamentales :
 - **Nature de la connaissance**
 - D'où vient la connaissance ?
 - Empirisme
 - Idéalisme
 - ...
 - Types de raisonnement : déduction, induction, abduction, ...
 - **Nature du sujet connaissant** (*Philosophie de l'esprit*)
 - En particulier : problème de la conscience

Les sciences cognitives

Science générale du fonctionnement de l'esprit

1. Machine, simulation, calcul

- L'esprit est une fonction calculable donc modélisable sur une machine
- Faire de la science de l'esprit une *science de modélisation*
 - science expérimentale
 - sorte de Kantisme : quelles CNS a priori pour toute activité cognitive ?

2. Connaître c'est modéliser (Occident)

& **Penser** c'est traiter de l'information

→ **Penser** = effectuer des manipulations réglées sur des représentations

Les sciences cognitives "orthodoxes"

Conséquences / corollaires :

- **Le support physique n'est pas important**
 - Fonctionnalisme
 - Hypothèse des systèmes à symboles physiques (physical symbol systems) [Newell & Simon, 1976]
- **Focalisation sur l'agent cognitif isolé** (vs. cognition distribuée ou située)
- **Focalisation sur la pensée comme langage**
 - Moyen d'accès privilégié : l'expression langagière de la pensée
 - Focalisation sur les connaissances déclaratives
 - Approche analytique de la connaissance et du raisonnement

Les approches de l'IA

○ L'école symbolique

- La pensée consiste en une séquence de *transformations de représentations*
 - Agents cognitifs délibératifs

○ L'école sub-symbolique

- La pensée consiste en une transmission et une *transformation de signaux*
 - Agents réactifs

○ L'école de la cognition située

- La pensée ne réside pas dans la tête d'un individu isolée mais est *distribuée* au sein d'une société (incluant son histoire et sa culture) et *suscitée par le contexte*.
 - Emergence et auto-organisation

Bref historique (1)

0. Depuis l'Antiquité ...

- Bacon / Pascal / Descartes / Leibniz
- Babbage & Ada de Lovelace / Boole
- Réflexion sur les fondements des mathématiques

1. Les pionniers de l'IA (~1936 - ~1956)

- Turing : les fonctions calculables sont définies par une machine
- Von Neumann : architecture des ordinateurs, réflexions sur les automates
- McCulloch & Pitts (1943) : Premier modèle formel du neurone
- Hebb (1949) : assemblées de neurones et règle d'apprentissage
- Les conférences Macy et la première Cybernétique

Bref historique (2)

2. L'IA comme méthodes générales (~1956 - ~1968)

- La pensée comme manipulation de représentations discrètes des connaissances: *IA symbolique*
 - Démonstrateurs de théorèmes (principe de résolution (-> Prolog))
 - Résolveurs universels de problèmes (GPS)
 - Le système CHECKER
- Premier **connexionnisme**
 - Le Perceptron [Rosenblatt, 1957-1962]
- **MAIS des échecs** :
 - La traduction automatique
 - Les experts ne sont pas des experts universels !?
 - Le Perceptron est limité

Bref historique (3)

3. "Knowledge is power" (~1968 - ~1980)

- **Représentation des connaissances**
 - Représentations structurées : réseaux sémantiques, scripts, schémas et frames (précurseurs des LO), ...
 - Des extensions de la logique : logiques non monotones, logiques temporelles, logique floue, ...
 - De nombreux systèmes "intelligents" : ARCH, AM, MAGGIE, BORIS, PLANNER, ...
 - Projet CYC
- **Utilisation des connaissances : les systèmes experts**
- ↳ **Problème** : *comment acquérir toutes les connaissances nécessaires ?*
Comment généraliser ces expériences (souvent appliquées à des "problèmes joués") ?

Bref historique (4)

4. Méthodes générales d'apprentissage (~1980 - ~1990)

- **Méthodes symboliques**
 - De nombreuses réalisations et nouvelles techniques
 - *Algorithme d'élimination*
 - *Arbres de décision*
 - *Méthode de l'Etoile*
 - Nouveaux principes
 - *Espace des versions*
- **Renouveau du connexionnisme et du mouvement subsymbolique**
 - Hopfield (1982)
 - Le Perceptron Multi-Couches (1985)
 - IA distribuée (Algorithmes Génétiques, Vie Artificielle, ...)

Bref historique (5)

5. On ne parle plus de connaissances (~1990 - ...)

- Nouvelles méthodes subsymboliques (réseaux de neurones, algorithmes génétiques, réseaux bayésiens, chaînes de Markov, ...)
- Irruption de théoriciens
- Besoins industriels
- ↳ **On ne parle plus de connaissances**
- **Perspectives** :
 - Data mining
 - Text mining sur Internet
 - Systèmes à longue durée de vie
- ↳ **Retour de la connaissance ?**
- ↳ **Vers rationalité limitée et systèmes complexes hétérogènes à longue vie**



Faire de l'intelligence artificielle

- **Point de vue des sciences cognitives**
 - Comprendre la cognition naturelle par des modèles informatiques
 - **Point de vue de l'ingénieur**
 - Résoudre des problèmes difficiles par n'importe quelle méthode
 - **Point de vue du théoricien**
 - Découvrir les lois universelle de la cognition
- **Oscillation entre ces trois pôles**